

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДИАЗОТИРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ АМИНОВ ЦИКЛИЧЕСКОГО ТИПА\*

В качестве объекта исследования в данной работе рассматривается непрерывный процесс диазотирования при производстве азопигментов [1]. Для его реализации была разработана конструкция реакторной установки диазотирования циклического типа.

Целью исследования статических характеристик реакторной установки диазотирования циклического типа является определение режимных переменных, оказывающих наибольшее влияние на выход целевого продукта – диазосоединения.

В качестве прототипа циклической реакторной установки [2] выбран двухходовой теплообменник кожухотрубчатого типа (рис. 1). Основными элементами реактора циклического типа являются: вертикально расположенные трубы 1, помещенные в теплообменную рубашку 2 и закрепленные в трубной решетке 3; эллиптические крышки аппарата 4, служащие камерами смешения (в них происходит расширение потока и изменение направления его движения); рециркуляционный насос 5. Перед началом работы реактора производится его загрузка солянокислой суспензией амина через штуцер 7 (с коэффициентом заполнения 0,8), затем включается насос 5, который осуществляет циркуляцию реакционной смеси в реакторе. Водный раствор нитрита натрия подается в реактор через штуцер 6. Диаметр вертикальных труб и производительность насоса выбирается однозначно из условий неосаждения твердой фазы и турбулентности режима течения реакционной массы в вертикальных трубах. Диазораствор выгружается через штуцер 8.

Достоинствами реактора диазотирования циклического типа являются:

- возможность отведения большого количества тепла из зоны реакции;
- возможность своевременной подачи раствора нитрита натрия без дополнительной системы трубопроводов;
- интенсивное перемешивание реакционной среды, осуществляемое в камерах смешения.

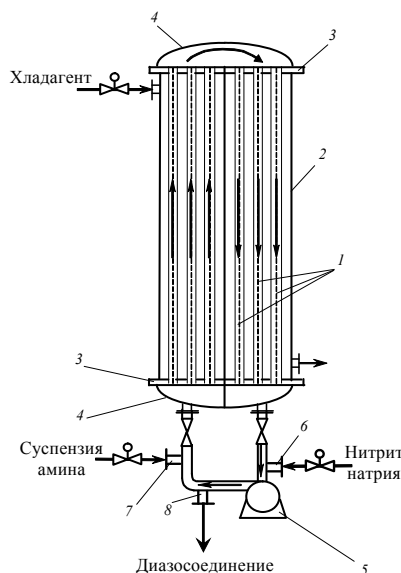


Рис.1 Турбулентный трубчатый реактор циклического типа

Недостатками реактора циклического типа являются:

- сложность конструкции и изготовления по сравнению с другими типами реакторов диазотирования;
- сложность очистки межтрубного пространства.

Математическая модель процесса диазотирования, осуществляемого в реакторе циклического типа, представляет собой систему обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений для трубчатого модуля и систему алгебраических уравнений – для камер смешения, а также уравнений скоростей потоков, площади поверхности теплопередачи и др. [3]. Модель позволяет рассчитать выход диазосоединения, количество образовавшихся диазосмол, нитрозных газов, проскок сырья и др. Для решения уравнений математической модели применяли неявный метод Гира с переменным шагом; для решения систем нелинейных уравнений применяли метод Ньютона.

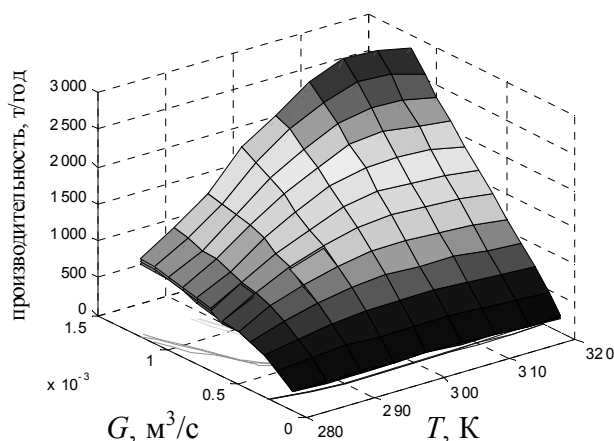
В результате проведения вычислительного эксперимента были выявлены следующие режимные переменные, оказывающие наибольшее влияние на выход диазосоединения:

- 1) температура реакционной смеси  $T_c$ ;
- 2) распределение во времени подачи нитрита натрия  $\gamma_N^{(i)}$  ( $i = \overline{1, k}$ );
- 3) концентрация амина  $[C_A]_S^{BX}$  в питании реактора;
- 4) расход солянокислой суспензии амина в реакторе  $G$ ;
- 5) число рециклов.

