

## ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НА ОБЪЕКТАХ ГАЗОВОГО ХОЗЯЙСТВА

С.А. Блохин

ОАО "Тамбовоблгаз"

*Представлена членом редколлегии профессором Ю.Л. Муромцевым*

**Ключевые слова и фразы:** граф состояний функционирования; критические ситуации; множество состояний функционирования; прогноз вероятности состояний.

**Аннотация:** Сформулированы задачи управления рисками при проектировании объектов газового хозяйства и в процессе их эксплуатации. Предлагается алгоритм введения расширенного множества состояний функционирования, интегрировано учитывающего возможные ситуации на объектах и их окружении при реальной эксплуатации.

---

Внедрение корпоративных информационных систем открывает реальные возможности для решения задач управления рисками (ЗУР), которые особенно актуальны для предприятий, обеспечивающих среду обитания человека. К таким предприятиям в первую очередь относятся хозяйства по снабжению населения водой, электроэнергией, газом и теплом. При формализации и решении ЗУР для объектов газового хозяйства (ОГХ) необходимо учитывать следующие обстоятельства: сложность и изменение во времени структуры объектов; высокую степень неопределенности вследствие воздействия большого числа факторов, имеющих случайную природу; необходимость принятия и реализации управленческих решений в реальном времени и др.

В общем случае ЗУР может быть сформулирована следующим образом. Задаются:

– модель системы  $M = (\mathcal{G}, \xi_r, r \in \mathcal{R})$ , основу которой составляет граф  $\mathcal{G}(\mathcal{R}, \mathcal{D})$  возможных изменений состояний функционирования ( $\mathcal{R}$  – множество вершин,  $\mathcal{D}$  – множество дуг графа) и соотношения для прогнозирования критических ситуаций  $k \in \mathcal{K}$ ,  $\mathcal{K} \subset \mathcal{R}$ , т.е. отображения  $\xi_r: \mathcal{I} \times \mathcal{R} \times \mathcal{D} \rightarrow \mathcal{K} \times \mathcal{P}_k$ ,  $r \in \mathcal{R}$ , здесь  $\mathcal{K}$  – множество критических состояний, пребывание в которых связано со значительным ущербом,  $\mathcal{P}_k = \{p(k), k \in \mathcal{K}\}$  – вероятности критических ситуаций;  $\mathcal{I}$  – множество значений времени прогноза;

– значения функций потерь (ущерба) для возможных критических состояний  $\alpha(k)$ ,  $k \in \mathcal{K}$  и функций затрат  $\beta(k, u)$  на реализацию управленческих решений  $u_{(k)} \in \mathcal{U}$  применительно к ситуации  $k \in \mathcal{K}$ , здесь  $\mathcal{U}$  – множество решений;

– ресурсы  $\Omega$ , которые могут быть использованы для реализации управлений  $u(k)$ ,  $k \in \mathcal{K}$ ;

– множество допустимых вероятностей для критических ситуаций  $\mathcal{P}_g = \{p_{\text{доп}}(k), k \in \mathcal{K}\}$ .

Требуется для текущего (в момент времени  $t_0$ ) состояния функционирования  $r(t_0) \in \mathcal{R}$  с использованием модели  $(\mathcal{G}, \xi_r, r \in \mathcal{R})$  выделить подмножество критических ситуаций  $k \in \mathcal{K}(t_0) \subset \mathcal{K}$ , для которых  $p(k) \geq p_{\text{доп}}$ , и выработать управление  $u(r, t_0) \subset \Omega$ , минимизирующее суммарные потери

$$J(k, u/r(t_0)) = \sum_{k \in \mathcal{K}(t_0)} \alpha(k) + \beta(k, u), \quad (1)$$

т.е.

$$u^*(r, t_0) = \arg \min_{u \subset \Omega} \{J(k, u, r(t_0)) / \mathcal{G}, \xi_{r(t_0)}\}. \quad (2)$$

По отношению ко времени, выделяемому для решения ЗУР, можно выделить два класса задач. К первому классу (ЗУР 1) относятся задачи, которые должны решаться в реальном времени, они возникают в процессе реальной эксплуатации объектов при появлении критических ситуаций, т.е. здесь время принятия и реализации управленческих решений является лимитирующим фактором. Вторым классом (ЗУР 2) образуют задачи анализа рисков при проектировании новых и модернизации существующих ОГХ. В этих задачах за отведенное время требуется разработать оптимальный вариант проекта, а также модели и алгоритмы, необходимые для решения ЗУР 1. Основную роль здесь играет полнота исследований возможных факторов, влияющих на появление критических ситуаций.

