

УДК 622.817

**ОБНАРУЖЕНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В КОНТРОЛИРУЕМОМ ОБЪЕКТЕ****Кан О.А., Жаркимбекова А.Т., Кадилова Ж.Б., Жаксыбаева С.Р.,  
Жолмагамбетова Б.Р.***Карагандинский государственный технический университет, Караганда, e-mail: aighan@mail.ru*

Рассмотрены вопросы оперативного обнаружения отклонений параметров технологического процесса от заданного поля допусков. В качестве критерия обнаружения использована оценка дисперсии случайного процесса. Важной задачей является выбор интервала опроса контролируемых датчиков. Получена зависимость коэффициента сглаживания от изменяющегося интервала опроса датчиков. Полученные соотношения позволяют использовать оператор экспоненциального сглаживания при изменяющемся интервале опроса контролируемых датчиков.

**Ключевые слова:** Автоматический контроль, обнаружение отклонений, критерии опроса, текущая дисперсия, коэффициент сглаживания**DETECTING TECHNOLOGICAL PROCESS PARAMETERS DIVERGENCES IN CONTROLLED OBJECT****Kan O.A., Zharkimbekova A.T., Kadirova Z.B., Zhaksybayeva S.R.,  
Zholmagambetova B.R.***Karaganda State Technical University, Karaganda, e-mail: aighan@mail.ru*

There are considered the issues of operative detecting of the technological process parameters deflection from the given field of allowances. As a criterion of the detecting there is used the estimate of a random process dispersion. An important task is selecting the interval of the controlled sensors scanning. There has been obtained a dependence of the smoothing factor on the sensors scanning changing interval. The relations obtained permit to use an operator of exponential smoothing with the changing interval of the controlled sensors scanning.

**Keywords:** Automatic control, detection of deviations, criteria of poll, current dispersion, smoothing coefficient

Одной из важнейших задач функционирования системы автоматического контроля и управления технологическими процессами является оперативное обнаружение отклонений параметров технологического процесса от заданного поля допусков. Информация от датчиков поступает на управляющую вычислительную машину, где обрабатывается, после чего выдаются управляющие сигналы на исполнительные механизмы в случае отклонения от нормального хода технологического процесса или аварийных ситуаций. Одна из главных задач состоит в своевременном обнаружении отклонений технологического процесса от заданного поля допусков.

Следует отметить, что параметры контролируемых технологических процессов носят случайный характер, а при возникновении тревожных и аварийных ситуаций, носят ярко выраженный нестационарный характер, как по математическому ожиданию, так и по дисперсии.

Существующий интегральный метод обнаружения нестационарности в случайном контролируемом процессе не позволяет своевременно обнаруживать отклонения от заданного поля допусков, так как требует накопления показаний датчиков за опреде-

ленный промежуток времени, что приводит к задержке обнаружения отклонения технологических параметров. Сущность интегрального метода заключается в том, что в качестве критерия обнаружения нестационарности в случайном контролируемом процессе  $X(t)$  принимается площадь  $S(t)$ , ограниченная  $X(t)$  и сглаженной реализацией  $\bar{X}(t)$ . Если величина площади отклонения  $S(t)$  больше некоторого критического значения  $\xi$ , то принимается решение о наличии отклонения (нестационарности) от заданного поля допусков.

В работе предлагается использование оценки дисперсии случайного процесса в качестве критерия обнаружения нестационарности, который значительно быстрее реагирует на изменения в контролируемом процессе, чем интегральный метод.

В реальных условиях контролируемые процессы являются случайными, содержащими полезный сигнал и помехи. Для решения задачи оперативного обнаружения нестационарности необходимо вычислять сглаженные значения и дисперсии случайных процессов изменения контролируемых параметров с целью выделения полезного сигнала от помех.

Один из известных способов, используемых для получения оценок среднего значения и дисперсии на основе  $n$  независимых измеренных значений контролируемого случайного процесса, заключается в вычислении оценок по формулам:

$$\bar{X}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{D}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_n)^2 \quad (1)$$

Недостатком вычислений параметров по формулам (1) является необходимость накапливания значений данных за определенный промежуток времени, что приводит к задержке обнаружения существенных нестационарностей в контролируемом случайном процессе.

Оценку сглаженного значения можно вычислять с помощью известного оператора экспоненциального сглаживания [1]

$$\bar{x}_n = \alpha x_n + (1 - \alpha) \bar{x}_{n-1}, \quad (2)$$

где  $\alpha = i/n$ .

