

с собой кожухотрубчатый вертикальный аппарат с диаметром корпуса 2800x20 мм. Трубный пучок состоит из 1353 шт. Диаметр труб 56x3,5 мм, длина 3000 мм. Внутреннее пространство трубок заполнено катализатором. В межтрубном пространстве циркулирует высокотемпературный органический теплоноситель.

Успешная эксплуатация реактора возможна только при наличии достоверных сведений о влиянии геометрических размеров и технологических параметров на показатели эффективности его функционирования. Математическое моделирование процесса позволяет с минимальными затратами получить эту информацию. Настоящая работа является продолжением исследований по моделированию каталитических реакторов, проводимых в ВПИ [2, 4]. Математическая модель реактора синтеза морфолина содержит уравнения, определяющие убыль ДЭГ, образование морфолина и побочных продуктов, изменение температуры газовой смеси в реакционном пространстве и ВОТ в межтрубном пространстве. Эти дифференциальные уравнения дополняются алгебраическими уравнениями для расчета теплофизических свойств газовой смеси, коэффициентов теплоотдачи от стенки трубы к газовой смеси, от теплоносителя к стенке трубки. Система уравнений в стационарных условиях, имеет вид:

$$\frac{dx_A}{d\ell} = \frac{\varepsilon_{np} T_{0k}}{v_0 T} k_{\Sigma} (1 - x_A);$$

$$\frac{d\psi}{d\ell} = \frac{\varepsilon_{np} T_{0k}}{v_0 T} [k_1 (1 - x_A) - k_2 \psi]; \quad (1)$$

$$\frac{dt}{d\ell} = \frac{\varepsilon_{np}}{v_0 \rho_0 c_p} \left\{ -c_k C_{A0} [(\Delta H_1 k_1 + \Delta H_3 k_3) \times (1 - x_A) + \Delta H_2 k_2 \psi] + \frac{4K_t}{d_{тр}} (t_m - t) \right\}; \quad (2)$$

$$\frac{dt_m}{d\ell} = - \frac{K_t d_{тр} n}{v_m \rho_m c_{pm} d_{мтр}^2} (t_m - t), \quad (3)$$

Начальные условия: при

$$\ell = 0, \quad x_A = \psi = 0, \quad t = t_0, \quad \ell = L, \quad t_m = t_{m0}. \quad (4)$$

Математическая модель (1)–(4) использована для оценки влияния различных технологических параметров на выходные характеристики работы реактора и для определения условий, обеспечивающих высокий выход продукта в промышленном процессе синтеза.

Список литературы

1. А.с. 175512, СССР, МКИ Катализаторный способ получения морфолина / Добровольский С.В., Кронич И.Г. и др. (СССР) // Открытия, Изобретения. – № 20, – 1965. – С. 10.
2. Белоусов Е.К. Модель промышленного реактора синтеза морфолина с учетом изменения активности катализатора / Белоусов Е.К., Тишин О.А., Рудакова Т.В., Харитонов В.Н. Математические методы в технике и технологиях. – ММТТ-19: сб. трудов 19 Международ. науч. конф. В 10-ти т. Т.9 Секция 10 / под общ. ред. В.С. Балакирева. – Воронеж, Воронеж. гос. технол. Акад., 2006. – С. 5-7.
3. Tishin O.A. Model of the industrial morpholine synthesis reactor taking into consideration the change of the catalyst activity rating / Tishin O.A., Haritonov V., Kryukunov M.V., Rudakova T.V., Belousov E.K. // 17-th International congress of chem. eng., chem. equipment des. and aut. "CHISA-2006", 27-31 August 2006, Praha, Czech Republic, Reaction engineering, P.7.67., P.168-169
4. Тишин О.А. Выбор режима работы реактора. / Тишин О.А., Харитонов В.Н. // Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. ст. – Сер. Ресурсы, процессы и аппараты химической технологии. Вып. 2. – Волгоград. – 2009. № 1(49). – С. 69-72.

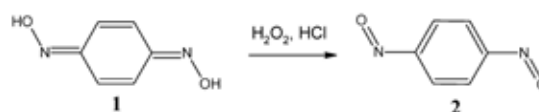
ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА СИНТЕЗ П-ДИНИТРОЗОБЕНЗОЛА

Шашков С., Иванкина О.М.

Волжский политехнический институт, филиал
Волгоградского государственного технического
университета, Волжский, e-mail: dapklblp@gmail.com

п-Динитрозобензол (п-ДНБ) входит в состав динитрогенерирующей системы для вулканизации диеновых каучуков [1], позволяющих снизить температуру вулканизации до 60–100°C. Это обстоятельство особенно актуально в резиновой промышленности, являющейся одной из самых энергоемких. В связи с выше сказанным, разработка способа получения п-ДНБ и аппаратурного оформления процесса является актуальной задачей. Также следует отметить, отечественная химическая промышленность п-ДНБ не производит.

Ранее нами были определены условия получения п-ДНБ (2) окислением п-бензохинондиоксида (1) перекисью водорода в присутствии соляной кислоты:



Для получения п-ДНБ требуемого качества с максимально возможным выходом процесс следует проводить в течение 4-часов при температуре 45–50°C, используя 10%-й избыток перекиси водорода [2].

Осуществление химической реакции всегда сопровождается перемешиванием. Считается, что скорость перемешивания значительно превышает время химической реакции, и поэтому перемешивание не оказывает влияние на интегральные характеристики химического процесса (выход, степень превращения). В реальных аппаратах это условие выполняется не всегда. Влияние перемешивания на протекание химической реакции выражается в неоднородности концентраций реагентов в объеме аппарата. Соответственно скорость реакции и продолжительность процесса в целом могут существенно отличаться от расчетных величин [3].

Нами было исследовано влияние скорости перемешивания на степень превращения исходного п-бензохинондиоксида (п-БХД) при его окислении перекисью водорода. Реакцию проводили в лабораторном реакторе объемом 5 л, снабженном якорной мешалкой с возможностью регулирования числа оборотов, рубашкой для обогрева и устройством для дозирования реагентов. Опыты проводили в ранее определенных условиях (температура 50°C, избыток перекиси водорода 10% от стехиометрического, время реакции 4 часа, $C(\text{п-БХД}) = 1,5 \text{ моль/дм}^3$, $C(\text{H}_2\text{O}_2) = 11 \text{ моль/дм}^3$). Установлено, что в выбранных условиях максимальная степень превращения п-БХД 94% была достигнута при скорости перемешивания 50 об./мин. Дальнейшее повышение числа оборотов мешалки не ведет к ее увеличению. Таким образом, данная скорость перемешивания обеспечивает гидродинамический режим в аппарате близкий к модели идеального смешения. Однако следует отметить, что данные выводы можно применять для геометрически подобных аппаратов.

Список литературы

1. Тихонова Н.П., Гинзбург Л.В. и др. // Каучук и резина. – 1987. – № 3. – С.13.
2. Елисеев П.Ю., Ильинский Д.В., Бутов Г.М., Иванкина О.М. // Международный студенческий научный вестник : электрон. науч. журнал. – 2015. – № 3 (часть 4). – С. 562-563. – Режим доступа: <http://www.eduherald.ru/>.
3. Тишин О.А., Харитонов В.Н. Химическая реакция и перемешивание: монография; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград, 2014. – 98 с.