DOI: 10.17117/na.2017.01.03.015

<http://ucom.ru/doc/na.2017.01.03.015.pdf>

Поступила (Received): 23.01.2017

Алекина Е.В., Яговкин Г.Н.

Идентификация потенциального риска возникновения опасной ситуации на производстве при отсутствии статистических данных и их наличии

Alekina E.V., Yagovkin N.G.

Identification of the potential risk of a dangerous situation in the production in the absence of statistical data and their availability

Рассмотрена оценка риска возникновения аварий на ОПО. Процедура оценки состоит из нескольких основных этапов и подразделяется на два основных вида: количественную и качественную. Суть предлагаемой методики заключается в построении математической модели на основе причинно-следственных связей между входными и выходными параметрами системы путем описания этих связей с применением трапецевидных нечетких чисел

Ключевые слова: оценка, риск, методика, авария

We consider the evaluation of the risk of accidents at the GCO. The assessment procedure consists of several stages and is divided into two main types: quantitative and qualitative. The essence of the proposed method is to construct a mathematical model based on cause-and-effect relationship between the input and output parameters of the system by describing these relationships using trapezoidal fuzzy numbers

Key words: assessment of risk, methods, accident

Алекина Елена Викторовна

Кандидат химических наук, доцент
Самарский государственный технический университет
г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Alekina Elena Victorovna

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
Samara state technical university
Samara, Molodogvardeyskay st., 244

Яговкин Герман Николаевич

Доктор технических наук, профессор
Самарский государственный технический университет
г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Yagovkin German Nikolaevich

Doctor of Technical Sciences, Professor
Samara state technical university
Samara, Molodogvardeyskay st., 244

Профилактические мероприятия по предотвращению аварий на опасных производственных объектах (ОПО) позволяют снизить вероятность реализации непосредственной угрозы возникновения аварии (риск аварии) и возможный ущерб людским, материальным и природным ресурсам. Оценка риска возникновения аварий на ОПО в последние годы приобретает все большее значение на всех этапах жизненного цикла объекта. Процедура оценки состоит из нескольких основных этапов [1,2,5] и подразделяется на два основных вида: количественную и качественную.

Одним из этапов оценки риска возникновения опасной ситуации на производстве является определение частоты его возникновения. Известные методики [1,3,4] предлагают схожие подходы к определению данного численного показателя. Проблемным аспектом применения такого подхода на практике является работа в условиях недостаточности или полного отсутствия статистических данных, которые положены в их основу, и, как следствие, сложность численной оценки факторов влияния, определяющих возможную опасную ситуацию.

В этом случае наиболее перспективной является методика комплексной оценки риска, основанная на применении когнитивного моделирования, теории нечетких множеств и отношениях предпочтения между различными критериями. Иными словами, методика должна учитывать качественные шкалы и отношения предпочтений между факторами в структуре иерархии этих факторов.

Суть предлагаемой методики заключается в построении математической модели на основе причинно-следственных связей между входными и выходными параметрами системы (в данном случае, механизма возникновения аварии) путем описания этих связей с применением трапециевидных нечетких чисел. Нечеткость при такой трактовке проявляется, прежде всего, в лингвистических оценках эксперта, применяемых к тем или иным состояниям системы (показателям), критериям, параметрам, например: высокий, малый, приблизительно, около и т.д. Все перечисленные понятия являются нечеткими, неявными, а, следовательно, содержат в себе некоторую степень неопределенности, которая выражается в размытых оценках экспертов.

Представим потенциальный риск в виде иерархии G («дерево» факторов влияния, состояние которых определяет возможность возникновения аварии). Тогда математическую модель риска аварии (ARM – Accident Risk Model) можно описать следующим образом:

$$ARM = \langle G, L, \Phi \rangle, \quad (1)$$

где G – древовидная иерархия факторов возникновения риска, L – набор качественных оценок уровней каждого фактора (F) в иерархии, Φ – система отношений предпочтения одних факторов другим для одного уровня иерархии факторов.

Параметры, влияющие на риск, представляют собой набор неупорядоченных факторов одного уровня иерархии (задаются экспертами при проведении анализа). В этом случае влияние различных факторов на уровень комплексной оценки риска может быть представлено в виде ориентированного графа, имеющего одну корневую вершину и не содержащего петель и горизонтальных ребер в пределах одного уровня иерархии (рис.1).

При оценке уровня риска следует подниматься с низших уровней иерархии к верхнему, формируя промежуточные оценки по каждому подуровню. Для проведения расчета необходимо определить значения выбранных факторов. Часто получение надежной количественной информации бывает затруднительным. В таких случаях стремятся получить, в основном, только качественную информацию.

Рис. 1. Иерархия G факторов F с наложенной на нее системой предпочтений Φ

Собственно, и суть предлагаемого метода в том, что его предполагается использовать в условиях отсутствия четких значений того или иного фактора. Тогда не требуется количественной точности, а субъективная оценка на естественном языке. Лингвистическое описание может быть сопоставлено с количественной (например, балльной) шкалой носителя с помощью методов теории нечетких множеств [8, 9]. Основная задача при этом состоит в выборе единой лингвистической шкалы для оценки всех факторов, влияющих на состояние объекта.

