

УДК 631.3

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗНАЧИМОСТІ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА

А.Н. Серебровский, В.И. Вьюн, В.Г. Пилипенко

Институт проблем математических машин и систем НАН Украины

e-mail: tsereb@voliacable.com

Введение

В проблеме снижения техногенного риска одним из ведущих направлений является развитие системных средств поддержки принятия решений по предотвращению аварий и чрезвычайных происшествий (ЧП) на потенциально опасных объектах (ПОО). Базовым методическим средством предотвращения опасных событий на ПОО является Вероятностный анализ безопасности (ВАБ), ориентированный на выявление наиболее значимых, (по критерию возникновения опасных событий), источников техногенного риска с целью снижения или полной ликвидации их влияния. При этом показатели значимости (ПЗ) являются характеристиками, необходимыми для системного анализа техногенного риска. В существующей литературе, затрагивающей проблемы техногенного риска сложных систем имеется несколько понятий, связанных с термином «значимость». Содержание этих понятий зависит от того, что является объектом и субъектом влияния риска, а также от типа исходных данных, на основании которых вычисляются показатели значимости [1-4]. Это может приводить к неоднозначному толкованию и, как следствие, к неадекватному использованию показателей значимости в процедурах анализа техногенного риска.

Целью работы является систематизация типов значимости структурных компонент ПОО и причинных факторов техногенного риска в возникновение отказов сложных систем в зависимости от условий вычисления ПЗ.

Основные понятия

Сложная система (в дальнейшем «Система»), применительно к контексту техногенного риска, это объект сложной структуры на котором возможны опасные события (взрывы, пожары, аварии). В системе выделяются структурные элементы и группы элементов. *Базисные события* - элементарные нежелательные события (в том числе, отказы элементов), которые при определенных сочетаниях могут приводить к *системному отказу*, сопровождаемому опасными событиями. *Сечение* - комбинация наименьшего числа базисных событий, достаточных для возникновения системного отказа. *Групповой отказ дизъюнктивной группы* – отказ хотя бы одного из элементов группы.

Понятие значимости включает в себя две составляющие: «субъект» - событие (или причинный фактор), которое влияет на возникновение других событий, и «объект» - то событие на которое влияет субъект. Субъектами могут быть причинные факторы риска (Ф), базисные события (БС), отказ дизъюнктивной группы базисных событий (ДГ), сечения (S). Объектами могут быть БС, ДГ, S, системный отказ (СО).

Введем обозначение: «ТИП ЗНАЧИМОСТИ=(СУБЪЕКТ→ОБЪЕКТ)».

Возможны следующие типы значимостей: $Z1=(БС→S)$; $Z2=(БС→ДГ)$; $Z3=(БС→СО)$; $Z4=(S→СО)$; $Z5=(ДГ→СО)$; $Z6=(Ф→БС)$, $Z7=(Ф→СО)$.

На рис.1 приведена классификация данных типов значимости.

Показатели значимости (ПЗ)

В ВАБ используются следующие ПЗ:

- ПЗ субъекта “ E_K ” в отказе объекта ”С” (по Бирнбауму) [2]

$$B^K = P_C^K(1) - P_C^K(0), \quad (1)$$

где $P_C^K(1)$, $P_C^K(0)$ - вероятность отказа объекта "С" при условиях, когда вероятность отказа субъекта E_K равна соответственно: 1 и 0 ;

- ПЗ субъекта " E_K " в отказе объекта "С" (по Фусселю-Весели) [4]

$$FV^K = [P_C^K(N) - P_C^K(0)] / P_C^K(N) \quad (2)$$

где $P_C^K(N)$ - вероятность отказа объекта "С" при номинальном значении вероятности отказа субъекта E_K ;

- коэффициент увеличения риска $RIR = P_C(1) / P_C(N)$; (3)

- коэффициент уменьшения риска $RRR = P_C(N) / P_C(0)$; (4)

- интервал увеличения риска $RII = P_C(1) - P_C(N)$; (5)

- интервал уменьшения риска $RRI = P_C(N) - P_C(0)$. (6)

