

АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ РЕАКТОРА СМЕШЕНИЯ

Для понимания особенностей функционирования, определения конструкционных параметров большое значение имеет знание динамических и статических свойств реакторов [1]. В условиях промышленной эксплуатации химико-технологических систем, либо в результате изменения параметров технологического режима происходит изменение технологических и конструкционных параметров элементов ХТС. Неустойчивая работа реактора, химико-технологической схемы, как правило, сопровождается какими-то потерями в качестве, расходе энергии и т.п. Поэтому задачу анализа устойчивости этих процессов можно трактовать как составную часть задачи надежности, работоспособности, экономичности и целесообразности в промышленных условиях [2].

В данной работе разработана математическая модель, которая представляет собой систему для математического описания нестационарного процесса реактора смешения. Эти соотношения позволяют исследовать динамику химического реактора в зависимости от степени сегрегации и уровня микросмешения.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial C_1}{\partial \lambda} - (C_{ax1} - C_{cp1}) \frac{\gamma b}{a} + R_1 &= \frac{\partial C_1}{\partial t} \\ \frac{\partial C_2}{\partial \lambda} - (C_{ax2} - C_{cp2}) \frac{\gamma b}{a} + R_2 &= \frac{\partial C_2}{\partial t} \\ \frac{\partial T}{\partial t} &= \frac{1}{m_1} T_{ax} - \frac{1}{m_2} T - \frac{1}{m_3} (T - T_{cm}) + \frac{1}{m_4} \Delta r \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Границными условиями для решения системы (1) являются:

$$\frac{dC_i}{d\lambda} = 0 \text{ при } \lambda \rightarrow \infty;$$

$$C_i = C_{oi} \text{ при } t = 0;$$

$$t = 0 \text{ при } T = T_0,$$

где

$$a = \frac{1}{\tau} \int_0^\infty (1 - e^{-\gamma \alpha}) F(\alpha + \lambda) d\alpha, \quad (2)$$

$$b = \frac{1}{\tau} \int_0^\infty e^{-\gamma \alpha} F(\alpha + \lambda) d\alpha.$$

Ключевыми параметрами при перемешивания реагентов жидкости в реакторе непрерывного действия и условий химического взаимодействия является время, которое можно детализировать следующим образом: τ - время пребывания элемента; α - возраст элемента жидкости; λ - ожидаемое время жизни [3].

γ - параметр, характеризующий скорость перехода реагентов из состояния сегрегации в состояние микросмешения. Промежуточные значения γ обеспечивают как частичную сегрегацию, так и частичное микросмешение.

Введем безразмерное время $\theta = \frac{t}{\tau}$, где t – время. Соответственно безразмерными полагаются возраст молекулы α и ожидаемое время жизни λ .

Исследуем пример анализа переходного процесса изотермического реактора при возмущающем воздействии по концентрационному каналу.

Рассматривается задача при гомогенной реакции первого порядка для нулевых начальных условий.

Уравнение материального баланса в этом случае имеет вид:

$$\frac{dC}{dt} + \frac{\partial C}{\partial \lambda} - (C_{cp} - C_{ex}) \frac{\gamma b}{\alpha} + kC = 0. \quad (3)$$

И выражение (2) с учетом функций отклика на возмущение, а также преобразований пределов этих соотношений примет вид:

$$a = -e^{-\theta} \left|_0^\infty \right. + \frac{1}{1+\gamma} e^{-\frac{\alpha(1+\gamma)}{\theta}} \left|_0^\infty \right. = \frac{2+\gamma}{1+\gamma}; \quad (4)$$

$$b = -\frac{1}{(1+\gamma)} e^{-\frac{\alpha(1+\gamma)}{\theta}} \left|_0^\infty \right. = \frac{1}{1+\gamma}.$$

Тогда сомножитель в выражении материального баланса будет равен:

$$\frac{\gamma b}{a} = \frac{\gamma}{2+\gamma}.$$

Учитывая полученные выражения, уравнение материального баланса примет следующий вид:

$$\frac{dC}{dt} + \frac{\gamma}{2+\gamma} (C_{cp} - C_{ex}) + kC = 0. \quad (5)$$

Отсюда после разделения переменных и интегрирования этого уравнения, получим:

$$\int_0^\infty \frac{dC}{(C+d)} = - \int_0^\infty kdt;$$

где

$$d = \frac{\gamma}{2+\gamma} (C_{cp} - C_{ex}),$$

$$\ln(C+d) = -kt + a. \quad (6)$$

Из начального условия:

при $t=0, C = C_{ex}$ получим:

