

Мининг С. Э., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

ФГУП ВИОГЕМ, г. Белгород

Редькин Г. М., д-р техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕГО ПАРАМЕТРОВ

kilogachev@intbel.ru

Приводятся постановка задачи, формулы для определения ущерба от погрешностей измерений при оптимизации производства и для оценки эффективности точности измерений производственно-технологических параметров. Формулы могут быть использованы при установлении оптимальной точности измерений, сравнении вариантов, характеризующихся разной точностью определения исходных данных, расчете экономической эффективности новой измерительной техники, математического моделирования производственных процессов и т.п. Прилагается численный пример определения ущерба при оптимизации потерь полезного ископаемого на открытых горных работах.

Ключевые слова: эффект, ущерб, оптимизация, целевая функция, параметр, минерализация, математическое ожидание, дисперсия, ковариация.

1. Постановка задачи

Производственно-технологические, службы горностроительных предприятий в процессе своей деятельности постоянно выполняют работы по измерению тех или иных параметров и по оценке их точности с целью установления соответствия фактических значений плановым или проектным величинам. На основании результатов измерений судят о выполнении предприятием плана, производят оплату отдельных категорий трудящихся, устанавливают правильность ведения горных работ в соответствии с проектом, поддерживают оптимальный режим деятельности предприятия.

Повышение точности измерений требует использования более совершенных и дорогих приборов, применения более трудоемких методов и, как правило, вызывает удорожание съемочных работ. Дополнительные затраты также необходимы при повышении точности управления предприятия в оптимальном режиме. Тем не менее, вся деятельность служб направлена на увеличение точности определяемых результатов. В связи с этим возникает вопрос, как определить экономическую эффективность повышения точности измерений и оптимального управления предприятием. Ответив на этот вопрос, можно решать такие задачи, как эффективность применения математического моделирования производственных процессов, сравнение вариантов, характеризующихся разной точностью определения исходных данных, установлении

оптимальной точности измерений, расчет экономической эффективности новой измерительной техники и т. д.

Точность определения параметров влияет, прежде всего, на эффективность оптимизации производства. Для уяснения сути задачи, рассмотрим наиболее простой пример.

Пусть оптимальный режим производства достигается при максимуме целевой функции $z = \Phi(y)$, которая зависит от одной переменной y (рис. 1, а).

Такой функцией может быть прибыль, объём товарной продукции и др. При безошибочном определении y и безошибочном управлении могли бы работать точно в оптимальном режиме y^0 , и результат производственной деятельности соответствовал бы максимальному значению целевой функции $z^0 = \max_y \Phi(y)$. Если вслед-

ствие ошибок управления y работаем в интервале $|y - y^0| < \sigma_1$, где σ_1 - стандарт, или среднее квадратическое отклонение, то среднее значение целевой функции $M\Phi(y, D_1 y)$ на этом интервале будет: меньше z^0 , зависеть от дисперсии $\sigma_1^2 = D_1 y$, и ущерб от погрешности измерения y составит