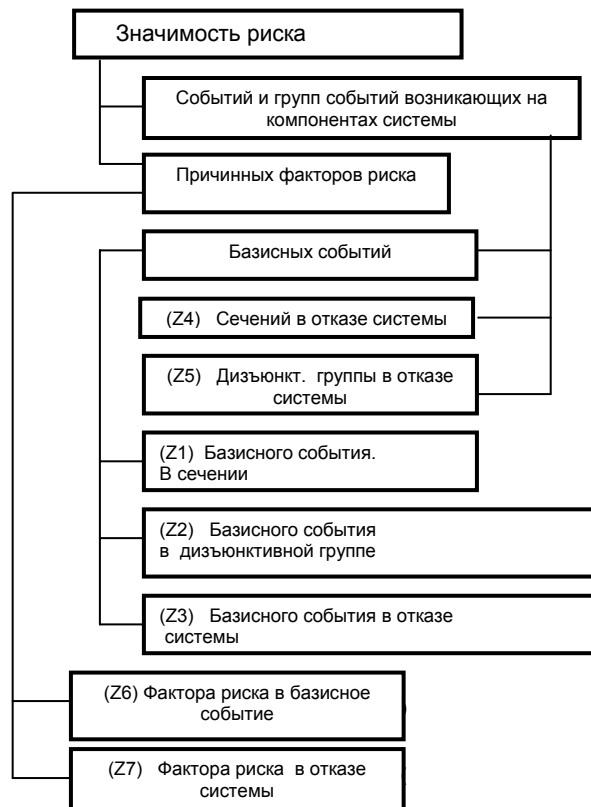


Рис.1. Классификация типов значимости

Модели, используемые при вычислении показателей значимости

В вероятностном анализе безопасности (ВАБ) основным средством моделирования являются модели дерева отказов (ДО) и дерева событий (ДС), которые позволяют получить формализованное представление опасного события (отказа объекта) в виде дизъюнктивно-нормальной формы (ДНФ), переменными которой являются субъекты типа БС, ДГ, S [5-7]. В частности, для случая, когда объектом является отказ системы, а субъектом – БС, ДНФ имеет вид:

$$C = G(\{a_i\} (i = \overline{1, n})) = \bigcup_{r \in R} S_r \quad (7)$$

где C – опасное событие, вызванное отказом системы; G – логическая функция в виде ДНФ опасного события; $\{a_i\} (i = \overline{1, n})$ – базисные события на элементах системы E_i ; S_r – сечения в ДНФ; R – множество индексов сечений в ДНФ.

ДНФ дает возможность представить вероятность опасного события « C » как аналитическую функцию, у которой аргументами являются вероятности БС:

$$P_C = Q(\{P(a_i)\} (i = \overline{1, n})) = \sum_{r \in R} P(S_r) = \sum_{r \in R} \prod_{i_r \in I_r} P(a_{i_r}), \quad (8)$$

где $P(a_{i_r})$ – вероятности БС на элементах E_{i_r} из сечений S_r ; $P(S_r)$ – вероятности сечений S_r ; I_r – множество индексов БС из сечения S_r .

В терминах описанного случая рассмотрим алгоритм вычисления ПЗ базисного события a_k $k \in \{\overline{1, n}\}$.

Этап 1. Установка значений вероятностей БС $P(a_i) (i = \overline{1, n}) \setminus K$.

Этап 2. Вычисление значений $P_C^K(1)$, $P_C^K(0)$, $P_C^K(N)$ подстановкой в выражение (8) результата этапа 1 и величины $P(a_k)$, равной 1, 0, N, соответственно.

$$P_C^K(1) = Q[P(a_1), \dots, P(a_k) = 1, \dots, P(a_n)] \quad (9)$$

$$P_C^K(0) = Q[P(a_1), \dots, P(a_k) = 0, \dots, P(a_n)] \quad (10)$$

$$P_C^K(N) = Q[P(a_1), \dots, P(a_k) = N, \dots, P(a_n)] \quad (11)$$

Этап 3. Вычисление значимостей базисного события a_k в возникновение отказа системы подстановкой $P_C^K(1)$; $P_C^K(0)$; $P_C^K(N)$ в выражения (1)-(6).

