

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕБУЕМОГО КОЛИЧЕСТВА РЕСУРСОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

к.т.н. А.В. Гришко, к.т.н. Е.В. Брежнев  
(представил д.т.н., проф. В.М. Бильчук)

*В статье предложен аналитический подход к определению требуемого количества дополнительных ресурсов, необходимых для функционирования технической системы в условиях воздействия множества дестабилизирующих факторов природного характера.*

**Постановка задачи.** Задача оптимального использования ресурсов для обеспечения эффективного функционирования технических систем в условиях неопределенности является актуальной. Прежде всего, это объясняется наличием естественных ограничений на предельное количество ресурсов, которое выделяется для достижения заданной цели. Кроме того, размеры ресурсов, выделяемые для функционирования системы под воздействием множества дестабилизирующих факторов природного характера, должны определяться эффективностью, получение которой обещает данный вариант использования ресурсов. Рациональность способа использования ресурсов и их количество определяет эффективность системы, но при этом возрастает их стоимость. Поэтому возникает необходимость решения задачи определения количества ресурсов, достаточного для эффективного функционирования системы в условиях “природной” неопределенности.

**Анализ литературы.** В задачах принятия решений по определению требуемого количества ресурсов “природу” рассматривают как внешнюю среду или совокупность дестабилизирующих факторов [1, 2]. Для решения задачи “игра с природой” применяется множество различных методов [3, 4]. Однако, при определении эффективности системы, задача расчета дополнительных средств, в случае недостижения требуемого уровня эффективности, является нерешенной. Трудность состоит в том, что применяемые для ее решения методы экспертного анализа [5] носят субъективный характер, т.е. зависят от компетентности экспертов. Кроме того, экспертиза является дорогостоящим мероприятием, требующим значительных затрат времени, а также сложной с точки зрения

организации и проведения.

Поэтому на ранних этапах подготовки и принятия решений, связанных с определением требуемых ресурсов, разработка и использование аналитических методов, позволяющих сэкономить время и средства, является актуальной задачей. Все это, с учетом вышесказанного, позволяет сформулировать цель данной работы.

**Цель статьи.** Целью статьи является разработка подхода к решению задачи определения требуемого количества дополнительных ресурсов для обеспечения функционирования технической системы в условиях воздействия дестабилизирующих факторов природного характера.

**Основная часть.** Для обеспечения требуемого уровня эффективности функционирования технической системы (например, газопровода) могут возникнуть чрезвычайные ситуации, когда силы и средства, непосредственно обслуживающие данную систему, не могут ликвидировать аварии в системе самостоятельно. В этом случае может возникнуть необходимость решения задачи, связанной с определением количества дополнительных сил и средств (ремонтных групп) для помощи группам непосредственного обслуживания (ГНО).

Допущения, которые приняты при разработке данного подхода:

- 1) все узловые точки (т.е. точки потенциальной аварийности) являются одинаковыми по важности;
- 2) обслуживание технической системы осуществляется ГНО, одинаково оснащенными и имеющими одинаковую подготовку;
- 3) все дополнительные ремонтные группы также одинаково оснащены и имеют одинаковую подготовку;
- 4) любой фактор может снизить уровень функционирования технической системы.

Для определения математического ожидания числа аварий в системе  $Q$  используем формулу вида [1, 3]

$$Q = P_B^* \cdot N, \quad (1)$$

где  $N$  – число узловых точек (точек потенциальной аварийности);  $P_B^*$  – вероятность выхода из строя одной точки при воздействии  $n$  факторов.

Вероятность  $P_B^*$  определим из соотношения

$$P_B^* = 1 - (1 - P_B)^{n/N}, \quad (2)$$

где  $n$  – число факторов;  $P_B$  – вероятность выхода из строя одной точки при воздействии одного фактора.

Вероятность того, что узловая точка (точка потенциальной аварийности) перестанет функционировать, может быть определена из соотношения

$$P_B = P_{\Pi} \cdot (1 - P_{сд}) \cdot (1 - P_{но}), \quad (3)$$

где  $P_{\Pi}$  – вероятность события, состоящего в том, что будет иметь место воздействие случайного природного фактора на объект;  $P_{сд}$  – вероятность совместных успешных действий дополнительных ремонтных групп на один объект (узловую точку);  $P_{но}$  – вероятность успешных действий ГНО.

Вероятность  $P_{сд}$  определим из соотношения

$$P_{сд} = 1 - (1 - P)^{n_d/n}, \quad (4)$$

где  $n_d$  – количество дополнительных ремонтных групп;  $P$  – вероятность успешных действий одной дополнительной ремонтной группы.