Выражение по формуле (2) позволяет вычислять сглаженное значение  $\bar{x}_n$  в режиме реального времени без накопления промежуточных данных, т.е. без задержки. Для этого требуется только знание текущего значения контролируемого параметра и сглаженное значение вычисленное на предыдущем такте опроса датчиков.

Для определения оценки дисперсии без накопления сумм можно использовать выражение полученное в [2]:

$$\bar{D}_n = \alpha (x_n - \bar{x}_n)^2 + (1 - \alpha) \bar{D}_{n-1}. \quad (3)$$

При моделировании вычислялись оценки сглаженного значения и дисперсии по формулам (2), (3). В случае, когда замеры  $X_i$  снимаются через равные промежутки времени ( $\Delta t = \text{const}$ ), имеем  $\alpha = \text{const}$ .

На рисунке 1 показаны результаты моделирования процесса обнаружения нестационарности в случайном контролируемом процессе. Сглаживание необходимо для отделения полезного сигнала от помех.

Вычисление дисперсии  $D_i$  (см. рис. 1) позволяет определить момент наступления существенной нестационарности в условиях аддитивных помех гораздо быстрее, чем интегральным методом. Решение о начале нестационарности принимается при условии  $D_i > \xi$ . Величина  $\xi$  уточняется в процессе эксплуатации системы для каждого контролируемого объекта в реальных условиях.

Например, после очередного вычисления оценки дисперсии по формуле (3) при  $n=57$  ( $n$  – количество независимых измеренных значений контролируемого случайного процесса) получено значение  $D_i > \xi$

(см. рис. 1). В результате принимается решение, что обнаружено отклонение технологического процесса от заданного поля допусков. для повышения надежности обнаружения отклонения следует формировать управляющие сигналы после трех и более подряд идущих превышений дисперсии допустимой нормы.

Кроме того, для повышения быстродействия обнаружения отклонений от заданного поля допусков следует использовать адаптивную дискретизацию контролируемых процессов ( $\Delta t \neq \text{const}$ ), при которой частота опроса контролируемых датчиков меняется в зависимости от изменения их показаний.

При изменении интервала опроса датчиков меняется коэффициент сглаживания  $\alpha$ . В этой связи необходимо определить зависимость коэффициента  $\alpha$  для выражений (2), (3) от параметров  $\Delta t$ ,  $T$ . Оператор (2) является дискретным аналогом аperiodического звена первого порядка с постоянной времени  $T$  и коэффициентом усиления равным единице. Решение дифференциального уравнения, описывающего такое звено, имеет вид:

$$\tilde{x}(t) = \frac{1}{T} \int_0^t e^{-\frac{t-\tau}{T}} x(\tau) d\tau, \quad (4)$$

где  $x(\tau)$ ,  $\tilde{x}(t)$  – процессы, соответственно на входе и выходе звена.

При подаче на вход звена единичной ступенчатой функции  $x(\tau)=1$  из выражения (4) получим

