

А. О. ОСПАНОВА, М. А. БЕРДИЕВА

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОЦЕССОВ СТОХАСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

(Представлена академиком НАН РК О. С. Балабековым)

Разработана методика моделирования нестационарных промышленных процессов полимеризации в условиях действующего предприятия. На основе корреляционных функций, рассчитываемых на скользящем интервале по данным измерений с промышленного реактора, с использованием весовых функций, предложен алгоритм расчета коэффициентов модели.

Большинство промышленных процессов полимеризации представляются нестационарными процессами. Анализ литературных источников позволил установить, что в настоящее время достаточно хорошо проработан инструментарий моделирования стационарных процессов, при моделировании нестационарных процессов эти методики неэффективны. Сложность классичес-

ких методов моделирования и идентификации нестационарных процессов, базирующихся на алгоритмах фильтрации и прогнозирования, не позволяет решать прикладные задачи в условиях действующего предприятия.

Оценка параметров математических моделей стационарных процессов в большинстве практических случаев проводится методом

наименьших квадратов. Однако, при оценке параметров нестационарных процессов метод наименьших квадратов неэффективен.

Нестационарность исследуемого процесса полимеризации стирола заставляет искать и разработать специальные методы моделирования, позволяющие повысить эффективность математической модели процесса.

Поставлена задача создания методики математического моделирования промышленных процессов, проявляющих себя как нестационарные.

Исследования реальных условий промышленного производства полистиролов в реакторах непрерывного действия [1, 2] при различных условиях позволил установить, что наличие примесей в исходном сырье изменяет кинетические параметры процесса. При изменении качественных показателей сырья меняется скорость процесса полимеризации стирола, зачастую меняются характеристики процесса, скорость полимеризации, процесс полимеризации ведет себя как нестационарный. Учет этих факторов необходим при разработке математической модели, адекватной промышленному процессу.

Для исследования характера нестационарности процессов использованы методы корреляционного и спектрального анализа [3-5] при наличии достоверных измерений с действующего объекта в условиях нормальной его эксплуатации.

Оценки взаимнокорреляционных функций дают важную информацию об исследуемом процессе. Максимальные значения кривых соответствуют точкам максимальной корреляции между параметрами процесса. Максимум взаимнокорреляционной функции при сдвиге $\phi = 4-5$ ч соответствует времени пребывания полимеризующейся массы в аппарате 4–5 ч.

Исследования автокорреляционных функций также подтверждают проявления нестационарности процесса. Наличие значительных пиков корреляционных функций свидетельствует о наличии регулярного сигнала в исследуемых реализациях процесса, наличии тренда, т.е. исследуемый процесс не является чисто случайным [4, 5].

Результаты исследований методом корреляционного и спектрального анализа наблюдаемых переменных промышленного производства показывает, что процесс производства полистирольных пластиков в производственных условиях является нестационарным.

Наиболее эффективным и удобным для управления нестационарными процессами в производственных условиях способом является использование весовых функций, определяющих закон преобразования определенного объема информации в зависимости от ее актуальности [3]. Наибольшее распространение на практике имеют два основных вида весовой функции: весовая функция релейного типа и экспоненциальная весовая функция. Применение весовой функции того или иного вида зависит от свойств конкретного процесса и перспектив дальнейшего использования математической модели процесса.

Основным параметром весовых функций, как правило, является параметр P , включающий в себя информацию за интервал времени, в течение которого процесс является стационарным. Эффективность предложенных видов весовых функций зависит от этого параметра.

Для оценки параметров нестационарных процессов предложена методика, основанная на обобщенном методе наименьших квадратов. В основе этой методики положено применение весовой функции, позволяющей оценивать параметры модели на текущем интервале при непрерывном поступлении данных о процессе. При этом интервал ($n-p$) как бы «скользит» по мере поступления наблюдений, что позволяет новые данные использовать с большим весом, чем старые. При использовании же метода наименьших квадратов все эти данные усредняются, что приводит к потере информации о проявлении нестационарности процесса.

Оценки коэффициентов модели процессов полимеризации с весовой функцией $W[n,k,p]$ могут быть рассчитаны по формуле:

$$\hat{A}[n] = \frac{W[n, k, p] \sum_{k=n-p}^n R_{XY}[\tau, k]}{W[n, k, p] \sum_{k=n-p}^n R_{XX}[\tau, k]} . \quad (1)$$

Оценки авто- и взаимнокорреляционных функций $R_{XX}[\tau, n]$, $R_{XY}[\tau, n]$ рассчитываются по формулам:

$$\hat{R}_{XX}[\tau, n] = W[n, N, p] \sum_{i=1}^{N-\tau} x(i)x(\tau + i); \quad (2)$$

$$\hat{R}_{XY}[t, n] = W[n, N, p] \sum_{i=1}^{N-t} x(i)y(t+i). \quad (3)$$

N – длина реализации.

Для реализации предложенного алгоритма разработан программный комплекс, в котором осуществляются следующие процедуры:

1. До поступления n-го комплекта наблюдений в базе данных находятся данные

$$X[n-p] = (x[n-p], x[n-p+1], \dots, x[n-1]); \\ Y[n-p] = (y[n-p], y[n-p+1], \dots, y[n-1]). \quad (4)$$

2. После поступления n-го комплекса наблюдений обновляются базы данных X [n], Y [n] путем «забывания» [n-p-1] данных.

3. По формуле (1) на каждом шаге производится расчет оценок коэффициентов R_{XY} . Для расчета оценок параметров модели используется информация в объеме, соответствующем скользящему интервалу P.

Таким образом, предложена методика исследования нестационарных промышленных процессов, разработана новая обобщенная модификация метода наименьших квадратов, позволяющая моделировать нестационарные промышленные процессы стохастическими методами в условиях действующего предприятия. Предложен эффективный инструмент исследования нестационарных промышленных процессов, позволяющий на основе статистических характеристик делать выводы о наличии и характере нестационарности процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оспанова А. Математическое моделирование процессов производства полистирольных пластиков в реакторах смещения. Алматы. 2001. 109 с.
2. Оспанова А.О., Штейнберг Ш.Е. Идентификация параметров математической модели промышленного реактора полимеризации стирола с учетом коррелированности помех // Вопросы промышленной кибернетики. М., 1976. № 48. С. 37-38.
3. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. М.: Мир, 1974. 84 с.
4. Бокс Дж., Джексон Г. Анализ временных рядов. М.: Мир, 1974. Вып. 1. С. 72-74.
5. Оспанова А.О. Адаптивная идентификация процессов полимеризации Поиск. Алматы, 2001. № 4-5. С. 156-161.
6. Оспанова А.О., Кокетаев А. Идентификация математической модели процессов химической технологии // Промышленность Казахстана. Алматы, 2004. № 3. С. 88-89.

Резюме

Жұмыс істеп тұрған өнеркәсіп жағдайында стационарлы емес өндірістік үрдісті үлгілеудің полимерлеу әдісі қарастырылған. Корреляциялық функция негізінде өндірістік реактор өлшемдері есептелінген. Онда коэффициент үлгісінің алгоритм есебі қарастырылған.

Summary

The modelling technique of non-stationary industrial processes of polymerization under conditions of the operating enterprise has been developed. On the basis of correlation functions, being counted on a sliding interval according to the measurements from an industrial reactor, weight functions, using the algorithm of calculation of the model factors has been offered.

УДК 66.045.678.027

ЮКГУ им. М. Ауезова,
г. Шымкент

Поступила 11.03.2011г.