

01.00.00 Physico-mathematical Sciences

01.00.00 Физико-математические науки

UDC 519.8

OPTIMIZATION OF THE SAFETY COST FOR TECHNICAL SYSTEMS BY THE CRITERION OF MINIMUM RISK*

Nikolay A. Baranov

Institution of Russian Academy of Sciences Dorodnicyn Computing Centre of RAS
119333, Moscow, Vavilova str., 40
The doctor of technical sciences
E-mail: banial@yandex.ru

The problem of management by costs for safety of technical system's functioning is considered. The minimum risk during system operation is chosen as criterion of optimization.

Keywords: minimum risk, safety, cost optimization.

Предполагается, что техническая система является системой многоуровневого применения и выполняет возлагаемую на нее целевую задачу с интенсивностью $\mu \in \mathbb{R}_+$. Выполнение задачи характеризуется показателем эффективности w , который характеризует прибыль, получаемую в результате выполнения системой своего функционального назначения.

Предполагается, что множество состояний системы может быть параметризовано скалярным параметром $s \in [0, 1]$.

С вероятностью $\pi_j \in [0, 1]$ в процессе решения задачи может произойти неблагоприятное событие z_j . Эта вероятность зависит от состояния системы s , а также от затрат $\alpha_j Q$ на создание механизмов предотвращения неблагоприятного события z_j . Здесь Q – суммарные затраты на создание системы безопасности функционирования системы, а α_j – доля затрат, направленных на предотвращение именно события z_j .

В результате события z_j система наносит некоторый суммарный ущерб d_j , и с вероятностью $p_j \in [0, 1]$ из состояния s переходит в состояние σ . Кроме того, в процессе эксплуатации происходят изменения состояния системы в силу процессов старения и износа с интенсивностью $\lambda \in \mathbb{R}_+$.

Тогда изменение вероятности того, что в момент времени t система будет находиться в состоянии s , описывается уравнением вида

* Работа выполняется при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10-07-00381) и программы фундаментальных исследований ОМН РАН № 3.

$$\frac{\partial p(\alpha, t)}{\partial t} = \int_0^s \left[\lambda(\alpha, s) + \mu \left(\sum_{j=1}^n \pi(\alpha_j, Q, s) p_j(\alpha, s) \right) \right] p(\alpha, t) ds -$$

$$- p(\alpha, t) \int_s^1 \left[\lambda(\alpha, \sigma) + \mu \left(\sum_{j=1}^n \pi(\alpha_j, Q, s) p_j(\alpha, \sigma) \right) \right] d\sigma.$$

Предполагается, что эксплуатация системы продолжается до момента достижения системой состояния s_{\lim} .

Изменение текущего ожидаемого суммарного ущерба, связанного с возникновением неблагоприятных событий, описывается уравнением:

$$\frac{dR(\alpha, Q, t)}{dt} = \mu \left(\sum_{j=1}^n d_j \int_0^{s_{\lim}} \pi(\alpha_j, Q, s) p(\alpha, t) ds \right).$$

В тоже время в процессе эксплуатации будет изменяться и текущая суммарная прибыль, изменение которой описывается уравнением вида

$$\frac{dW(\alpha, Q, t)}{dt} = w \mu \left(\int_0^{s_{\lim}} p(\alpha, t) \left(1 - \sum_{j=1}^n \pi(\alpha_j, Q, s) \right) ds \right).$$

В соответствии с уравнениями, описывающими изменение текущих затрат и текущей прибыли от эксплуатации системы, общие затраты $C(\alpha, Q)$ и прибыль $W(\alpha, Q)$ за все время жизненного цикла с учетом затрат Q на обеспечение безопасности функционирования системы будут равны

$$C(\alpha, Q) = Q + R(\alpha, Q) = Q + \lim_{t \rightarrow \infty} R(\alpha, Q, t), \quad W(\alpha, Q) = \lim_{t \rightarrow \infty} W(\alpha, Q, t).$$

Оптимальный уровень затрат Q^* на обеспечение безопасности и оптимальное распределение α^* этих затрат для решения задач по предотвращению потенциально возможных неблагоприятных событий может быть найден в результате решения следующей оптимизационной задачи:

$$(\alpha^*, Q^*) = \arg \max_{\alpha, Q} \frac{W(\alpha, Q)}{C(\alpha, Q)},$$

где α, Q удовлетворяют ограничениям вида

$$\sum_{j=1}^n \alpha_j = 1, \quad \alpha_j \geq 0, \quad Q \geq 0.$$

УДК 519.8

**ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО КРИТЕРИЮ
МИНИМАЛЬНОГО РИСКА**

Николай Алексеевич Баранов

Учреждение Российской академии наук Вычислительный центр
им. А. А. Дородницына РАН
119333, Москва, ул. Вавилова, 40
Доктор технических наук
E-mail: banial@yandex.ru

Рассматривается задача управления затратами на обеспечение безопасности функционирования технической системы. Критерием оптимизации затрат выбран минимальный риск за время эксплуатации системы.

Ключевые слова: минимальный риск, безопасность, оптимизация затрат.