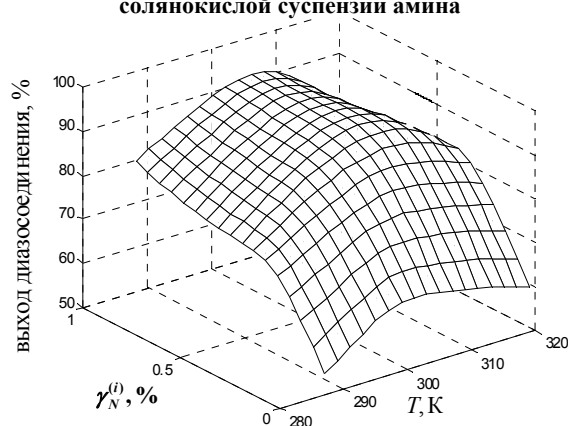
Наилучшие значения выхода диазосоединения наблюдаются при входной концентрации твердой фазы амина в интервале 350...400 моль/м<sup>3</sup>. При этом управляющим воздействием, оказывающим существенное влияние на выход диазосоединения, может служить температура в зоне реакции (рис. 2, 3).

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук Д.С. Дворецкого.

Значительное влияние на выход диазосоединения оказывает также распределение по времени подачи нитрита натрия в реактор (рис. 3). Это позволяет избежать чрезмерного образования нитрозных газов и сократить потери дорогостоящего сырья.



**Рис. 2.** Изменение производительности реакторной установки диазотирования при различных расходах и температурах солянокислой суспензии амина



**Рис. 3.** Изменение выхода диазосоединения при различных температурах солянокислой суспензии амина на выходе и распределении во времени подачи нитрита натрия

На выход диазосоединения также влияет время пребывания реакционной среды в аппарате, которое зависит от расхода реакционной среды (рис. 2) и числа рециклов. Если времени для образования диазосоединения будет недостаточно (в случае увеличенного расхода или недостаточного числа рециклов), то наблюдается увеличенный проскок дорогостоящего сырья, в противном случае диазосоединение начнет разлагаться с образованием недопустимого количества диазосмол, а также, несмотря на высокий выход, будет существенно снижена производительность. Таким образом, компьютерное моделирование показывает, что целесообразно принять значения расхода солянокислой суспензии амина из интервала  $0,0002 \dots 0,0004 \text{ м}^3/\text{с}$ .

В результате проведенных исследований выявлено, что наиболее эффективными управляющими переменными для процесса диазотирования являются:

- 1) температура реакционной смеси  $T_c$ ;
- 2) распределение во времени подачи нитрита натрия  $\gamma_N^{(i)}$  ( $i = \overline{1, k}$ );
- 3) длина труб реактора и число рециклов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование процессов растворения и диазотирования 3-нитро-4-аминотолуола (азоамин красный А) в концентрированных кислотах и разложения 3-нитро-4-диазотолуола в широком диапазоне  $pH$ : отчет о НИР / Я.Э. Брюске. – № гр. 72059965, инв. № 42910. – Тамбов : НИОПИК, 1976.

2. Пешкова, Е.В. Моделирование, оптимизация и аппаратурно-технологическое оформление энергоресурсосберегающих установок синтеза азопигментов при наличии неопределенности : дис. ... канд. техн. наук : 05.17.08 / Е.В. Пешкова. – Тамбов, 2007. – 179 с. – С. 82–83.

3. Разработка непрерывной энерго- и ресурсосберегающей технологии получения азопигментов / С.И. Дворецкий, А.В. Майстренко, Д.С. Дворецкий, Н.П. Утробин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 1997. – Т. 2, № 1. – С. 76 – 82.