

Е. Ю. КОЛЕСНИКОВ, канд. физ.-мат. наук, доцент, Поволжский государственный технологический университет (Россия, Республика Марий Эл, 424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3; e-mail: e.konik@list.ru)

В. В. АНОХИН, начальник отдела, эксперт промышленной безопасности, Проектный институт "Союзхимпромпроект" ФГБОУ ВПО КНИТУ (Россия, Республика Татарстан, 420032, г. Казань, ул. Димитрова, 11)

Е. Ф. МАСЛОВ, главный специалист, эксперт промышленной безопасности, Проектный институт "Союзхимпромпроект" ФГБОУ ВПО КНИТУ (Россия, Республика Татарстан, 420032, г. Казань, ул. Димитрова, 11)

УДК 62.001.25

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕТОДОЛОГИИ АНАЛИЗА РИСКА АВАРИЙ

Показано, что в области анализа и количественной оценки аварийного (в частности, пожарного) риска необходимо применять скалярную метрику риска, которая характеризовала бы оба его компонента (вероятность и ущерб). Выделены четыре методологические проблемы анализа риска, ключевой из которых является проблема существования и количественной оценки неопределенности. Рассмотрены три типа неопределенности аварийного риска, принятые в международной практике: терминологическая, параметрическая и модельная. Приведены примеры источников неопределенности указанных типов.

Ключевые слова: анализ риска; проблемы методологии; критерии приемлемого риска; кадровое обеспечение; неопределенность.

DOI: 10.18322/PVB.2016.25.02.5-9

Введение

Анализ риска — бурно развивающееся междисциплинарное научное направление, область применения которого постоянно расширяется, охватывая все новые предметные области. В настоящее время в ряде "пилотных" регионов Российской Федерации реализуется апробация так называемого "риск-ориентированного" подхода к планированию надзорной деятельности — в области природоохранного дела, обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, промышленной безопасности. По указанию президента России В. В. Путина Минэкономразвития РФ разработало законопроект "О государственном и муниципальном контроле (надзоре)", согласно которому частота и глубина проверок должны быть пропорциональны уровню риска проверяемого объекта. Таким образом, значимость методологии анализа и оценки рисков неуклонно возрастает и, судя по международному опыту, будет расти и впредь.

Между тем, единый понятийный аппарат анализа риска до сих пор не сформирован, в различных предметных областях он существенно разнится. Отсутствует даже каноническое толкование базового понятия "риск", хотя подавляющая часть специалистов согласна с тем, что риск сочетает в себе оценку вероятности негативного события и обусловленного им ущерба.

Рассматривая одну из ветвей анализа риска — анализ риска аварий и чрезвычайных ситуаций (ЧС), следует заметить, что ее отличительной особенностью является сугубо больший удельный вес использования количественных показателей и математического моделирования. В связи с этим сегодня говорят об анализе и количественной оценке риска (КОР) аварий и ЧС. Памятуя о главном предназначении методологии КОР — об управлении промышленной и пожарной безопасностью, мы приходим к выводу, что целевые метрики аварийного риска (те "синтетические" показатели, которые характеризуют как вероятность, так и ущерб аварии (или ЧС)) должны быть выражены скалярным числом. Именно такой показатель риска используется, например, в работе [1]. Только в этом случае мы получим возможность сравнивать альтернативы, выбирать оптимальное решение из имеющихся вариантов проектных решений, разработанных для повышения безопасности.

Основные проблемы методологии анализа аварийного риска

Рассматривая общие проблемы методологии анализа риска аварий и чрезвычайных ситуаций, можно выделить наиболее важные из них:

- **несовершенство имеющейся методической базы.** В современной России (как в свое время

и в СССР) в области безопасности принято выполнять расчеты исключительно с использованием методических документов, утвержденных “в установленном порядке”. Сравнение отечественных методик с аналогичными зарубежными [2–4] обычно оказывается не в пользу первых, хотя и вторые далеки от идеала, не свободны от ошибок и пробелов. Эта проблема хорошо известна. К сожалению, она не может быть решена так быстро, как хотелось бы, и требует длительной кропотливой работы;