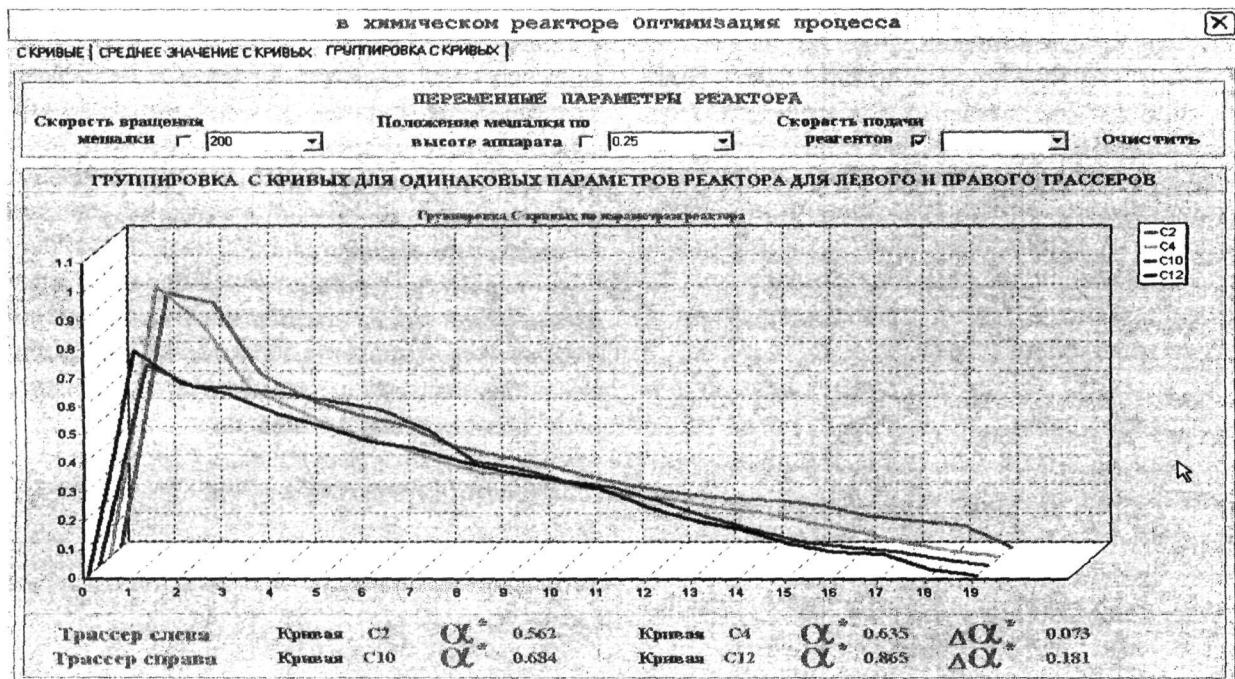
$$a = \ln \left[C_{ex} + \frac{\gamma}{(2+\gamma)k} (C_{cp} - C_{ex}) \right];$$

$$\gamma = 1$$

Подставляя значение выше описанного a в выражение (6) будем иметь следующее соотношение: Откуда

$$C = C_{ex} e^{-kt} - \frac{\gamma}{(2+\gamma)k} (C_{cp} - C_{ex}) (e^{-kt} - 1). \quad (7)$$

Соотношение (7) связывает значение входной концентрации в реакторе с текущей в зависимости от скорости перехода частиц реагентов из зоны сегрегации в зону микросмешения. Указать



Динамические характеристики реактора смешения

заранее, какой режим перемешивания будет в реакторной системе нельзя. При сопоставлении расчетных значений выходной концентрации с экспериментально определенной концентрацией, можно будет определить, к какому режиму близок исследуемый процесс, насколько устойчива реакторная система.

По результатам лабораторных и промышленных экспериментов на примере получения монокальцийфосфатов в жидкофазных реакторах емкостью 23 л и 630 л оценивались функции отклика при варьировании 4 факторов.

На рисунке приведен интерфейс программы расчета и обработки динамических характеристик при определении параметров микросмешения, полученные при экспериментах.

Реакторная система очень чувствительна к возмущениям. При увеличении скорости подачи реагентов (C_4 и C_{12}) улучшается качество смешения, особенно при питающем патрубке, который находится ближе к выводному патрубку и числе оборотов мешалки 200 об/мин, положение мешалки по высоте аппарата равно 0,25. По данным характеристикам разница в степени превращения достигает 22 %. Это объясняется тем, что зона микросмешения с увеличением скорости подачи реагентов увеличивается, вывод продуктов реакции происходит быстрее, так как питающий патрубок находится ближе к выводному

патрубку. Результаты экспериментов позволяют наметить оптимальную стратегию проведения процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кафаров В.В., Четкин В.А. Устойчивость химических реакторов // Сборник Итоги науки и техники. Процессы и аппараты химической технологии. Т. 8. М.: ВИНИТИ, 1980. С. 77-151.

2. Перлмуттер Д. Устойчивость химических реакторов. Л.: Химия, 1976. 255 с.

3. Кафаров В.В., Винаров А.Ю., Гордеев Л.С. Моделирование биохимических реакторов. М.: Лесная промышленность, 1979. 126 с.

Резюме

Химиялық ығысу реакторларындағы динамикалық режимнің ерекшеліктері қарастырылған. Тұрақсыздықты сипаттау үшін, жылдамдыққа төуелді ығысу аппаратындағы молекула мен бөлшектердің стохастикалық іс-әрекетін есепке алғын математикалық модель ұсынған. Эксперимент нәтижелері құрастырылған модельдің адекваттығын дәлелдейді.

Summary

The peculiarities of dynamical conditions in chemical reactors of mixing are sown in the article. The mathematical model which takes into account the stochastic conduct of particles and molecules in the apparatus of removal depending on the speed of transition from the segregation zone into micromixing zone is suggested for the description of non-stationarity. Experimental data prove the adequatress of elaborated model.

УДК 66.023.57

ЮКГУ им. М. Ауезова

Поступила 10.07.08г.