

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРИЦЕЛЬНО-НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Принятие проектных решений и оценка эффекта их реализации при разработке и модернизации прицельно-навигационных комплексов (ПНК) является важной стратегической задачей.

Приближенно критериальную функцию F и функцию ограничения Φ ПНК можно представить в следующем виде:

$$\begin{cases} F = \sum_s \gamma_s \left(1 + \frac{\alpha_s}{\gamma_s} \ln \frac{d_s^u}{d_s} \right) \left(1 + \frac{\beta_s}{\gamma_s} \ln \frac{q_s^u}{q_s} \right) \rightarrow \min, \\ \Phi = 1 - e^{-u} (1 - e^{-y}) - \sum_s \frac{q_s}{p_s} e^{-u} (1 - e^{-y}) \leq 1 - P \end{cases}, \quad (1)$$

где s – множество индексов всех компонент системы, d_s – дисперсия ошибки s -ого устройства, q_s – вероятность отказа s -ого устройства; α, β, γ – весовые коэффициенты, определяемые методом наименьших квадратов по ряду устройств с одинаковыми функциями; $u = \sum_s q_s$, $v = \sum_s d_s$, $y = \frac{P}{v}$; P – вероятность выполнения тактической задачи.

Используя свойство робастности, можно найти начальное приближение как решение упрощенной задачи:

$$\begin{cases} \bar{F} = T - \sum_s (\alpha_s \ln d_s + \beta_s \ln q_s) \rightarrow \min, \\ \bar{\Phi} = 1 - (1 - e^{-y}) e^{-u} \leq 1 - P \end{cases}, \quad (2)$$

где T – постоянная составляющая.

Можно выделить две ситуации возникновения необходимости модернизации:

- изменение требований к ПНК;
- появление новых классов устройств с лучшими характеристиками.

При любой из данных ситуаций можно предложить два метода решения: частичная и полная модернизация. При частичной модернизации заменяется лишь часть устройств. При глубокой модернизации весь комплекс разрабатывается заново.

Можно предложить следующий вариант решения задачи выбора метода модернизации: определить оптимальные параметры и, затем, стоимость комплекса при глубокой модернизации, определить оптимальные параметры и стоимость комплекса при частичной модернизации и, задавшись математическим выражением критерия эффективности, сравнить эти два варианта.

Задача глубокой модернизации соответствует задаче проектирования комплекса, так как перераспределяются все требования. В [1] показано, что начальное приближение задачи выбора параметров ПНК можно найти, решив следующее уравнение относительно z .

$$\ln \frac{z-1}{Pz} - \frac{B}{A} \cdot \frac{\ln z}{z-1} = 0, \quad (3)$$

где

$$z = e^y, A = \sum_s \alpha_s, B = \sum_s \beta_s. \quad (4)$$

Получив решение z^* , можно определить значения параметров распределения.

$$y = \ln z^* \quad , \quad v = \frac{P}{y} \quad , \quad u = \frac{B}{A} \cdot \frac{y}{z^* - 1} .$$

В работе [2] показано, что при частичной модернизации уравнение (3) приобретает следующий вид:

$$\ln \frac{z-1}{Pz} - u_0 = \frac{B_1}{A_1} \frac{\ln z}{z-1} \left(1 - \frac{\ln z}{\ln z_0}\right) . \quad (5)$$

Параметры комплекса определяются по формулам (4).

Для оценки эффекта снижения стоимости от модернизации можно использовать формулу

$$E = \frac{F' - F}{F} , \quad (6)$$

где F' – стоимость комплекса после модернизации, а F – стоимость до модернизации.

Для сравнения различных вариантов модернизации между собой можно вычислять относительный эффект:

$$E = \frac{\sum_s (\alpha_s \ln d_s + \beta_s \ln q_s) - \sum_s (\alpha_s^H \ln d_s^H + \beta_s^H \ln q_s^H)}{\sum_s (\alpha_s \ln d_s + \beta_s \ln q_s)} , \quad (7)$$

где индекс H соответствует параметрам системы после модернизации.

Таблица 1. Удельные коэффициенты стоимости устройств комплекса до и после модернизации.

α_0	4,55	4,15	2,40	4,90	5,05	5,85	6,90
β_0	5,60	2,90	2,65	2,85	6,95	8,20	8,35
α_1^H	3,6	3,3	1,9	-	-	-	-
β_1^H	4,4	2,3	2,1	-	-	-	-
α_2^H	2,27	2,05	1,20	-	-	-	-
β_2^H	2,80	2,00	1,30	-	-	-	-

Данная методика была опробована для расчета вариантов модернизации одной из систем (табл. 1). Первые две строки таблицы соответствуют исходным параметрам системы. Следующие две строки соответствуют модернизации при незначительном удешевлении устройств. Нижние две строки соответствуют существенному удешевлению устройств.

Значения относительной эффективности приведены в табл. 2. Окончательное решение о модернизации (частичная или полная) следует принимать с учетом затрат и планируемого объема выпуска.

Таблица 2. Значение коэффициента эффективности E для двух случаев модернизации.

Удешевление	Частичная	Полная
Незначительное	0,072	0,074
Значительное	0,164	0,174

ЛИТЕРАТУРА:

1. Однобоков В.В. и др. Математические методы внешнего проектирования сложных систем // Информационно-управляющие системы, 2003 г., №2-3. - С.39-44.
2. Полетаев Д.И., Смирнов Ю.М. Параметрический синтез при глубокой модернизации радиоэлектронных комплексов // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник докладов научно-практической конференции. Том 3. СПбГПУ, 2007. - С. 102-106.