

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2019.90.9.036

Об оценке риска комплексного воздействия некоторых поражающих факторов на потенциально опасные объекты экономики

Зырянов Сергей Иванович

Кандидат физико-математических наук,
доцент,

Московский финансово-промышленный университет «Синергия»,
125190, Российская Федерация, Москва, просп. Ленинградский, 80;
e-mail: lonly5@yandex.ru

Аннотация

В статье предложена методика экспресс-оценки риска выхода из строя взрывоопасных элементов потенциально опасных объектов экономики при воздействии на них некоторых поражающих факторов чрезвычайных ситуаций. Автор отмечает, что вопросы промышленной безопасности являются весьма актуальными для сегодняшнего дня. Проблема имеет огромное социально-политическое значение в области обеспечения национальной безопасности Российской Федерации. Государство не может и не должно ежегодно нести колоссальные потери в виде человеческих жизней, существенного морального, материального и экологического ущерба. В настоящее время частота возникновения чрезвычайных ситуаций в России с гибелью людей существенно превышает показатели развитых стран. Проведенные расчеты подтверждают возможность применения предлагаемого методического аппарата для оценки рисков комплексного воздействия поражающих факторов на потенциально опасные объекты экономики и разработки организационно-технических мероприятий, направленных на неусугубление последствий таких воздействий.

Для цитирования в научных исследованиях

Зырянов С.И. