

**Ю.Б. ДАНИЛОВ**, докт. техн. наук, **В.Н. КОЛОМИЕЦ**, канд. техн. наук,  
**М.А. ХАРЧЕНКО**, канд. техн. наук,  
ОАО «УкрНИИХиммаш», г. Харьков, Украина

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОТБЕЛКИ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ФТОРОПЛАСТОВЫХ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ АППАРАТОВ**

У роботі досліджені й описані фактори впливу фторопластових тепломасообмінних апаратів на процес десорбції оксидів азоту у виробництві концентрування азотної кислоти прямим методом. Наведено математичні залежності, що дозволяють прогнозувати проведення процесу десорбції оксидів азоту і його оптимальних умов залежно від основних факторів технологічного режиму. Досягнута можливість оперативного керування температурним режимом вибільної колони в чітко заданих параметрах, що відсутньо у типовій конструкції алюмінієвих вибільних колон.

В работе исследованы и описаны факторы воздействия фторопластовых тепломасообменных аппаратов на процесс десорбции оксидов азота в производстве концентрирования азотной кислоты прямым методом. Приведены математические зависимости, которые дают возможность предсказывать проведение процесса десорбции оксидов азота и его оптимальных условий в зависимости от основных факторов технологического режима. Достигнута возможность оперативного управления температурным режимом отбелочной колонны в пределах заданных параметров, что отсутствует в типовой конструкции алюминиевых отбелочных колонн.

In work are investigated and the factors of influence of fluoroplastic heat and mass exchange devices on process desorption of oxides of nitrogen in manufacture of concentration a nitric acid by a direct method are described. The mathematical dependences allowing to predict realization of process desorption of oxides of nitrogen and his optimum conditions depending on major factors of a technological mode are given. The opportunity of the operative equation by a temperature mode of bleach a column in the strictly given parameters is achieved, that is absent in a typical design aluminium bleach of columns.

Концентрированная азотная кислота и особо чистая азотная кислота пользуются особым спросом в различных отраслях промышленности. Поэтому определение оптимальных условий и получение полных и надежных данных позволяющих обеспечить интенсификацию технологических процессов получения данных кислот, а также усовершенствование аппаратурного оформления этих технологических процессов, является важной и актуальной задачей.

Решению этой задачи посвящен ряд научно-исследовательских работ

выполненных ОАО «УкрНИИхиммаш» в реальных условиях действующих производств концентрированной азотной кислоты.

Одним из важнейших технологических процессов в производстве концентрирования азотной кислоты прямым методом является процесс десорбции оксидов азота из раствора азотной кислоты, который осуществляется по реакции:



Реакция связана с поглощением тепла и смещается вправо с повышением температуры.

Процесс десорбции оксидов азота можно рассматривать как тепловой процесс, где температура является одним из основных факторов, влияющих на скорость десорбции.

В свою очередь, температура зависит от давления в колонне.

Анализ литературных и экспериментальных данных показывает, что повышение давления способствует высоким температурам кипения, а повышение температуры благоприятствует полному разделению веществ при реакциях с поглощением тепла, то есть усиливает эндотермическое направление процесса.

Оптимальную температуру определяем экспериментальным путем.

Соотношения, выражающие влияние температуры на скорость процесса десорбции, определяли зависимостью логарифма константы скорости десорбции от обратного значения абсолютной температуры.

Соотношения между этими величинами (рис. 1) показывают, что логарифмы константы скорости десорбции находятся в линейной зависимости от обратной температуры.

Искомую зависимость выразили уравнением, которое в интервале температур 353 – 359 К для данного процесса имеет вид:

$$\lg K = 1,7723 - \frac{240}{T},$$

где Т – температура, К.

Полученная зависимость позволяет выбрать оптимальную темпера-

туру осуществления процесса десорбции оксидов азота при общем давлении 0,1 МПа.

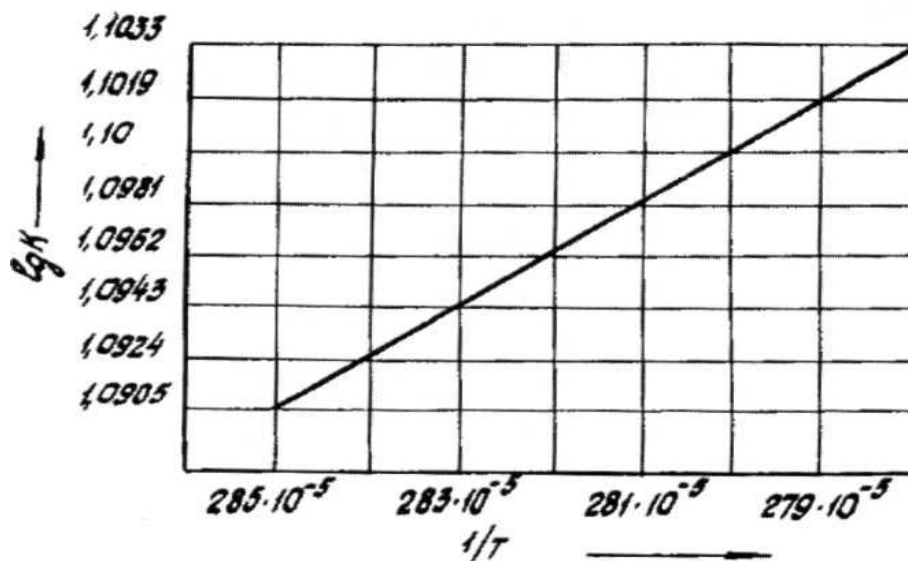


Рис. 1. Зависимость логарифма константы скорости десорбции от обратного значения абсолютной температуры процесса

