УДК 622.692

И.Ю.ПОДАВАЛОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ТЕХНОГЕННОГО РИСКА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Приведен анализ методов расчета техногенного риска при эксплуатации магистральных газопроводов. Описаны основные идеи и принципы расчета, а также достоинства и недостатки существующих методов расчета техногенного риска.

Analysis methods of estimation industrial risk by operation gas-main pipeline is diacribed in thia article. Fundamental ideas and principal as well dignitys and drawbacks of existing methods of estimation industrial risk is describe.

Протяженность трубопроводной системы РФ и объем перекачиваемой нефти и газа возрастают с каждым днем, увеличиваются диаметры труб и рабочее давление, а следовательно, возрастает потенциальная опасность возникновения крупных отказов и аварий с более тяжелыми последствиями. Таким образом, безопасность выдвигается в число основных характеристик трубопроводного транспорта. Это особо подчеркивается в принятых Правительством федеральных целевых научно-технических программах «Экологическая безопасность России», «Химическая безопасность России», в которых поставлена задача безотлагательного решения широкого круга вопросов, связанных с технологической и экологической безопасностью энергетики, предусмотрена разработка и внедрение «Методологических руководств по оценке экологического риска от опасных производств», «Методологии минимизации риска» и ряда других нормативов. Наиболее эффективным и современным методом решения поставленных задач является применение теории риска при проектировании и эксплуатации газопроводов, которая позволит повысить их надежность, обеспечить более высокую технологическую и экологическую безопасность.

Расчет показателей риска при эксплуатации магистральных газопроводов предполагает исследование и обоснование влияния организационно-технологических и природно-климатических факторов на ожидаемую частоту аварийных разрывов на конкретных участках трассы, а также влияния ряда иных факторов на возможные масштабы социального, экологического, финансового и других видов ущерба.

Анализ риска заключается в систематическом использовании всей доступной информации для идентификации опасностей и оценки риска возможных нежелательных событий. Расчет и анализ риска является тем методическим инструментом, при помощи которого потенциальная опасность может быть оценена количественно. Величина риска – это вероятность возникновения аварии, объединенная с возможными последствиями.

Понятие риска является универсальной количественной мерой потенциальной опасности, позволяющей:

- провести корректировку исходных целей и стратегии решения задач анализа риска;
- провести сравнение опасностей различной природы и механизмов действия;
- провести классификацию и ранжирование потенциальных источников опасности по их вкладу в интегральные показатели риска, а также анализ пространственно-временного распределения риска по территории вокруг объекта;
- изучить механизм и исследовать причинно-следственную логику возникновения

ISSN 0135-3500. Записки Горного института. Т.178

Типовая статистическая форма Ростехнадзора

Диаметр трубопровода D, мм	Длина заменяемых труб L, м	Время на ликвидацию аварии T, ч	Потеря газа V, млн м^3	Недопоставка газа V_1, млн м^3	Ущерб У, тыс. руб.
1420	427,7	1013,5	59,874	443,1	7488,3
1220	961,5	1500,5	37,557	443,1	5153,9
1020	76,8	92,0	18,03	443,1	816,6
720	86,8	474,0	22,667	443,1	1989,3

и развития аварий, а также влияние на показатели риска различных факторов.

• обеспечить направленное снижение рисков за счет оптимального управления технологическими и организационно-методическими факторами воздействия.

Для оценки степени риска аварий формируется задача, составляется общее описание трассы газопровода, определяются цели и задачи, производится выбор методов, критериев опасности и критериев приемлемого риска. К показателям риска относятся локальная частота выброса, параметр балльной оценки, ожидаемый объем выброса газа, ожидаемый экономический ущерб и показатели экологического риска.

Впервые в практике прогнозирования аварий в ОАО «Газпром» наряду с известными статистическими методами использованы нейросетевые алгоритмы [4], позволяющие выявить скрытые закономерности в хаотических системах, к которым относятся техногенные риски, возникающие в газотранспортных системах ОАО «Газпром». Разработан и реализован на практике пакет программ «Техногенный риск», на основе которого с использованием метода Монте-Карло могут быть получены априорные оценки техногенного риска. В таблице приведены типовые статистические данные об ущербе на магистральных газопроводах, распределенные по диаметрам (за некоторый условный год), собираемые службами Ростехнадзора и направляемые в ОАО «Газпром».