- **кадровое обеспечение.** Как известно, высшая школа России никогда не готовила и не готовит в настоящее время специалистов (бакалавров) по анализу риска. Это несоответствие между потребностью современной российской экономики, нуждающейся в услугах риск-аналитиков (риск-менеджеров), и отсутствием дипломированных специалистов данного профиля должно быть устранено;
- **отсутствие национальных критериев приемлемого риска.** Это важнейший методологический вопрос, нерешенность которого делает бессмысленным применение концепции “приемлемого риска”. Имеющиеся нормативы, например величина допустимого индивидуального пожарного риска для персонала производственного объекта, а также населения, находящегося в селитебной зоне вблизи от него, из ст. 93 Технического регламента [5], проблему не решают, так как не регламентируют пожарную безопасность имущества и объектов природной среды. Кроме того, не все поражающие факторы аварий (ЧС) обусловлены взрывами и пожарами. Так, ущерб людям, имуществу юридических и физических лиц, объектам природной среды может быть нанесен в результате выброса аварийно химически опасных веществ, не сопровождающегося их сгоранием. Существуют и другие виды ЧС — обрушения зданий и сооружений, транспортные аварии и т. д.;
- **наличие неопределенности КОР** и полное игнорирование этой проблемы в отечественных нормативно-методических документах. Любому специалисту, на практике занимающемуся КОР, хорошо известно, что все этапы этой процедуры содержат значительную неопределенность. Широко известны случаи [6], когда именно неопределенность методологии КОР позволяла проектировщикам, манипулируя данными, достигать приемлемых оценок индивидуального или социального риска проектируемых ими промышленных объектов. При этом полученные на этапе экспертизы оценки риска зачастую превышали проектные значения на два порядка и более.

Серьезная проблема отечественной методологии заключается в том, что эта неопределенность до сих пор остается у нас скрытой, несмотря на свои масштабы. Действующие отечественные нормативно-методические документы совершенно игнорируют эту ключевую проблему, не только не предлагая способов количественной оценки неопределенности (КОН) рассчитываемых параметров риска, но даже и не указывая на само существование этой неопределенности. Все расчеты рекомендуется выполнять в точечной постановке, а результат представлять также скалярной величиной.

Структура неопределенности аварийного риска

Понятие “неопределенность” имеет два аспекта — качественный и количественный. Неопределенность любого параметра модели опасного объекта, аварийного процесса, объекта-мишени (параметрическая неопределенность) обусловлена как объективными, так и субъективными факторами. К числу первых принадлежит изменчивость их свойств (например, количество горючего вещества в резервуаре в момент аварии, координаты подвижного объекта, температура атмосферного воздуха, скорость ветра и т. д.). Вторые обусловлены скудным и неточным знанием, например, физико-химических свойств горючего вещества, констант модельных уравнений и т. д.

Количественно параметрическая неопределенность может быть задана различными способами, в частности вероятностным, с помощью нечетких чисел, коэффициента неопределенности, в интервальной форме. В отличие от мнения авторов [7], по нашему представлению, интервальный способ является наиболее универсальным. Аппарат интервального анализа, в том числе с использованием современных программных продуктов, позволяет выполнять в рамках нормативных методик необходимые расчеты и получать значение метрики аварийного риска (например, величину индивидуального пожарного риска) в интервальной форме.

В настоящее время в международной практике при выполнении КОР принято выделять следующие типы неопределенности:

- 1) терминологическая;
- 2) параметрическая;
- 3) модельная:
 - сценарная;
 - концептуальная;
 - аппроксимационная;
 - вычислительная.

Приведем примеры всех вышеперечисленных типов неопределенности (см. таблицу).

Примеры наличия неопределенности при моделировании различных сценариев аварии

Тип неопределенности	Сценарий	Пример
Терминологическая	Пожар пролива	Разные толкования понятия “длина пламени”, обуславливающие различия ее величины до трех раз; нечеткое определение понятия “среднеповерхностная плотность теплового излучения”, не указывающее на учет или неучет излучений оптического диапазона
	Объемный взрыв паровоздушного облака (ПВО)	Нечеткое определение понятия “концентрация горючего вещества” (не указан период осреднения)
Модельная: – сценарная	BLEVE	Учет/неучет возможности реализации BLEVE на резервуарах с вертикальными стенками (типа РВС)
	Дрейф ПВО под действием ветра	Учет/неучет возможности дрейфа ПВО под действием ветра
– концептуальная	Пожар пролива	Моделирование пламени: а) точечным излучающим центром; б) твердым телом с излучением тепла исключительно поверхностью
	Испарение пролива	Моделирование испарения жидкости в атмосфере из пролива на основе механизма молекулярной или турбулентной диффузии
– аппроксимационная	Пожар пролива	Аппроксимация формы пламени: а) цилиндром; б) конусом; в) усеченным конусом
	Испарение пролива	Расчет удельной массовой скорости испарения: а) по нормативной методике МЧС РФ [8]; б) по модели Саттона; в) по модели Кавамуры и МакКея (Kawamura & MacKay)