Осуществление процесса десорбции при повышенной температуре способствует усиленной коррозии отбелочной колонны при существующей организации подвода тепла, чем обуславливаются недостаточный срок службы (6 – 9 месяцев) отбелочных колонн и низкое качество продукционной азотной кислоты вследствие загрязнения ее продуктами коррозии.

Поэтому нами принята организация подвода тепла посредством выносного кипятильника, нагревательные элементы которого, выполненные из труб фторопласта-4Д, представляют собой диск объемной формы (рис. 2).

Объемная форма нагревательного элемента позволяет обеспечить кипение исходного раствора азотной кислоты равномерно во всем объеме кипятильника.

Таким образом, центр воздействия высоких температур перенесен на кипятильник, выполненный из фторполимеров, которые обладают высокой коррозионной стойкостью в широком интервале температур.

С целью стабилизации температурного режима процесса десорбции в верхней части и на выходе отбелочной колонны, снижения брызгоуноса азотной кислоты с потоком газообразных оксидов азота было применено контактное теплообменное устройство из фторопластовых трубок.

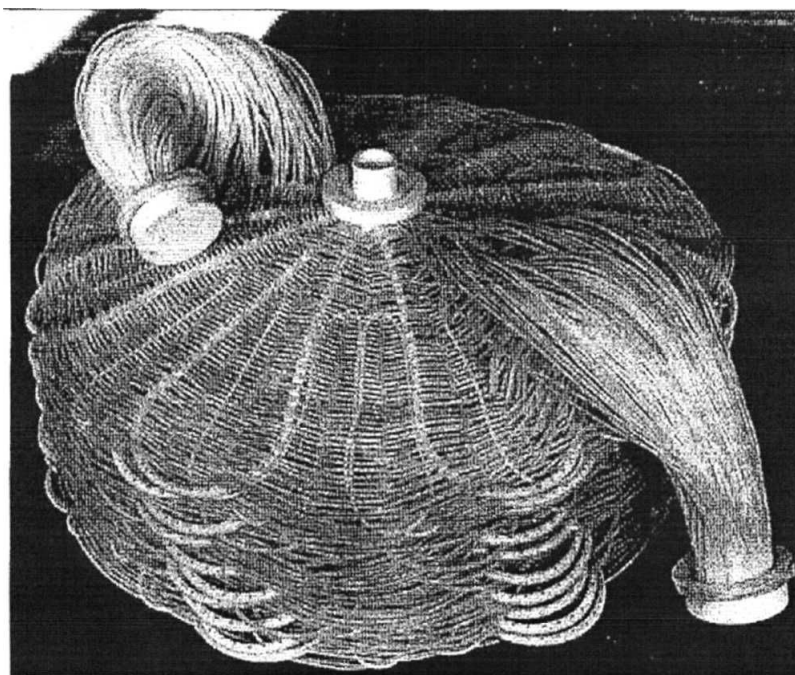


Рис. 2. Нагревательный элемент из фторопластовых труб выносного кипятильника отбелочной колонны

Такое устройство обладает свойством одновременно совмещать процессы теплообмена, массообмена и сепарации жидкой фазы из газового потока. На выходе из отбелочной колонны достигается практически «сухой» поток газообразных оксидов азота.

Отсепарированная жидкая фаза возвращается в колонну, что повышает выход готового продукта на 7 – 10 %.

Применение фторопластового дефлегматора в верхней части отбелочной колонны позволяет стабильно поддерживать оптимальную температуру паров на выходе из колонны в интервале 34 – 39 °С, тогда как в типовых отбелочных алюминиевых колоннах температура выходящих из колонны паров лежит в интервале 45 – 50 °С и может регулироваться только изменением температуры в кубе колонны за счет расхода и температуры греющего пара.

Такое регулирование отличается большой инертностью и не может оперативно изменить температурный режим колонны.

Зависимость содержания оксидов азота и азотной кислоты в парах на выходе колонны от их температуры приведена на графике (рис. 3).

Из графика видно, что с уменьшением температуры содержание оксидов азота в парах повышается, а азотной кислоты – понижается.