$$\tilde{x}(t) = 1 - e^{-t/T}$$

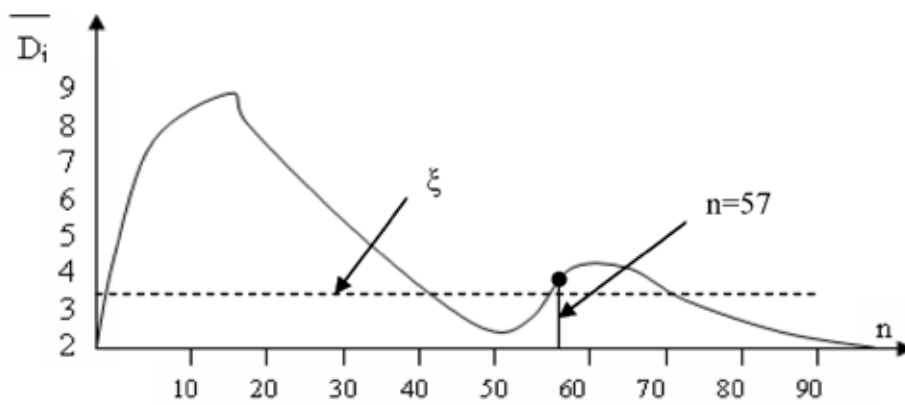
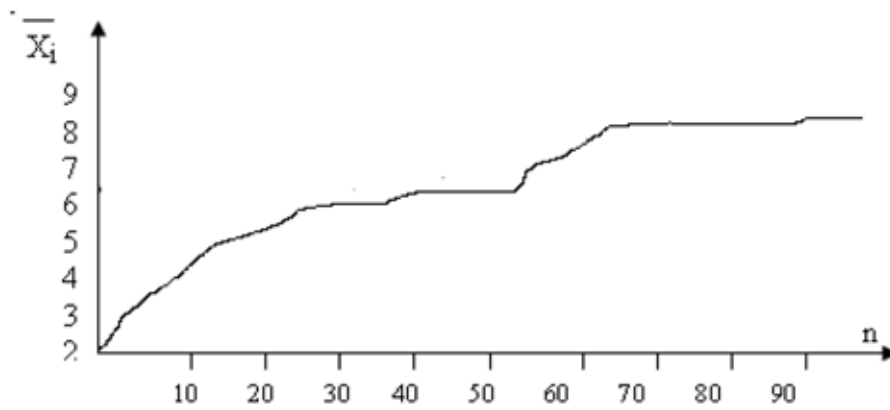
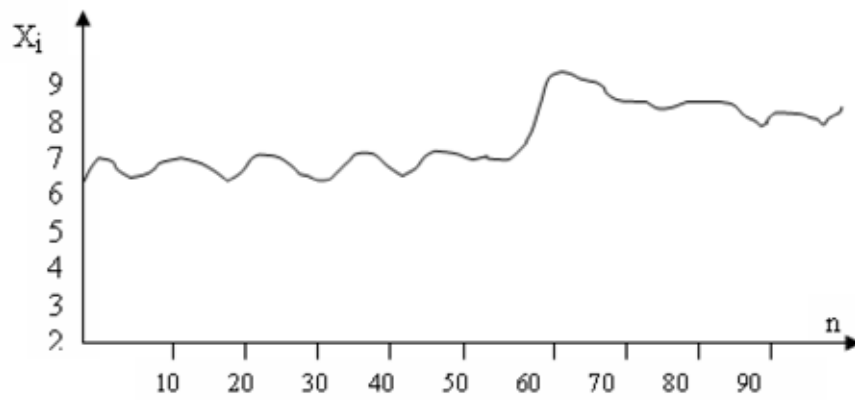
Переходя к дискретному представлению при  $t_n = n \cdot \Delta t$  и раскрывая рекуррентную формулу (2) получим

$$\alpha = 1 - e^{-\frac{\Delta t}{T}} \quad (5)$$

Важность полученной формулы (5) заключается в том, что она характеризует зависимость коэффициента сглаживания  $\alpha$  от заданной постоянной времени сглаживания  $T$ , при изменяющемся интервале времени между измерениями показаний датчика  $\Delta t$ .

Следует отметить, что использование формулы (5) сопряжено с определенными трудностями, так как она требует подключения подпрограммы вычисления экспоненты. для устранения этой проблемы разложим функцию  $e^{(-\Delta t/T)}$  в степенной ряд вида:

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \dots + \frac{x^n}{n!} + \dots$$



*Моделирование процесса обнаружения нестационарности*

После разложения функции в степенной ряд и несложных преобразований получим более простую формулу:

$$\alpha = \frac{\Delta t}{T + L\Delta t}, \quad (6)$$

где  $L$  – нормирующий коэффициент ( $0 \leq L \leq 1$ ).

В процессе моделирования на ЭВМ было получено значение  $L = 0,582$ , при котором погрешность вычисления  $\alpha$  по формуле (6) по сравнению с (5) не превышает 1%. Таким образом, мы получили зависимость

$$\alpha = \frac{\Delta t}{T + 0,582\Delta t}. \quad (7)$$

Полученная зависимость (7) позволяет использовать оператор экспоненциального сглаживания для оперативного вычисления сглаженных значений и дисперсий контро-

лируемых процессов при изменяющемся интервале опроса датчиков. Один из вариантов алгоритма адаптивного опроса датчиков предложен в работе [2].

Оперативное обнаружение отклонений параметров контролируемого процесса от заданного поля допусков дает возможность для своевременной выработки управляющих воздействий на исполнительные механизмы, что повышает эффективность и надежность функционирования автоматической системы контроля и управления технологическими процессами.

#### Список литературы

1. Романенко А.Ф., Сергеев Г.А. Вопросы прикладного анализа случайных процессов. – М.: изд-во «Советское радио», 1968. – 256 с.
2. Кан О.А. Организация адаптивного опроса датчиков в автоматизированной системе газового контроля // Автоматика и информатика. – № 1-2. – 2002. – С. 32-33.