

УДК 625.032

В. А. Липовой

АНАЛИЗ РИСКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БАЗ ХРАНЕНИЯ ТОПЛИВА

Рассмотрено современное состояние разработки методологии анализа системных рисков при проектировании и эксплуатации оборудования баз хранения топлива.

К л ю ч е в ы е с л о в а: база хранения топлива, аварийная ситуация, экологический риск.

Постановка проблемы. Учитывая высокую значимость проблемы повышения безопасности при эксплуатации объектов хранения, транспортирования и переработки нефти (центр обеспечения топливом, база горючего и склад горюче-смазочных материалов), сегодня все большее значение приобретает решение задач, связанных с предупреждением возможных аварийных ситуаций и минимизацией технологических и экологических рисков.

Существующие в настоящее время методики оценки и декларирования промышленной безопасности эксплуатации опасных производственных объектов имеют, в основном, декларативный характер, а существующий опыт использования методологии анализа опасностей и их оценки, ограниченный декларативной оценкой опасных ситуаций, зачастую не позволяет учитывать его в принятии оптимальных решений по предупреждению аварийных ситуаций ввиду отсутствия надлежащего организационного и информационного обеспечения прогнозирования и оперативного раннего распознавания опасных ситуаций.

Анализ последних достижений и публикаций. Известно, что современный уровень развития методологии анализа системных рисков базируется на рассмотрении опасных объектов и технологических процессов как статических систем с неизменяющимися во времени параметрами. Постоянно меняющиеся риски возникновения и развития аварийных ситуаций обуславливают значительные методическую и инструментальную погрешности распознавания опасных ситуаций и при идентификации признаков предаварийных ситуаций снижают достоверность и однозначность получаемой информации [1–7].

Постановка задачи и ее решение. Рассмотрим основные положения и обоснование современных принципов построения концептуальных основ методологии анализа рисков.

Потенциальный коллективный риск. При зонировании территории по уровню потенциального риска вероятность поражения людей вследствие воздействия поражающего фактора определяется с помощью известной формулы [1]:

$$P = \frac{1}{N_l} \iint_S \int_0^{2\pi} \int_0^{L_{\max}} P[\Phi(x, y)] \cdot \Psi(x, y) \cdot f(L) \varphi(\beta) dL d\beta dx dy, \quad (1)$$

где N_l – количество людей на элементарной площадке; $P[\Phi(x, y)]$ – вероятность поражения людей в точке с координатами (x, y) при воздействии поражающего фактора Φ ; $\Psi(x, y)$ – плотность людей в пределах площадки; $f(L)$ и $\varphi(\beta)$ – функции плотностей распределения вероятности соответственно дрейфа облака топливовоздушной смеси и повторяемости направления ветра за год; S – площадь территории.

Плотности вероятностей $f(L)$ и $\varphi(\beta)$ не зависят от x и y , также L не зависит функционально от β , и наоборот.

В этом случае формула (1) примет вид [1]:

$$P = \frac{1}{N_l} \left[\iint_S P[\Phi(x, y)] \cdot \Psi(x, y) \cdot dx dy \right] \cdot \left[\int_0^{2\pi} \varphi(\beta) d\beta \right] \cdot \left[\int_0^{L_{\max}} f(L) dL \right]. \quad (2)$$

Интеграл от плотности распределения вероятности в пределах всего диапазона изменения случайной величины равен единице:

$$\int_0^{2\pi} \varphi(\beta) d\beta = 1; \quad \int_0^{L_{\max}} f(L) dL = 1; \quad (3)$$

следовательно выражение (1) примет вид [1]:

$$P = \frac{1}{N_n} \left[\iint_S P[\Phi(x, y)] \cdot \Psi(x, y) \cdot dx dy \right], \quad (4)$$

где $\iint_S P[\Phi(x, y)] \cdot \Psi(x, y) \cdot dx dy$ – ожидаемое число смертельных исходов или коллективный риск (смертей/год) в пределах рассматриваемой территории площадью S .

Отношение числа ожидаемых летальных исходов в пределах рассматриваемой территории (коллективного риска) к общему числу рискующих N_n на этой территории является средним показателем индивидуального риска $R_{c\text{pind}}$.

Общий риск. В промышленной безопасности в ряде случаев используется понятие “общий риск” – общее число смертей в год в расчете на тысячу человек населения среднего возраста. Общий риск включает в себя социально-экономический и техногенный риски [1].

Социально-экономическим риском $R_{c-э}$ можно считать общее число смертей в год в расчете на тысячу человек, обусловленных недостаточным уровнем развития экономики, питания, жизни. Величину $R_{c-э}$ можно представить как функцию, зависящую, главным образом, от годового дохода человека [1]:

$$R_{c-э} = \frac{A}{\sqrt[3]{L}}, \quad (5)$$

где $A = 280$; L – годовой доход человека.