Таким образом, величину  $Q$  с учетом (2 – 4) можно определить как

$$Q = N \cdot \left( 1 - \left( 1 - P_{\Pi} \cdot (1 - P)^{n_d/n} \cdot (1 - P_{но}) \right)^{n/N} \right). \quad (5)$$

Используя соотношение (5), найдем зависимость  $n_d$  как функции от  $n$ :

$$n_d = f(n) = \ln(\exp(N \ln((N - Q)/N)/n) - 1) / (P_{\Pi} (P_{но} - 1)) / \ln(1 - P). \quad (6)$$

Анализ зависимости (6) показывает, что значение функции определено для значений  $n > 0$ . Рассмотрим область, в которой  $n_d \geq 0$ . Для этого в выражении (6)  $n_d = 0$ , тогда получим

$$n^* = N \cdot \ln((N - Q)/N) / n (1 - P_{\Pi} + P_{\Pi} \cdot P_{но}). \quad (7)$$

Анализ зависимости (7) показывает, что дополнительные ремонтные группы  $n_d$  не задействуются (при  $0 < n \leq n^*$ ), и таким образом задача ликвидации последствий аварий технической системы возлагается на ГНО. Тогда можно определить  $Q^*$  при  $n = n^*$ :

$$Q^* = N - \exp((n(1 - P_{\Pi} + P_{\Pi} \cdot P_{но}) \cdot n) / N) \cdot N. \quad (8)$$

Выражение (8) позволяет определить математическое ожидание числа аварий в системе.

Построим график функции  $n_d = f(n)$ , при  $n > n^*$ , используя выражение (6). Для  $N = 45$ ;  $P_{\Pi} = 0,8$ ;  $Q = 10$ ;  $P = 0,9$  график функции представлен на рис. 1. Для условий иллюстративного примера при использовании дополнительных ремонтных групп и исходных данных  $N = 45$ ,  $P_{но} = 0,6$ ,  $P_{\Pi} = 0,8$ ,  $P = 0,9$ ,  $n = 40$ ,  $n_d = 7$  математическое ожидание числа аварий в системе будет равно 10, а в случае отказа от использования дополнительных ремонтных групп математическое ожидание увеличится до 13.

**Выводы.** Таким образом, при решении задач по эффективному использованию дополнительных ресурсов, которые обеспечивают функционирование технической системы в условиях природных факторов, необходимо определить количество аварий, при которых эффективное функцио-

нирование системы невозможно. Тогда предложенный подход может рассматриваться как метод для эффективного распределения дополнительных ресурсов в системе и определения условий, при которых необходимо

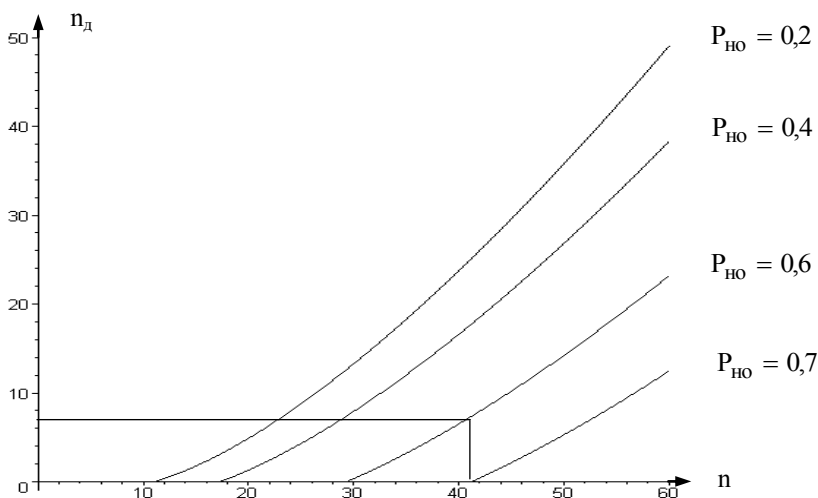


Рис. 1. Зависимость количества дополнительных ремонтных групп от числа дестабилизирующих факторов

подготовить определенное количество ресурсов с целью обеспечения эффективности функционирования системы на уровне, не ниже заданного.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Демидов Б.А. Теория и методы военно-научных исследований вооружений и военной техники. – Х.: ВИРТА, 1990. – 541 с.
2. Cleland David I., King W. Systems analysis and project management – New York, McGraw-Hill Book Company, 1998. – 278 p.
3. Имитационное моделирование производственных систем / Под общ. ред. А.А. Вавилова. – М.: Машиностроение, 1989. – 416 с.
4. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. – М.: Радио и связь, 1985. – 560 с.
5. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. – М.: Наука, 1974. – 256 с.

Поступила 23.02.2004

**ГРИШКО Артур Витальевич**, канд. техн. наук, нач. НИЛ научного центра при ХВУ. Область научных интересов – системы управления, обработка и передача информации.

**БРЕЖНЕВ Евгений Витальевич**, канд. техн. наук, ст. научн. сотр. научного центра при ХВУ. Область научных интересов – разработка методов оценки эффективности

*сти функционирования сложных систем.*