Вся методика построена на принципе простейшего нейрона, адаптирована под модель искусственного (математического) нейрона (рис.1).

Искусственный нейрон – это простейший автомат, преобразующий линейным образом входные сигналы x_1, x_2, ..., x_n в выходные сигналы $w_i x_i$. Нейрон суммирует эти сигналы и применяет к этой сумме некоторое нелинейное преобразование $F(\Sigma wx)$.

Существуют общие основные принципы и соотношения для оценки показателей риска [1]. Если рассматривать отдельный трубопровод, то в силу изменения конструктивно-технологических характеристик, особенностей проектирования и строительства и эксплуатации вдоль трассы, интенсивность аварийных отказов при расчете риска нельзя считать постоянной на всей длине магистрального газопровода, а следует учитывать ее изменение, выражаемое функциональной зависимостью [1]:

$$\lambda = \varphi_{\chi}(\chi),$$

где χ – расстояние вдоль трассы, отсчитываемое от начальной точки трубопровода, км.

Для оценки локальной частоты аварий вводится система классификации и группировки факторов влияния в соответствии с общими причинами аварий. Из статических данных по авариям на магистральных трубопроводах выделены 8 групп факторов влияния: дефекты тела трубы и сварных швов; внешние антропогенные механиче-

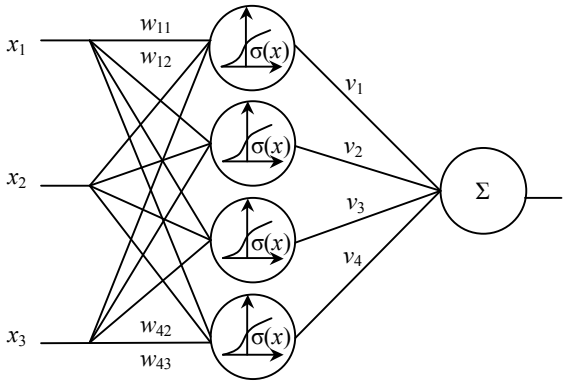


Рис.1. Трехслойная нейронная сеть

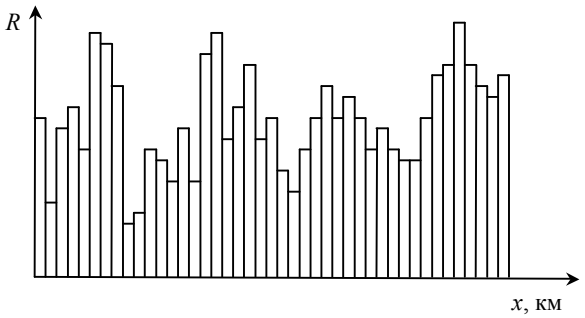


Рис.2. Распределение показателя риска вдоль трассы магистрального трубопровода

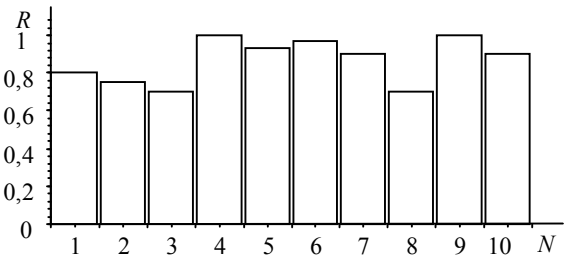


Рис.3. Гистограмма ранжирования системы объектов линейной части газопроводов

ские воздействия; коррозия; качество производства труб; качество строительно-монтажных работ; конструктивно-технологические факторы; природное воздействие; эксплуатационные факторы.

Идея методики [1] состоит в том, что на каждом участке трассы определяется значение интегрального коэффициента, показывающего, во сколько раз локальная интенсивность аварий отличается от среднестатической для данного региона и диаметра трубопровода:

$$K_{\text{âë}} = \frac{\sum_{i=1}^{1}\sum_{j=1}^{J(i)} p_i g_{ij} B_{ij}}{B^*} = \frac{1}{3}\sum_{i=1}^{1}\sum_{j=1}^{J(i)} p_i g_{ij} B_{ij},$$

где B^* – балльная оценка среднестатистического трубопровода данного диаметра в данном регионе. Оценки величины B^* находятся в диапазоне 3,0-3,5.