$$Y_1 = \max_y \Phi(y) - M\Phi(y, D_1 y) \quad (1)$$

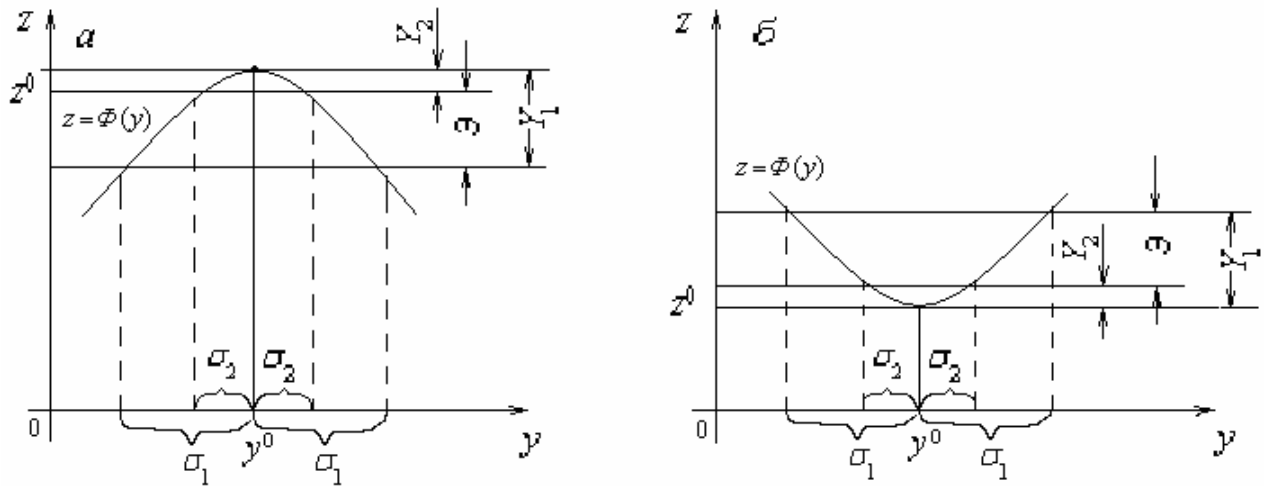


Рисунок 1. Схема для расчета эффекта Δ от повышения точности определения параметра y при оптимизации: a $\Phi(y)$; b $\Phi(y)$

$$|y - y^0| < \sigma_2.$$

$$Y_2 = \max_y \Phi(y) - M\Phi(y, D_2y) \quad (2)$$

(1, a)

$$\Delta = Y_1 - Y_2 \quad (3)$$

$$z = \Phi(y),$$

$$(D_1y \quad D_2y).$$

1, б).

$$Y_1 = M\Phi(y, D_1y) - \min_y \Phi(y), \quad (4)$$

$$Y_2 = M\Phi(y, D_2y) - \min_y \Phi(y). \quad (5)$$

$$Z = \bar{\Phi}(\bar{x}, \bar{y}), \quad (6)$$

$$\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad \bar{y} = (y_1, y_2, \dots, y_m)$$

2. Определение ущерба от погрешностей измерений или управления в оптимальном режиме

$$Y = M \max_y \Phi(\bar{x}; \bar{y}) - M\Phi(\bar{x}; \bar{y}), \quad (7)$$

(3) [1], Y (7)

$$Y = \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^n (c_{ii} + \mathcal{G}_{ii}) Dx_i - \sum_{j=1}^m b_{jj} Dy_j \right) + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n (c_{ik} + \mathcal{G}_{ik} / 2) Kx_i x_k +$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_{i=2}^n \sum_{k=j-1}^{n-1} \mathcal{G}_{ik} Kx_i x_k - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{ij} Kx_i y_j - \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{l=j+1}^m b_{jl} Ky_j y_l. \tag{8}$$

$$c_{ik} = \sum_{j=1}^m (d_{ij} \cdot \alpha_{jk} + d_{jk} \cdot \alpha_{ji}), \quad c_{ii} = 2 \sum_{j=1}^m d_{ij} \cdot \alpha_{ji}, \quad \mathcal{G}_{ik} = \sum_{j,l=1}^m b_{jl} \cdot \alpha_{ji} \cdot \alpha_{lk},$$

$$\mathcal{G}_{ii} = \sum_{j,l=1}^m b_{jl} \cdot \alpha_{ji} \cdot \alpha_{li}, \quad b_{jl} = \frac{\partial^2 \Phi(\bar{M}x; \bar{y}^0)}{\partial y_j \partial y_l}, \quad d_{ij} = \frac{\partial^2 \Phi(\bar{M}x; \bar{y}^0)}{\partial x_i \partial y_j}, \tag{9}$$

$$a_{ji} = \frac{\partial \varphi_j(\bar{M}x)}{\partial x_i} \quad i, k = 1, 2, \dots, n, \quad j, l = 1, 2, \dots, m,$$

$\varphi_j(\bar{x})$

$$\frac{\partial \Phi(\bar{x}; \bar{y})}{\partial y_1} = 0; \quad \frac{\partial \Phi(\bar{x}; \bar{y})}{\partial y_2} = 0; \dots; \quad \frac{\partial \Phi(\bar{x}; \bar{y})}{\partial y_m} = 0. \tag{10}$$

(8) Dx_i, Dy_j

, $Kx_i x_k, Kx_i y_j, Ky_j y_l$

$$Y = \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^n (c_{ii} + \mathcal{G}_{ii}) Dx_i - \sum_{j=1}^m b_{jj} Dy_j \right). \tag{11}$$

3. Ущерб при линеаризации условий оптимальной работы предприятия

Следствие.

