СЕКЦІЯ 13.
ІНТЕГРОВАНІ ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ХІМІЧНІЙ ТЕХНІЦІ ТА ЕКОЛОГІЇ

УДК 661.562.012

БАБАК Т.В., ЛИТВИНЕНКО И.И., канд. техн. наук

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ОТБЕЛИВНИЯ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ

Процесс отбеливания производится в тарельчатой колонне, состоящей из трех царг и дефлегматора с насадкой из керамических колец. В двух нижних царгах расположено 14 каскадных тарелок, в верхней – 11 полутарелок. Нитроолеум и автоклавная кислота, полученные на предшествующих этапах производства, поступают в дефлегматор и в верхнюю царгу колонны. Раствор, стекая вниз, соприкасается с поднимающимся на встречу ему парами и нагревается путем теплообмена с ними, а также с паром, через паровые рубашки двух нижних царг колонны. При этом из раствора выделяются газообразные окислы азота, и он обогащается за счет конденсации паров азотной кислоты. Равновесие процесса выделения окислов азота из раствора в азотной кислоте смещается вправо с повышением температуры. Продуктами отбеливания являются концентрированная азотная кислота с максимально допустимым содержанием окислов азота 0,3 вес.% и поток газообразных окислов азота. В зависимости от температуры газового потока в нем протекает химическая реакция, равновесие которой смещается вправо при понижении температуры газа.

$$2NO_2=N_2O_4+Q$$

Анализируя процесс отбеливания можно выделить следующие основные явления, которые необходимо будет учитывать при составлении аналитической ММ: выделение окислов азота из их раствора в концентрированной азотной кислоте; испарение окислов азота; химическую реакцию в газовой фазе $2NO_2=N_2O_4+Q$; испарение концентрированной азотной кислоты; конденсацию паров азотной кислоты; теплообмен между паром и жидкостью и между жидкостью и газовым потоком. Таким образом в основу математиче-

ского описания процесса отбеливания необходимо положить уравнения материальных и тепловых балансов, уравнения фазового равновесия, кинетики массопередачи и химической реакции.

При построении аналитической ММ процесса отбеливания принимаем ряд допущений. Конструкция отбелочной колонны и ее размеры, высота H=9,5м, диаметр d=0,8м, позволяют принять, что гидродинамические режимы газовых и жидких фаз процесса являются режимами идеального вытеснения.

В состав нитроолеума и автоклавной кислоты входят азотная кислота концентрации $C_{HNO3} \leq 97\%$, $C_{H2O} \leq 3\%$ и растворенные в них окислы азота. При составлении ММ содержанием воды в кислоте пренебрегаем.

Температуру отбеленной кислоты принимаем равной температуре кипения, $T_{HNO3}=86^0C$. В двух нижних царгах колонны, которые подогреваю паром извне, при температуре кипения концентрированной азотной кислоты считаем, что происходит лишь ее испарение.

Принимаем, что в верхней царге колонны температура газовой фазы достаточно высокая (70^0C до 86^0C) и не рассматриваем процесс димеризации двуокиси азота в газовой фазе.

Предполагаем, что в дефлегматоре протекают процессы конденсации паров азотной кислоты, нагревания нитроолеума до температуры кипения и димеризации двуокиси азота в газовой фазе. Скорость реакции димеризации двуокиси азота очень велика. По некоторым данным, при 25^0C и атмосферном давлении равновесие устанавливается за 10^{-4} сек. Это позволяет нам принимать, что двуокись азота и четырехокись азота в газовой фазе находятся в состоянии равновесия.

При составлении математического описания считаем, что физико–химические свойства компонентов не зависят от температуры и давления и неизменны по высоте аппарата.

ММ процесса отбеливания состоит из уравнения теплового баланса испарителя (двух нижних царг колонны), и двух систем уравнений, описывающих массообменные и тепловые процессы, а также химическую реакцию (верхняя царга колонны и дефлегматор).

Разработана структурная схема модели стадии отбеливания и составлена упрощенная математическая модель.

Список литературы: 1. *Атрощенко В.И., Каргин С.И.* Технология азотной кислоты. – М.: Химия, 1970. – 496 с. **2.** *Жаворонков Н.М., Кафаров В.В., ПеровВ.Л., Мешалкин В.П.* Новые принципы

анализа и синтеза химико–технологических систем. – Теорет. основы хим. технологии, 1970, т.4, №2, с.152–167.**3.** *Круг Г.К.* Планирование эксперимента. – М.: Наука, 1966. – 423с. **4.** *Кроу К., Гамилец Л., Хоффман Т. и др.* Математическое моделирование химических производств. – М.: Мир, 1973. – 388с.

УДК624.57:661.53

ЗАБАРОВСКИЙ Н.А., ***БАБИЧЕНКО А.К.,*** канд. техн. наук, проф.,
ТОШИНСКИЙ В.И., докт. техн. наук, проф.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АГРЕГАТОВ СИНТЕЗА АММИАКА

Одним из наиболее эффективных способов, позволяющих повысить экономичность отечественных агрегатов, синтеза аммиака, за счет снижения энергопотребления, является утилизация низкопотенциальной теплоты [1]. В результате анализа технологической схемы агрегата были установлены основные материальные потоки, низкопотенциальная теплота которых, безвозвратно теряется в аппаратах воздушного охлаждения, что приводит к существенным затратам электроэнергии. Среди этих потоков, как показали расчеты, с точки зрения возможности практической реализации, обладающих существенным тепловым потенциалом являются обработанный пар турбин низкого давления при расходе более 50 т/ч, давление 0,04 МПа и температура до 90 ^{O}С. Этот поток пара позволяет обеспечить утилизацию теплоты в количестве более 30 Гкал/ч в теплоиспользующих холодильных установках. При этом появляется возможность исключить из схемы энергоемкую турбокомпрессорную холодильную установку, потребляющую более 3 тыс. кВт·ч электроэнергии. Как показал анализ литературы [2-3] для решения такой задачи возможно использование пароэжекторных холодильных систем (ПХС), в которых за счет применения в качестве хладоагента аммиака обеспечивается утилизация теплоты с температурой менее 100 ^{O}С для получения в парогенераторе рабочего пара с давлением до 3 МПа. С целью определения возможного уровня температуры в испарителе ПХС при эжектировании рабочим паром были проведены исследования методом математического моделирования. В процессе моделирования использовалась методика расчета [4], достаточно