После этого все значения коэффициентов подставляются в формулу для расчета локального значения интенсивности аварийных отказов и после завершения оценки риска каждого n-го участка трассы трубопровода строится зависимость показателей риска R вдоль всей трассы (рис.2), где R показывает плотность загрязнения окружающей среды в той или иной точке.

Известна методика экспертной оценки относительного риска эксплуатации линейной части магистральных газопроводов [2]. Суть этой методики заключается в том, что эффективной мерой совершенствования организации ремонтных работ на газопроводах является ранжирование участков трубопроводной системы таким образом, чтобы наиболее опасным с точки зрения технического состояния участкам уделялось наибольшее внимание, а их ремонт проводился бы в первую очередь. Выявляются характеристики, влияющие на безопасность и целостность трубопровода и в соответствии с оценкой риска как меры безопасности объекта, эти характеристики подразделены на два класса: те, которые влияют на возможность возникновения аварии, и те, которые оказывают влияние на ее последствия. Окончательно экспертная балльная оценка риска аварии на конкретном участке эксплуатируемого трубопровода вычисляется из условия

$$R = AB,$$

где A – экспертная бальная оценка возможности отказа участка трубопровода; B – экспертная балльная оценка возможных последствий аварии,

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7;$$

$$B = (B_1 + B_2 + B_3 + B_4)B_5 + k_{26}(1 - B_5)\left(\frac{A_{45}}{k_{13}k_{27}}\right)^{0,5}.$$

Всего существует 12 групп, состоящих из 28 параметров [2]. Каждой характеристике приписывается значение балльной оценки, которое зависит от ситуации, а после этого делается оценка относительного риска, что позволяет ранжировать рассматриваемую группу объектов газопроводного транспорта. В итоге использование аналитических зависимостей позволяет получить количественную оценку индексов и величину относительного риска эксплуатации каждого объекта и появляется возможность ранжировать систему объектов, например, из 10 участков по величине технологического риска показанного на гистограмме (рис.3).

Разработаны научно-методические [3] основы анализа и управления показателями надежности и безопасности характерных объектов газовой отрасли, в том числе и газопроводов, с позиций методологии промышленного риска. Эта методика позволяет произвести количественный анализ риска частоты возникновения нежелательных последствий; построение локальных и интегральных полей риска, оптимизацию организационно-технических мероприятий по снижению риска до заданной величины. Данная методология получила за рубежом самое широкое распространение в качестве одного из наиболее эффективных механизмов экономического и административно-правового управления технологической и экологической безопасностью промышленных производств.

Выводы

1. Наиболее широко применяются направления, связанные с идентификацией опасностей и оценкой последствий физического характера, однако возможности комплексного анализа и принятие адекватных решений при этом ограничены.

2. Более глубокое изучение проблемы привело к осознанию необходимости рассмотрения не только крайне редких катастрофических аварий и аварий меньшего масштаба, но и часто повторяющихся, суммарный ущерб от которых может быть даже выше, чем от катастрофических аварий. Это, в свою очередь, привело к необходимости использовать понятие вероятности при оценках опасных событий и возможных последствий.

3. Как показывает мировой опыт, методология промышленного риска является одним из наиболее эффективных инструментов управления безопасностью. Не все составные этапы анализа риска разработаны сегодня на одинаковом уровне, они имеют также различный опыт использования. Поэтому основное внимание специалистов должно быть направлено на разработку комплексного анализа риска системы газопроводов и методических указаний по принятию адекватных решений, основываясь на расчетах технологического риска.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Биржев Х.Х.* Надежность магистральных газопроводов как основа эколого-экономической безопасности энергетического комплекса России. Майкоп: Изд-во Майкоп. гос. технол. ин-та, 2002. 18 с.

2. Методика экспертной оценки относительного риска эксплуатации линейной части магистральных газопроводов / Ю.Н.Аргасов, В.И.Эристов, В.Д.Шапиро и др. М.: ИРЦ Газпром, 1995. 99 с.

3. *Сафонов В.С.* Теория и практика анализа риска в газовой промышленности / В.С.Сафонов, Г.Э.Одишария, А.А.Швыряев; НУМЦ Минприроды России. М., 1996. 207 с.

4. *Седых А.Д.* Идентификация риска линейной части магистральных газопроводов / А.Д.Седых, А.А.Апостолов, Б.Л.Кучин. М.: Газойл пресс, 2001. 176 с.