Такая зависимость изменения содержания оксидов азота в парах от их температуры на выходе отбелочной колонны аппроксимируется уравнением:

$$C_{N_2O_4} = 89,13 + 0,447 \cdot t + 0,003526 \cdot t^2 - 0,0002336 \cdot t^3,$$

а изменение содержания азотной кислоты при тех же условиях аппроксимируется уравнением:

$$C_{HNO_3} = 125,2 - 8,149 \cdot t + 0,1618 \cdot t^2 - 0,00087 \cdot t^3.$$

Температурный интервал использования этих уравнений 34 – 50 °С, а наибольшая погрешность – 3 %.

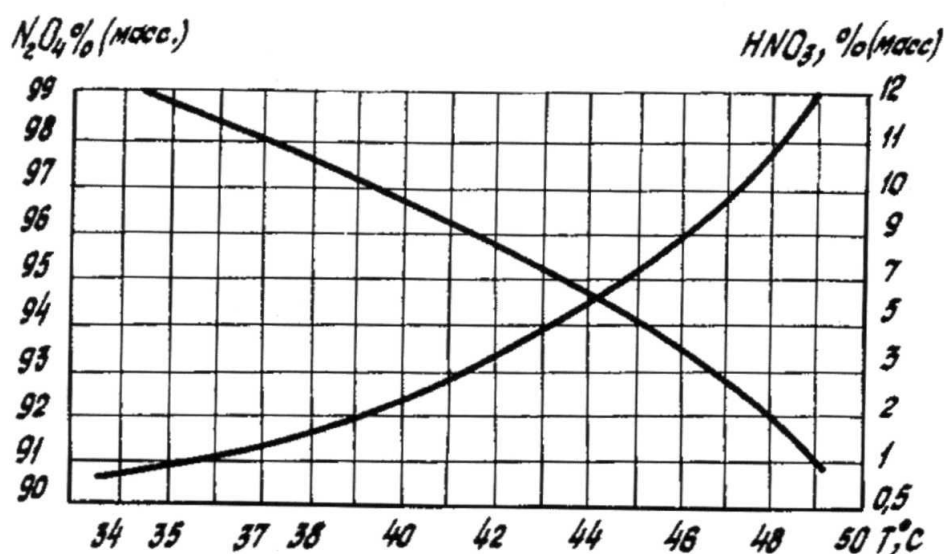


Рис. 3. Зависимость содержания оксидов азота и азотной кислоты в парах на выходе из колонны от их температуры

Оптимизация процесса десорбции оксидов азота путем применения фторопластовых теплообменных аппаратов качественно характеризуется степенью десорбции оксидов азота.

На графике (рис. 4) приведена зависимость степени десорбции оксидов азота от температуры в зоне кипения исходного раствора азотной кислоты.

Из графика видно, что с повышением температуры степень десорбции оксидов азота возрастает. Наибольшее значение степени десорбции достигается при температуре кипения исходного раствора азотной кислоты во фторопластовом кипятильнике – 86 °С. Дальнейшее повышение температуры не дает положительных результатов, так как на степень десорбции начинают влиять продукты термического разложения азотной кислоты.

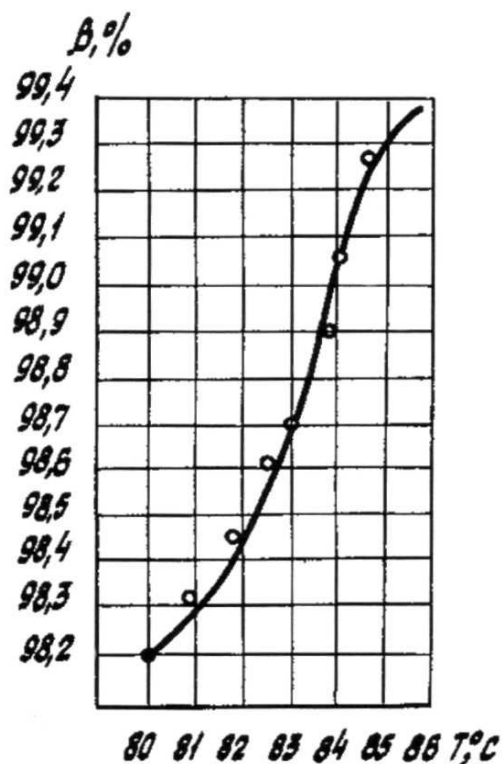


Рис. 4. Зависимость степени десорбции оксидов азота от температуры в зоне кипения исходного раствора азотной кислоты

Зависимость степени десорбции оксидов азота от температуры кипения исходного раствора азотной кислоты аппроксимируется уравнением:

$$\beta = 85,29 - 1,51 \cdot t + 0,03947 \cdot t^2 - 0,0002355 \cdot t^3$$

Температурный интервал применения приведенного уравнения находится в пределах 80 – 86 °С, а погрешность расчета составляет 0,4 %. Полученная концентрированная азотная кислота соответствует регламентным нормам высшего сорта.

Таким образом, проведенные исследования определили условия оптимизации процесса десорбции оксидов азота из растворов азотной кислоты, что является научной основой для совершенствования аппаратного оформления технологической стадии отбели концентрированной азотной кислоты и интенсификации данного технологического процесса.

*Поступила в редколлегию 25.03.10*