# ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ПРИ ПОВЫШЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПОЛНЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Лаптев Д.А., Сечин А.И., Сечин А.А., Косинцев В.И.

*Томский политехнический университет,*

*Томск*

В вопросе эффективного использования производственных мощностей, по выпуску лекарственных препаратов или ввод в действие новых технологических мощностей существенное значение имеет безопасность обеспечения процесса [1, 2]. Одним из методов увеличения производства является метод увеличения коэффициента заполнения аппарата.

В производстве этилового эфира п-нитробензойной кислоты (“нитроэфира”), как и в ряде других производств, коэффициент заполнения основного аппарата принят равным 0,6. Это условие диктуется тем фактом, что удержать тепловой режим протекания химической реакции в безопасных технологических параметрах представляет большие технические сложности.

Если опустить химизм протекающей реакции, можно констатировать: вещества, поступающие на технологическую стадию химического передела, характеризуются как ЛВЖ и пожароопасные. Наличие температуры усугубляет проведение качественной оценки безопасности процесса [1, 2].

Анализ показал [1, 2, 3], что основным источником зажигания в технологическом аппарате может быть температура самовоспламенения.

Учитывая что, процесс подчиняется закону действия масс, в основу модели положим тепловой эффект реакции. Проведя анализ устойчивости и эффективности химического процесса [3], этап технологического процесса представляем в виде системы S(t). Сформулируем подзадачу повышения безопасности процесса – оценка опасных и пограничных состояний системы, при появлении которых необходимо принимать чрезвычайные меры по предотвращению возможных ситуаций. Для этого необходимо:

Выявить пространства, по {Im} которым оценивается состояние системы.

Экспериментально (если нет возможности сделать теоретически) определить математические ожидания состояний Sп и Sн . Получить уравнение разделяющей поверхности А.

Решение поставленной задачи начнем с изменения загрузки компонентов в реакторе. Расчетами определяем такое соотношение веществ, при котором температура, на которую нагреваются вещества за счет теплового эффекта реакции, приближается к температуре самовоспламенения.

Тепловой эффект реакции определяется из выражения:

$$Q_p = q_p \cdot N; \qquad (1)$$

где $N = 10^3 \dfrac{G}{m}$, количество молей участвующих в реакции.

При изменении теплового эффекта, изменяется температура, на которую нагревается реакционная масса за счет теплового эффекта

$$\Delta t = \frac{Q_p}{\sum_{i=1}^{n} G_i \cdot c_i}; \qquad (2)$$

Проведя соответствующие расчеты, получили массив представленный изменяемым полем температур. Через точки, характеризующие величину изменения температуры и по своей величине близкие к $T_{.самовоспл.}$, проводим линию, являющуюся границей опасной и неопасной зон. Из полученного графика видно, что разделяющая поверхность опасной и безопасной зоны представляет собой прямую линию, которая описывается уравнением:

$$\frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} = \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1}\ ; \qquad (3)$$

где $M(x_1,y_1)$, $N(x_2,y_2)$ – координаты некоторых точек данной прямой.

Для решения уравнения (3) берем точки M и N принадлежащие данной прямой. Получаем уравнение разделяющей поверхности:

$$y = 3{,}57 + 0{,}46 \cdot x. \qquad (4)$$

Для математического обеспечения оценки опасности производства введем критерий опасности Д(x, y), который зависит от рассмотренных факторов, изменение же последних может привести к опасным ситуациям.

Если Д(x, y) > 0 – имеем параметры процесса находящиеся в безопасной зоне.

Если Д(x, y) ≤ 0 – имеем параметры входящие в опасную зону.

Тогда зависимость критерия опасности:

$$Д = y - 0{,}46 \cdot x - 3{,}57. \qquad (5)$$

Уравнение (5) имеет существенное значение для осуществления инженерных расчетов критерия опасности технологического процесса.

Анализ показал, что прямая А, соответствует пропорциональной загрузки веществ согласно материальному расчету.

При правильном соотношении реагентов $Q_p$ (1) изменится прямо пропорционально изменению $G_{рм}$ , при этом Δt (2), температура на которую нагревается реакционная масса, остается постоянной Δt = 389 $^oC$. На основании полученной зависимости, можно сделать вывод, что увеличение коэффициента загрузки не влечет за собой дополнительного разогрева реакционной массы за счет увеличения $Q_p$ , при правильном соотношении реагентов.

Однако, потенциальная опасность возрастет, так как система будет менее устойчива и в случае нарушения технологического процесса потребуется больше времени и средств для его стабилизации. Так как при этом соотношении Δt > t и к тому же находится в опасной близости к $T_{самовоспл.}$ , которая для реакционной массы составляет 550 $^oC$, в этом случае аварийная ситуация может сопровождаться взрывом.

Прямая В, показывает изменение Δt при изменении соотношения реагентов.

По данным графика, можно сделать вывод, что при увеличении загрузки $G_1$ и уменьшении $G_2$ тепловой эффект реакции возрастает и Δt увеличивается. Но так как прирост Δt незначительный, при любом соотношении компонентов смеси температура реакционной массы не достигает температуры их самовоспламенения. Увеличить же коэффициент заполнения конкретно взятого аппарата на действующем производстве можно до 0,9 в том случае, если позволит система подачи охлаждающего рассола.

Полученные результаты были внедрены в производстве малотоннажной химии, на стадии окисления п-нитротолуола производства п-нитробензойной кислоты ОАО «Органика» г. Новокузнецка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Маршалл В. Основные опасности химических производств. М.: Мир, 1989. 678 с.
2. Рей У. Методы управления технологическими процессами. Пер. с анг. М.: Мир, 1983. 368 с.

Кафаров В.В., Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем. М.: Химия, 1991. 432 с