ЭКОНОМИКА И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, 2007, том 43, № 1, с. 129–132

ЗАМЕТКИ И ПИСЬМА

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПРОЦЕССОМ С УЧЕТОМ ЕГО ПЕРЕНАСТРОЙКИ

© 2007 г. О. М. Розенталь, Е. Д. Копнова

(Москва)

Успешное функционирование производственной системы требует разработки экономически эффективного режима управления в рамках действующих технологических нормативов. В (Розенталь, Копнова, 2006) была предложена методика выбора целевого значения контролируемого показателя с учетом затрат, вызванных нарушением одного из нормативов, для случая стабильного производства. Здесь будет рассмотрен общий случай, учитывающий изменения во времени характеристик производства, который предполагает периодическую перенастройку целевого уровня технологического процесса в соответствии с принципами робастного проектирования (Khosrow, 2002). Оптимизация процесса означает выбор наилучшего графика перенастройки по критерию максимума прибыли.

В качестве наблюдаемой переменной рассматривается показатель безопасности продукции X, изменяющийся в соответствии с гауссовским процессом $X_t \sim N(m_t, \sigma)$, $\sigma = \text{const}$. В (Розенталь, Копнова, 2006) предполагалось, что случайный процесс является стационарным ($m_t = m = \text{const}$), что характерно для стабильного производства. Был установлен оптимальный уровень контролируемого показателя $m = x_{\text{опт}}$, соответствующий минимуму суммарных затрат и максимуму прибыли. Установлены значения $m = x_{min}$ и $m = x_{max}$, ограничивающие зону, в пределах которой гарантирована положительная прибыль.

Пусть теперь условие $m_t = \text{const}$ не выполняется (рис. 1). Тогда для обеспечения максимальной рентабельности производства необходимо оптимизировать регулирование тренда процесса m_t, удерживая его в определенных пределах $m_t \in [x_1, x_2]$ путем периодической перенастройки. Предполагается, что перенастройка производится так, что $x_1 \in [x_{min}, x_{\text{опт}})$, $x_2 \in (x_{\text{опт}}, x_{max}]$ и $P(x_1) = P(x_2)$, где $P(\cdot)$ – прибыль, получаемая от реализации продукции. Требуется найти оптимальное значение x_1, при котором достигается максимум прибыли $P_D(\Delta x)$ с учетом дрейфа процесса на промежутке $\Delta x = x_2 - x_1$.

Величина $P_D(\Delta x)$ определяется из соотношения $P_D(\Delta x) = P(\Delta x) - V(\Delta x)$, где V – затраты на перенастройку процесса (сервис), которые возрастают при необходимости обеспечения высококачественного процесса с малым значением Δx и снижаются при увеличении Δx. В простейшем случае используют формулу $V(\Delta x) = k/\Delta x$, где k определяется технологическими условиями производства.

Величина $P(\Delta x)$ при дрейфе процесса на промежутке Δx без учета затрат на сервис зависит от следующих величин:

– среднего на Δx значения экономического ущерба за счет санкций (например, со стороны органов контроля $Y(\Delta x)$ (Розенталь, Копнова, 2006)),

– цены реализованной продукции $S(\Delta x)$,

– затрат на обеспечение безопасности $Z(\Delta x)$, взятых по максимуму, т.е. $Z(\Delta x) = Z(x_1)$.

Оптимизация процесса очистки воды

Абсолютно стабильный процесс			Дрейфующий процесс		
Показатель	$\sigma = 0.09$	$\sigma = 0.06$	Показатель	$\sigma = 0.09$	$\sigma = 0.06$
x_{min}	0.630	0.630	$x_{1\text{опт}}$	0.703	0.774
x_{max}	0.760	0.840	$x_{2\text{опт}}$	0.738	0.816
$x_{\text{опт}}$	0.730	0.810	$\delta_{\text{опт}}x = (x_{\text{опт}} - x_{1\text{опт}})$	0.027	0.036
P_{max}	1.495	2.468	P_{Dmax}	0.499	1.529

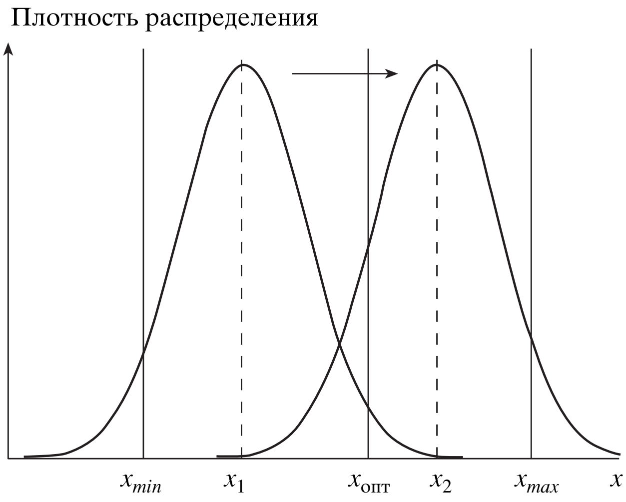

Рис. 1.