Для ЗУР 1 характерны два случая – задачи со штатными (ЗУР 1.1) и нештатными (ЗУР 1.2) ситуациями.

В случае ЗУР 1.1 известны модель  $(\mathcal{G}, \xi_r, r \in \mathcal{R})$ , допустимые вероятности критических ситуаций  $p_{\text{доп}}(k)$ ,  $k \in \mathcal{K}$  и множество оптимальных управленческих решений  $\{u^*(k/r)\} = \bar{\mathcal{U}}$  для  $k \in \bar{\mathcal{K}}$ ,  $\bar{\mathcal{K}} \subset \mathcal{K}$  по предотвращению ситуации

$k$  или устранению последствий при ее возникновении. По данным мониторинга состояний функционирования  $r \in \mathcal{R}$  с использованием  $\xi_r$  оцениваются вероятности  $p(k/r)$ . Если для какой-либо ситуации  $\bar{k}$  ее вероятность  $p(\bar{k}/r) \geq p_{\text{доп}}(\bar{k})$  и  $\bar{k} \in \bar{\mathcal{K}}$ , то реализуется соответствующее управление  $u^*(\bar{k}/r) \in \bar{\mathcal{U}}$ . Таким образом, для ЗУР 1.1 оптимальное решение находится практически мгновенно и задача имеет вид

$$(\forall r \in \mathcal{R}) \cap \left( p(\bar{k}/r) \geq p_{\text{доп}}(\bar{k}) \right) \cap (\bar{k} \in \bar{\mathcal{K}}) : u^*(\bar{k}/r) \in \bar{\mathcal{U}}. \quad (3)$$

В ЗУР 1.2 для состояния  $r$  ситуация  $\tilde{k}$  с  $p(\tilde{k}/r) \geq p_{\text{доп}}(\tilde{k})$  ранее не исследовалась, т.е.  $\tilde{k} \notin \bar{\mathcal{K}}$ . В этом случае с использованием  $\xi_r$  определяется время  $\Delta t_{\text{пр}}$  на принятие решения, за время  $\Delta t \leq \Delta t_{\text{пр}}$  формируется множество альтернативных вариантов  $\mathcal{U}(\tilde{k})$  и выбирается вариант  $u^*(\tilde{k}) \in \mathcal{U}(\tilde{k})$ , при котором критерий (1) минимален, т.е.

$$u^*(\tilde{k}/r) = \arg \min_{u(\tilde{k}) \in U(\tilde{k})} \{J(\tilde{k}, u/r)/\mathcal{G}, \xi_r, \Delta t_{\text{пр}}\}. \quad (4)$$

В задачах второго класса, связанных с проектированием и развитием ОГХ, для управления рисками используются два подхода – минимизация обобщенного показателя риска (ЗУР 2.1) и обеспечение ограничений на допустимый риск (ЗУР 2.2). Оба подхода предполагают разработку множества альтернативных вариантов проектируемого ОГХ  $\mathcal{A} = \{a_i, i = \overline{1, n}\}$  и построение для них моделей  $M(a)$ ,  $a \in \mathcal{A}$ . С использованием моделей выделяются подмножества критических ситуаций  $\mathcal{K}(a)$ , вероятности  $\mathcal{P}_k(a) = \{p(k, a), k \in \mathcal{K}(a), a \in \mathcal{A}\}$  пребывания в этих ситуациях. Серьезные трудности при решении ЗУР 2 возникают при введении расширенного множества состояний функционирования (РМСФ), т.е. множество вершин  $\mathcal{R}$  графа  $\mathcal{G}$ . Для построения  $\mathcal{R}$  используются множества состояний работоспособности  $\mathcal{S}$ , производственных ситуаций  $\mathcal{V}$ , не связанных с отказами составных частей ОГХ, и нечеткие множества  $\mathcal{X}$ , характеризующие изменения внешнего окружения [1, 2]. Структура множеств  $\mathcal{S}$  и  $\mathcal{V}$  одинаковы, на их основе с использованием декартова произведения конструируется множество  $\mathcal{H}$  состояний функционирования (МСФ), т.е.  $\mathcal{H} = \mathcal{S} \times \mathcal{V}$ . Далее вводится РМСФ  $\mathcal{R} = \mathcal{H} \times \mathcal{Y}$ , здесь  $\mathcal{Y}$  – дискретное множество, получаемое из нечетких множеств  $\mathcal{X}$ .