Условия вычисления показателей значимости

При реализации этапа 1 возможны следующие случаи:

- $P(a_i)$ априори неизвестны;
- $P(a_i)$ имеют номинальные значения (N_i);
- $P(a_i)$ определяются на основании описания конкретной ситуации, сложившейся на объекте.

Значимости вычисленные в этих условиях назовем, соответственно, «Структурной», «Номинальной» и «Ситуационной» значимостями.

В первом случае этап 1 заключается в присвоении вероятностям БС $P(a_i) (i = \overline{1, n}) \setminus K$ одного и того же значения 0.5 [3].

Во втором случае $P(a_i) (i = \overline{1, n}) \setminus K$ устанавливаются равными своим соответствующим номинальным значениям (N_i), которые получены из стандартов и других документов, нормирующих безопасность [5,6].

В третьем случае $P(a_i) (i = \overline{1, n}) \setminus K$ вычисляются на основании сведений о состоянии каждого элемента системы, включенного в выражение (7), которые формируются по результатам мониторинга объекта и включают в себя для каждого элемента:

- описание реальных событий, происшедших на элементе системы, и влияющих на вероятность отказа системы [8];
- значения определяющих параметров, характеризующих состояние элемента;
- значения наработок (времени эксплуатации) отдельных элементов системы [9];
- текущие значения причинных факторов риска, влияющих на возникновение базисных событий [10].

Описание комплекса алгоритмов вычисления ПЗ изложено в [11,12].

Примечание. Особое место занимает случай когда отсутствует описание связей между БС системы, т.е. нет возможности использования модели типа (7). Тогда показатели значимости вычисляются на основе данных статистики о системных отказах и базисных событиях [4].

Заключение

Представлена систематизация показателей значимости различных типов техногенного риска, в том числе классификация показателей, условия их вычисления и этапы обобщенного алгоритма расчетов.

Список литературы

1. Барлоу Р. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность / Р.Барлоу, Ф.Прошан. –М: Наука, 1984. – 328с.
2. Birnbaum Z.W. On the importance of different components in a multi-component system. *Multivariate Analyses – 2* / Z.W.Birnbaum. – N.Y: Academic Press, 1969. –p.581-592.
3. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем / И.А.Рябинин. – СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2007г. -278с.
4. Fussel J.B. How to Hand-Calculate system reliability characteristics / In: IEEE Transactions on Reliability. – R-24, 1973. -№3.
5. Можаяев А.С. Автоматизированное структурно-логическое моделирование систем/ А.С. Можаяев.-СПб.: ВМА им.Кузнецова Н.Г., 2006.-577 с.
6. Вероятностный анализ безопасности атомных станций (ВАБ) [В.В.Бегун, О.В. Горбунов, И.Н.Каденко и др.] – К.: НТУУ «КПИ», 2000. -568с.
7. Серебровский А.Н. Алгоритм формирования и минимизации логического представления дерева отказов / А.Н.Серебровский, Л.П.Ситниченко, В.Г.Пилипенко // Математичні машини і системи. – 2009. - №1. – С. 165-172.
8. Living Probabilistic Safty Assessment (LPSA) IAFA Vienna 1999 IAFA TECDOC – 1006 ISSN. - 48 pp.
9. ГОСТ 27.005-97. Надежность в технике. Основные положения. Модели отказов. 45 с. – Введен впервые 05.12.97 №732 Гос.ком Украины по стандартизации.
10. Серебровский А.Н. Методы оценки вероятностей отказов в процессах прогнозирования техногенных чрезвычайных происшествий / А.Н.Серебровский // Математические машины и системы. – 2007. - №2. – С.111-116.
11. Серебровский А.Н. Методические и вычислительные аспекты значимости риска компонентов в сложных системах (часть первая) // Математические машины и системы. – 2012 –(в печати).
12. Серебровский А.Н. Методические и вычислительные аспекты значимости риска компонентов в сложных системах (часть вторая) // Математические машины и системы. – 2012 –(в печати).