Для представления значений факторов в формировании риска введем в рассмотрение набор качественных оценок: $L = \{\text{Низкая (Н)}, \text{Ниже среднего (НС)}, \text{Средняя (С)}, \text{Выше среднего (ВС)}, \text{Высокая (В)}\}$, и сформируем лингвистическую переменную «Уровень фактора» с терм-множеством значений L (число значений переменной может быть любым). В качестве семейства функций принадлежности может выступать стандартный 01-классификатор, где функции принадлежности – трапециевидные нечеткие числа. Количество значений переменной 5, следовательно, классификатор пятиуровневый [8]:

$N(0,0,0,15,0,25)$; $НС(0,15; 0,25; 0,35; 0,45)$; $С(0,35; 0,45; 0,55; 0,65)$; $ВС(0,55; 0,65; 0,75; 0,85)$; $В(0,75;0,85;1;1)$.

Стандартный классификатор осуществляет проекцию нечеткого лингвистического описания на 01-носитель, при этом делает это не противоречивым способом, симметрично располагая узлы классификации (0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9).

Таким образом осуществляется переход от качественного описания уровня параметра к стандартному количественному виду соответствующей функции принадлежности (трапециевидное число). Следующим этапом анализа является определение «вклада» каждого фактора влияния в потенциальный риск. Эти оценки могут быть получены экспертным путем. Для расчета рекомендуется применять оценку Фишберна [7]. Системе убывающего предпочтения N альтернатив ($>$ – отношение предпочтения) наилучшим образом отвечает система снижающихся по правилу арифметической прогрессии весов:

$$p_i = \frac{2(N-i+1)}{(N+1)N}, \quad i = 1..N \quad (2)$$

В этом случае предпочтение по Фишберну выражается в убывании на единицу числителя рациональной дроби весового коэффициента более слабой

альтернативы. Для системы безразличных друг другу N альтернатив ($\approx$ – отношение безразличия) справедлив набор равных весов:

$$p_i = N - 1, i = 1..N \quad (3)$$

Для того, чтобы определить набор весов Фишберна для смешанной системы предпочтений, когда, наряду с предпочтениями, в систему входят отношения безразличия, необходимо определять числители r_i рациональных дробей:

$$r_i = \begin{cases} r_i, F_{i-1} \approx F_i \\ r_i + 1, F_{i-1} > F_i \end{cases}, r_N = 1, i = N..2 \quad (4)$$

где N – количество альтернатив (в рассматриваемом случае, количество показателей определенного уровня иерархии G), F – конкретный показатель данного уровня иерархии G . Тогда сумма полученных числителей и есть общий знаменатель дробей Фишберна:

$$K = \sum_{i=1}^N r_i \quad (5)$$

$$p_i = r_i / K \quad (6)$$

Всего вариантов предпочтения будет $2N-1$. Когда по каждому показателю $F_1^* \dots F_N^*$ на выбранном подуровне (*) иерархии G вида (1) известны лингвистические оценки $L = L_1^* \dots L_N^*$, а также определена система весов Фишберна $P = P_1^* \dots P_N^*$ (** = $N \times P$), тогда показатель подуровня F^* можно охарактеризовать лингвистической оценкой, определяемой путем проведения свертки. Для агрегирования (свертки) данных в единый показатель используется OWA-оператор Ягера:

$$\mu_*(x) = \sum_{i=1}^N \mu_{*i}(x) \cdot p_i \quad (7)$$

Рис. 2. Система трапецевидных функций принадлежности на 01-носителе

Полученную функцию принадлежности на 01-носителе x -вида (7) необходимо лингвистически распознать, чтобы выработать суждение о качественном уровне показателя F^* . Для этого необходимо задаться мерой уровня распознавания, т.е. ввести так называемую степень сходства, и соотнести полученную функцию с «эталонными» (рис. 2).

Можно осуществить данную операцию при помощи нормы Хемминга. Если норма Хемминга равна 0, следовательно, полученное значение показателя F_j не распознается как соответствующее ему значение функции принадлежности $\mu_{1...5}(x)$ определенному терм-множеству из L . Если же $v = 1$, то распознавание показателя F_j стопроцентное, и, следовательно, $\mu_i(x) = \mu_z(x)$. Пусть даны два трапециевидных числа (a_1, a_2, a_3, a_4) и (b_1, b_2, b_3, b_4) на 01-носителе. Тогда степень сходства v двух таких чисел может быть определена как:

$$0 \leq v = 1 - \max\{|a_1 - b_1|, |a_2 - b_2|, |a_3 - b_3|, |a_4 - b_4|\} \leq 1 \quad (8)$$

Определенная таким образом степень сходства, изменяясь в диапазоне от 0 до 1, будет характеризовать близость найденной свертки к тому или иному числу эталонного терм-множества.

Список используемых источников:

1. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утв. приказом МЧС РФ от 10.07.2009 г. № 404. 52 с.
2. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах», утв. Постановлением Ростехнадзора России № 188 от 13.05.15. 56 с.
3. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах. Сер. 21. Вып. 1. М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2002. 120 с.
4. СТО Газпром 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром». М.: Газпром, 2009. 380 с.
5. Аношкин Д.В., Васильев А.В. Обеспечение безопасности труда в условиях металлургического производства с использованием автоматизированных систем // YOUNG ELPIIT 2013.

© 2017, Алекина Е.В., Яговкин Г.Н.

Идентификация потенциального риска возникновения опасной ситуации на производстве при отсутствии статистических данных и их наличии

© 2017, Alekina E.V., Yagovkin N.G.

Identification of the potential risk of a dangerous situation in the production in the absence of statistical data and their availability