Алгоритм построения  $\mathcal{R}$  использует метод иерархического анализа и выделение различных групп критических ситуаций [3]. Множество критических состояний (МКС) первого рода  $\mathcal{K}_1 \subset (\mathcal{S} \cup \mathcal{V} \cup \mathcal{Y})$  включает такие, для которых вероятность  $p(k)$ ,  $k \in \mathcal{K}_1$  определяется на основе одного из множеств  $\mathcal{S}$ ,  $\mathcal{V}$  или  $\mathcal{Y}$ . МКС второго рода  $\mathcal{K}_2 \subset ((\mathcal{S} \times \mathcal{V}) \cup (\mathcal{S} \times \mathcal{Y}) \cup (\mathcal{V} \times \mathcal{Y}))$  содержит ситуации, характеризующиеся состояниями из двух разных множеств, например, отказ технического устройства при неблагоприятных метеоусловиях. Наконец, МКС третьего рода  $\mathcal{K}_3$ , включает состояния, обусловленные сочетанием  $s \in \mathcal{S}$ ,  $v \in \mathcal{V}$  и  $y \in \mathcal{Y}$ . С учетом выделенных МКС риск  $Q_a$  варианта  $a$  определяется по формуле

$$Q_a = \sum_{j=1}^3 \sum_{k \in \mathcal{K}_j(a)} p(k). \quad (5)$$

С использованием показателя (5) ЗУР 2 формулируются следующим образом:

– ЗУР 2.1

$$a^* = \arg \min_{a \in \mathcal{A}} \{Q_a, a \in \mathcal{A}\}, \quad (6)$$

– ЗУР 2.2

$$a^* = \arg \max_{a \in \mathcal{A}} \{E_a, a \in \mathcal{A} / Q_a \leq Q_{\text{доп}}\}, \quad (7)$$

здесь  $E_a$  – показатель эффективности варианта  $a$ ,  $Q_{\text{доп}}$  – допустимый риск.

Задачи (6), (7) решаются методом динамической вариантности [4], при этом определяются соотношения  $\left\{ \xi_r^{(a)}, r \in \mathcal{R}_B(a), a \in \mathcal{A} \right\}$  для наиболее вероятных состояний  $\mathcal{R}_B \in \mathcal{R}$  таких, что  $\sum_{r \in \mathcal{R}_B} p(r) \approx 1$ .

Трудоёмкие вычисления выполняются автоматизированно с использованием информационной системы ОАО "Тамбовоблгаз", которая содержит программные модули, позволяющие оперативно рассчитывать вероятности  $\{p(r), r \in \mathcal{R}\}$  для мощных множеств  $\mathcal{R}$ , а также  $Q_a$  и  $E_a$  для альтернативных вариантов проектных и управленческих решений.

#### Список литературы

1. Муромцев Ю.Л., Ляпин Л.Н., Грошев В.Н., Шамкин В.Н. Теоретические основы исследования сложных систем с учетом надежности: Учебное пособие / Московский институт химического машиностроения. – М., 1987. – 116 с.
2. Прикладные нечеткие системы: Пер. с япон. / К.К.Асаи, Д.Ватада, С.Иваи и др. / Под ред. Т.Тэрано, К.Асаи, М.Сугэно. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
3. Таха Хэмди А. Введение в исследование операций / Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. – 912 с.
4. Блохин С.А., Козлов А.И., Муромцев Д.Ю. Динамическая вариантность (альтернативность) при управлении проектами. – Вестник ТГТУ, 2003. – Т.9, № 3. – С. 390-405.

---

## Tasks of Risk Management at Gas Industry Premises

S.A. Blokhin

*ОАО "Tambovoblgaz"*

**Key words and phrases:** state graph of functioning; critical situations; collection of state functioning; probability state forecast.

**Abstract:** Tasks of risk management when designing gas industry plants and in the process of their operation are formulated. Algorithm of introduction of extended collection of state functioning is offered, taking into account all possible conditions of premises and their surrounding environment in real use.

---

## Aufgaben der Steuerung von Risiken auf den Gasbetrieben

**Zusammenfassung:** Es sind die Aufgaben der Steuerung von Risiken bei der Projektierung der Gasbetriebe und ihrer Ausnutzung formuliert. Es wird den Algorithmus der Einführung der allen möglichen Situationen bei der Realnutzung verbreiteten Menge von Funktionierunzzuständen vorgeschlagen.

---

## Priblèmes de la gestion des risques dans les unités du ménage gazeux

**Résumé:** Sont formulés les problèmes de la gestion des risques lors de la conception des unités du ménage gazeux et au cours de leur utilisation. Est proposé l'algorithme de l'introduction de la multitude élargie états du fonctionnement compte tenu de toutes les situations possibles des objets et de leur environnement lors de l'exploitation réelle.