Техногенный риск – это величина общего числа смертей в расчете на тысячу человек, обусловленных хозяйственной деятельностью [1].

Индивидуальный риск определяется частотой гибели людей от поражающих факторов (или их совокупности) в определенной точке пространства и рассчитывается по известной формуле [1]:

$$R_{ind}(x, y) = \sum_{m \in M} \sum_{l \in L} P_{Q_l}(x, y) F(A_m), \quad (6)$$

где $P_{Q_l}(x, y)$ – вероятность воздействия на человека в точке с координатами (x, y) Q_l -го поражающего фактора с интенсивностью, соответствующей гибели (поражению) человека при условии реализации A_m -го события (аварии, опасного природного явления); $F(A_m)$ – частота возникновения A_m -го события в год; M – множество индексов, которое соответствует рассматриваемым событиям; L – множество индексов, которое соответствует перечню всех поражающих факторов.

Социальный риск определяется зависимостью частоты возникновения событий, вызывающих поражение определенного числа людей, которое рассчитывается по формуле [1–6]:

$$R_c(N) = \sum_{m \in M} \sum_{l \in L} p(N/Q_l) P(Q_l/A_m) F(A_m), \quad (7)$$

где $p(N/Q_l)$ – вероятность гибели N людей от Q_l -го поражающего фактора; $P(Q_l/A_m)$ – вероятность возникновения Q_l -го поражающего фактора при реализации A_m -го события; $F(A_m)$ – частота возникновения A_m -го события.

Средний за определенное время риск от события A определяется согласно формуле [1]

$$R(A) = P(A) \cdot V(A), \quad (8)$$

где $P(A)$ – повторяемость события A , имеющая размерность, обратную времени; $V(A)$ – возможный одномоментный ущерб от события A , имеющий размерность потерь.

Повторяемость в формуле (8) численно равна частоте или статистической вероятности события A и выражается числом аварийных случаев за единицу времени (отказов/месяц, аварий/год и т. д.) Риск, определенный по формуле (8), предлагается называть комбинированным или приведенным (к единице времени) в соответствии с классификатором риска [1].

В работе [1] вводятся понятия стоимостного R^* и событийного рисков R^{**} .

Событийный риск представляет собой одну из характеристик опасности негативного события. В отличие от него, стоимостный риск является показателем уязвимости объекта системы при воздействии опасности определенной интенсивности [1, 7–10].

Стоимостный риск, или размеры ущерба, в каждом конкретном случае зависят от интенсивности негативного события и от уязвимости поражаемого объекта. Уязвимость – это степень возможных потерь объекта или его отдельных элементов, обусловленных действием на него поражающих факторов определенной интенсивности.

Степень уязвимости определяют, как правило, отдельно для каждого объекта с помощью эмпирических зависимостей ущерба в социальной, экономической или экологической сферах от интенсивности этих процессов, полученных из результатов статистической обработки фактических данных или из данных моделирования негативных событий [1, 8–10].

С учетом степени уязвимости объекта формула (8) для комбинированного риска примет вид [1]:

$$R(A) = P(A)C_y(A)V_n(A), \quad (9)$$

где $C_y(A)$ – степень уязвимости объекта при событии A определенной интенсивности; $V_n(A)$ – условный полный ущерб от события A , равный численности населения, количеству или стоимости всех объектов в зоне поражения.

Социальный риск представляет собой количество людей, подверженных летальному исходу (пораженных и т. д.), чел./год. Этот показатель можно вычислить по следующей модифицированной формуле [1]:

$$R_c = P(A)P(H)C_{cy}(A)H, \quad (10)$$

где $P(H)$ – вероятность нахождения группы людей (населения, работников отрасли, туристов и т. д.) в зоне поражения; C_{cy} – степень социальной уязвимости этой группы; H – численность группы, соответствующая условному полному ущербу $V_n(A)$ в формуле (9).

Как было отмечено выше, индивидуальный риск представляет собой вероятностную характеристику возможности гибели, ранения и(или) потери здоровья одного человека из определенной группы в определенный отрезок времени по естественным причинам или в результате негативного воздействия [1, 9–10]:

$$R_{ind}(A) = P(A)P(H1)P(I)CC_y(A)H, \quad (11)$$

где $P(H1)$ – вероятность нахождения конкретного или типичного индивида в зоне поражения, соответствующая фактору занятости; $P(I)$ – вероятность оцениваемого негативного события для одного индивида из определенной группы.