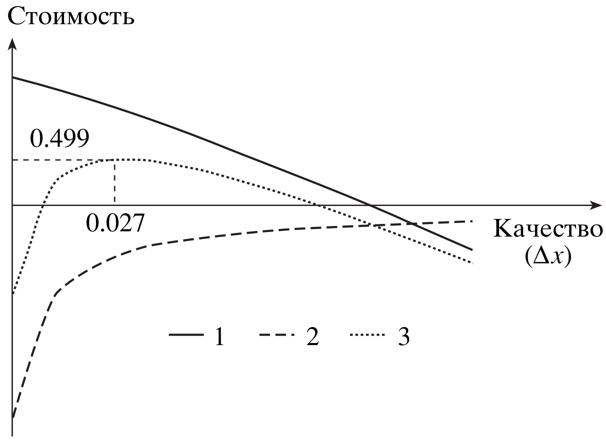

Рис. 2. $\sigma = 0.09$, 1 – прибыль от реализации продукции без учета сервиса P, 2 – стоимость сервиса V, учтенная с минусом, 3 – прибыль с учетом сервиса P_D.

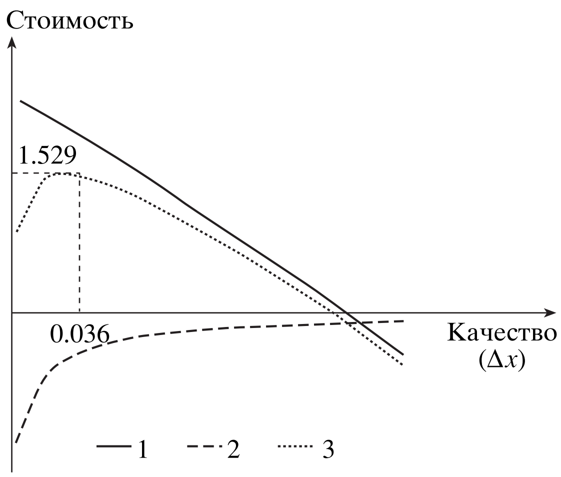

Рис. 3. $\sigma = 0.06$, 1 – прибыль от реализации продукции без учета сервиса P, 2 – стоимость сервиса V, учтенная с минусом, 3 – прибыль с учетом сервиса P_D.

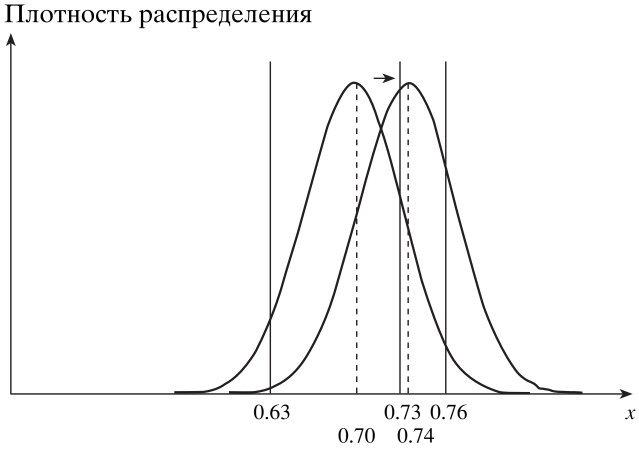

Рис. 4. $\sigma = 0.09$.

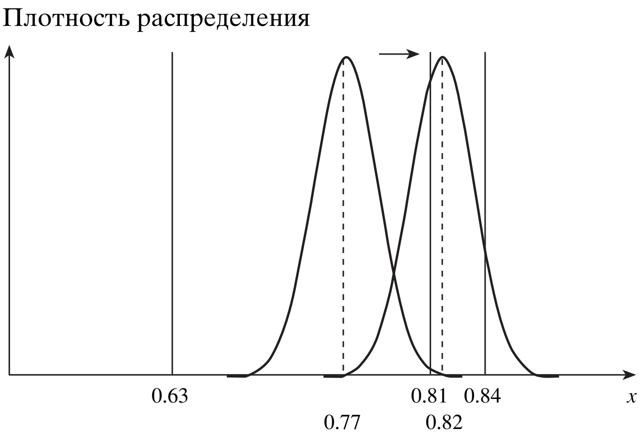

Рис. 5. $\sigma = 0.06$.

Таким образом:

$$P_D(\Delta x) = \int\limits_{s(x_1)}^{s(x_2)} sg(s)ds - \left(Z(x_1) + \int\limits_{y(x_1)}^{y(x_2)} yf(y)dy \right) - k/\Delta x,$$

где $Y(\Delta x)$, $S(\Delta x)$ определяются с учетом заданных распределений.

Приведенный алгоритм иллюстрируется расчетами по данным примера, приведенного в (Розенталь, Копнова, 2006). Вычисления проводились в предположении равномерного распределения величины экономического ущерба Y на каждом промежутке Δx, неизменности цены S реализованной продукции в интервале изменения контролируемого показателя и при $k = 0.02$. Результаты расчетов приведены на рис. 2, 3 и в таблице.

Анализ данных показывает, что учет дрейфа процесса приводит к снижению прибыли. Так, при $\sigma = 0.09$ фактическая прибыль меньше ожидаемой в модели стабильного процесса в три раза. Это свидетельствует о важности учета нестабильности производства, в особенности на стадии проектирования, путем определения оптимального значения параметра σ, поскольку, как видно из таблицы, уменьшение его значения всего на 30% позволяет более чем втрое увеличить прибыль.

Как видно из рис. 4, 5, повышение качества процесса путем уменьшения σ не только смещает оптимальные значения контролируемого показателя безопасности к его нормативным значениям, но также и позволяет увеличить зону дрейфа, что во многих случаях экономически оправдано.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Розенталь О.М., Копнова Е.Д. (2006): Экономически эффективное управление производством продукции, удовлетворяющей нормативным требованиям // *Экономика и мат. методы*. Т. 42. Вып. 1.

Khosrow D. (2002): Quality Control, Robust Design, and the Taguchi Method. Belmont: Published by Wadsworth Pub. Co.

Поступила в редакцию
01.11.2005 г.