Параметрическая неопределенность имманентна, т. е. имеет место при любом моделировании и обусловлена тем обстоятельством, что большая часть параметров модели либо объективно варьирует (например, температура атмосферного воздуха, количество опасного вещества в резервуаре), либо может быть представлена некоторым интервалом (диапазоном), отражающим имеющееся неточное знание величины параметра.

Как показал наш анализ, очень большая неопределенность сопутствует оценке вероятности событий, а также на этапе оценки ущерба. Укрупненно можно выделить два типа источников данной неопределенности — качественные и количественные. Приведем несколько типичных источников неопределенности данного этапа на примере эффектов воздействия теплового излучения:

1) качественного типа:

- отсутствие учета экологического ущерба, обусловленного воздействием теплового потока пламени, огненного шара и т. п. (кроме СТО Газпром [9]);
- отсутствие учета в большей части Руководств по КОР наличия защиты от воздействия на людей теплового излучения (одежды и специальных укрытий);

- отсутствие учета спектрального состава излучения;
- отсутствие указаний в большей части Руководств на способ избежать двойного учета людей в облучаемой популяции, получающих различную степень поражения при различных сценариях аварии;

- расчетные соотношения для пробит-функции поражения человека тепловым излучением, рекомендуемые большей частью Руководств по КОР, не учитывают: а) нелетальное поражение (ожоги различной степени); б) возможное непостоянство интенсивности падающего теплового потока и т. д.;

2) количественного типа:

- различие пороговых значений безопасной интенсивности продолжительного облучения — 4 и 1 кВт/м²;
- различие величин коэффициентов в расчетном выражении для пробит-функции летального исхода при облучении человека тепловым потоком в различных Руководствах по КОР.

Отметим, что в ведомственном Руководстве по КОР [8], разработанном ОАО “Газпром”, этап оценки ущерба при авариях проработан лучше, чем в федеральных документах [8, 10, 11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фирсов А. В. Об определении расчетных величин индивидуального пожарного риска // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2012. — № 4. — С. 27–34.

2. CPR 14E. Methods for the calculation of physical effects (3rd ed.). — The Hague : The Netherlands Organization of Applied Scientific Research, 2005.
3. Guidelines for chemical process quantitative risk analysis (2nd ed.). — Wiley-AIChE, 2000. — 748 p. DOI: 10.1002/9780470935422.
4. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering (3rd ed.). — Bethesda, 2002. — 1604 p.
5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
6. Колесников Е. Ю. Анализ техногенного риска: проблемы и неопределенности // Проблемы анализа риска. — 2013. — Т. 10, № 5. — С 14–20.
7. Markowski A. S., Mannan M. S., Kotynia A. (Bigoszevska), Siuta D. Uncertainty aspects in process safety analysis // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. — 2010. — Vol. 23, No. 3. — P. 446–454. DOI: 10.1016/j.jlp.2010.02.005.
8. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404; введ. 10.07.2009 (в ред. приказа МЧС России от 14.12.2010 № 649). URL: <http://base.garant.ru/196118> (дата обращения: 10.08.2015).
9. СТО Газпром 2-2.3-351–2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО “Газпром”. — Введ. 30.12.2009. — М. : ООО “Газпром экспо”, 2009. — 379 с.
10. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств : приказ Ростехнадзора от 11.03.2013 № 96; введ. 10.12.2013. — М. : НТЦ “Промышленная безопасность”, 2013. — Серия 09, Вып. 37.
11. Руководство по безопасности “Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности” : приказ Ростехнадзора от 27.12.2013 № 646; введ. 27.12.2013. — М. : НТЦ “Промышленная безопасность”, 2014. — Серия 09, Вып. 38.

Материал поступил в редакцию 31 августа 2015 г.

Для цитирования: Колесников Е. Ю., Анохин В. В., Маслов Е. Ф. Основные проблемы методологии анализа риска аварий // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 2. — С. 5–9. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.02.5-9.