По аналогии с индивидуальным риском вводится дополнительно понятие удельного экономического риска от события A [1, 8–10]:

$$R_y(A) = \frac{R_m(A)}{S}, \quad (12)$$

где $R_m(A)$ – экономический (материальный) риск от события A ; S – площадь зоны поражения при этом событии.

Данная характеристика особенно интересна для реализации объемного отображения результатов анализа рисков с целью выявления пространственных закономерностей изменения экономического риска. Подобные удельная и индивидуальная характеристики могут быть использованы и при анализе риска баз хранения топлива и других объектов, связанных с хранением горюче-смазочных материалов.

Риск от любого негативного события по-разному проявляется в социальной, экономической и экологической областях. Полный социально-эколого-экономический риск от события A будет равен сумме рисков от этого события в указанных областях [1, 8–10]:

$$R_n(A) = R_c(A) + R_m(A) + R_s(A). \quad (13)$$

Полный риск определяется по результатам детальных исследований для отдельных объектов в случае выражения всех полученных для разных факторов показателей риска в единых стоимостных показателях [1].

Анализ системных рисков при проектировании опасных объектов нефтегазового комплекса подробно рассмотрен в работах [1, 8–10].

Выводы

На основании выполненного анализа предложена функциональная схема методологии анализа риска. Реализация представленной функциональной схемы позволяет: а) количественно оценить степень риска; б) дает возможность оценить развитие аварийных ситуаций по данным “деревьев отказов” и “деревьев событий” [10].

В приведенной функциональной схеме методологии анализа риска отличительной особенностью (по сравнению с уже известными схемами) является наличие предложенных модуля определения показателя относительного риска, позволяющего учесть изменение во времени условий возникновения и развития аварийных ситуаций, и модуля управления минимизацией риска, позволяющего управлять приемлемой величиной риска по количественному критерию раннего распознавания предаварийной ситуации.

На основании проведенного анализа отметим, что система оценки системных рисков, также как и оценка воздействий (ущерба), представляет сложную иерархическую систему с нестационарными технологическими процессами, происходящими на различных стадиях реализации проектных решений в различных временных интервалах.



Рис. Функциональная схема методологии анализа техногенного риска

Список использованных источников

1. Козлитин, А. М. Развитие теории и методов оценки рисков для обеспечения промышленной безопасности объектов нефтегазового комплекса [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук / А. М. Козлитин. – Саратов, 2006. – 395 с.
2. Лисанов, М. В. Анализ риска в управлении промышленной безопасностью опасных производственных объектов нефтегазового комплекса [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук / М. В. Лисанов. – М., 2002. – 247 с.
3. Лисанов, М. В. Анализ риска промышленных объектов [Текст] / М. В. Лисанов, В. Ф. Мартынюк // Гражданская защита. – 1998. – № 6. – С. 71–73.
4. Лисанов, М. В. Методическое обеспечение декларирования промышленной безопасности [Текст] / М. В. Лисанов, А. С. Печеркин, В. И. Сидоров // Безопасность труда в промышленности. – 2000. – № 7. – С. 12–16.
5. Методология риска в надзорной деятельности. Проблемы и перспективы [Текст] / М. В. Лисанов, В. Ф. Мартынюк, А. С. Печеркин, В. И. Сидоров // Риск: наука, обучение, рынок труда: материалы междунар. науч.-практ. конф., Москва, 13–17 окт. 1996 г. – М. : ВНИИПО, 1996. – С. 336–339.
6. Лисанов, М. В. Проект методических рекомендаций для проведения анализа опасностей и рисков при декларировании безопасности промышленного объекта [Текст] / М. В. Лисанов, В. Ф. Мартынюк // Пожарная безопасность: материалы XIII Всероссийской науч.-практ. конф., Москва, 1–2 нояб. 1995 г. – М. : ВНИИПО, 1995. – С. 277–278.
7. Маршал, В. Основные опасности химических производств [Текст] : пер. с англ. – М. : Мир, 1989. – 527 с.
8. Анализ причин аварийности, мероприятий по предупреждению опасностей и ликвидации последствий аварий на объектах нефтегазодобычи и нефтепродуктопроводах [Текст] / В. В. Смирнова, В. Ф. Мартынюк, Б. Е. Прусенко и др. // Безопасность жизнедеятельности. – 2007. – № 7. – С. 33–37.
9. Суворова, В. В. О выборе допустимого индивидуального риска [Текст] / В. В. Суворова, В. Ф. Мартынюк, С. А. Грудина // Безопасность жизнедеятельности. – 2005. – № 6. – С. 36–39.
10. Управление риском. Риск. Устойчивое развитие. Синергетика [Текст] / под ред. Г. Г. Малинецкого. – М. : Наука, 2000. – 431 с.

Стаття надійшла до редакції 10.12.2014 р.