$(i = 1, 2, \dots, n)$
 $(j = 1, 2, \dots, m)$

x_i
 y_i

$$y_1 = \varphi_1(x_1, x_2, \dots, x_n), y_2 = \varphi_2(x_1, x_2, \dots, x_n), \dots, y_m = \varphi_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \tag{12}$$

$$\bar{x}. \tag{12}$$

$$y_1^0 = \varphi_1(\bar{M}x), y_2^0 = \varphi_2(\bar{M}x), \dots, y_m^0 = \varphi_m(\bar{M}x), \tag{13}$$

$$\bar{M}x = (Mx_1, Mx_2, \dots, Mx_n) \tag{8}$$

$$(13) \bar{y}$$

$$\left(\bar{M}x; \bar{y}^0 \right), \quad Dy_j, (j = 1, 2, \dots, m)$$

$$Dx_i, (i = 1, 2, \dots, n); \tag{2].$$

(12)

$$\left(\overline{Mx}; \overline{y}^0\right)$$

(9)

$$y_j = y_j^0 + \sum_{i=1}^n \alpha_{ji}(x_i - Mx_i), j = 1, 2, \dots, m. \quad (14)$$

(17)

$$\overline{x} \quad 1 [3], \dots$$

$$r_{x_i y_j} = \frac{Kx_i y_j}{\sqrt{Dx_i \cdot Dy_j}} = 1, \quad (15)$$

$$Kx_i y_j = \sqrt{Dx_i \cdot Dy_j} \quad (16)$$

(8) Y (16).

4. Ущерб при оптимизации потерь полезного ископаемого

$$\begin{aligned} \Pi &= m_1 k^2 + n_1; \\ B &= m_2 (1-k)^2 + n_2, \end{aligned} \quad (18)$$

k - ; m_1, n_1, m_2, n_2 -

(17), (18)

$$\begin{aligned} &= 0 \left(-(m_1 k^2 + n_1) + m_2 (1-k)^2 + n_2 \right) - \\ &- 3_1 [-(m_1 k^2 + n_1) + m_2 (1-k)^2 + n_2] - 3_2. \end{aligned} \quad (19)$$

k - , -

(11), -

$$Y = \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^{12} (c_{ii} + g_{ii}) Dx_i - b_{11} Dy_1 \right). \quad (20)$$

(20), (9), (10) -

$$= 0 \left(- + \right) - 1 [- +] - 2, \quad (17)$$

0 - , . . ;

- , ;

, . ;

- , . ;

; , , -

3₁ - , . . / ;

3₂ - , . / . ..

$$Y = \frac{1}{2} (0,95 + 0 + 0,16 + 23,8 + 0,17 + 0 + 0,04 + 0 + 0,08 + 0 + 0 + 0 + 82,0) = 53,6. \quad (22)$$

, -

(21), (22) 53,6 - k - b -

Y,

Показатели и их характеристики

$y_1 = k$,	-	0,01
$x_1 = E$,	0,7	0,0002
$x_2 = C$,	0,5	0,0004
$x_3 = C_{II}$,	0,5	0,0006
$x_4 = B$,	0,15	0,0010
$x_5 = z_1$, . . .	2,60	0,0004
$x_6 = z_2$,	14000	2500
$x_7 = m_1$, . . .	1192	400
$x_8 = n_1$, . . .	50	25
$x_9 = m_2$, . . .	916	300
$x_{10} = n_2$, . . .	38	25
$x_{11} = C_0$, . . .	15	0
$x_{12} = B$, . . .	10000	0

5. Выводы

1.

4.

2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мининг, С.Э.

213.

2. Мышкис, А.Д.

3.

3. Гмурман, В.Е.