English

MAIN PROBLEMS OF EMERGENCY RISK ASSESSMENT METHODOLOGY

KOLESNIKOV E. Yu., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Docent, Volga State University of Technology (Lenina Sq., 3, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation; e-mail address: e.konik@list.ru)

ANOKHIN V. V., Head of Department, Expert of Industrial Safety, Design Institute “Soyuzkhimpromproekt” of Kazan National Research Technological University (Dimitrova St., 11, Kazan, 420032, Russian Federation)

MASLOV E. F., Senior Specialist, Expert of Industrial Safety, Design Institute “Soyuzkhimpromproekt” of Kazan National Research Technological University (Dimitrova St., 11, Kazan, 420032, Russian Federation)

ABSTRACT

Currently, the scope of the methodology of risk analysis continues to expand. With regard to the emergency (fire in particular) it's more correct to speak about security analysis and quantitative risk assessment (QRA). Accidental risk metric that describes a probability and accident damage, it should express the scalar number.

There are four most important issues of this methodologies today:

- imperfection of the existing methodological framework;
- staffing (human resources);
- absence of federal criteria of acceptable risk;
- presence of uncertainty on all stages of the QRA.

Despite the fact that around the world the presence of uncertainty and methods of its quantitative assessment in the performance of the QRA has long been widely studied, this problem is ignored in Russia.

Uncertainty has two aspects — quantitative and qualitative. Analyzing the sources of uncertainty, it decided to allocate the following types: terminological, parametric and model. The latter, in turn, are subdivided into scenario, conceptual and approximating. One can cite a few concrete examples of the different types sources of uncertainty of fire risk.

According to the analysis, the greatest uncertainty is accompanied assessing the likelihood of events and stage assessment of the damage. In the latter case it is possible to allocate uncertainty of qualitative and quantitative type.

Keywords: risk analysis; methodological problems; acceptable risk criteria's; human resources; uncertainty.

REFERENCES

1. Firsov A. V. Ob opredelenii raschetnykh velichin individualnogo pozharnogo riska [On defining calculated values of individual fire risk]. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya — Fire and Emergencies: Prevention, Elimination*, 2012, no. 4, pp. 27–34.
2. *CPR 14E. Methods for the calculation of physical effects* (3rd ed). The Hague, The Netherlands Organization of Applied Scientific Research, 2005.
3. *Guidelines for chemical process quantitative risk analysis* (2nd ed.). Wiley-AICHe, 2000. 748 p. DOI: 10.1002/9780470935422.
4. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (3rd ed.). Bethesda, 2002. 1604 p.
5. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
6. Kolesnikov E. Yu. Analiz tekhnogennogo riska: problemy i neopredelennosti [Technogenic risk analysis: problems and uncertainty]. *Problemy analiza riska — Issues of Risk Analysis*, 2013, vol. 10, no. 5, pp. 14–20.
7. Markowski A. S., Mannan M. S., Kotynia A. (Bigoszewska), Siuta D. Uncertainty aspects in process safety analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2010, vol. 23, no. 3, pp. 446–454. DOI: 10.1016/j.jlp.2010.02.005.
8. *Technique of determination of settlement sizes of fire risk on production objects*. Order of Emercom of Russia on 10.07.2009 No. 404 (red. on 14.12.2010). Available at: <http://base.garant.ru/196118> (Accessed 10 August 2015) (in Russian).
9. *Standard of Gazprom 2-2.3-351–2009. Risk analysis techniques for hazardous gas-transport facilities gas companies “Gazprom”*. Moscow, OOO “Gazprom ekspozitsiya”, 2009. 379 p. (in Russian).
10. *Common rules of explosion safety for fire-explosion dangerous objects of chemical, petrochemical and oil-refining industry*. Order of Rostekhnadzor on 11.03.2013 No. 96. Moscow, Scientific and Technological Center “Fire Safety”, 2013, series 09, issue 37 (in Russian).
11. *Safety manual “Technique on accidental risk assessment of dangerous production objects of oil-refining, petro- and gaschemical industry”*. Order of Rostekhnadzor on 27.12.2013 No. 646. Moscow, Scientific and Technological Center “Fire Safety”, 2014, series 09, issue 38 (in Russian).

For citation: Kolesnikov E. Yu., Anokhin V. V., Maslov E. F. Osnovnyye problemy metodologii analiza riska avariyy [Main problems of emergency risk assessment methodology]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 2, pp. 5–9. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.02.5-9.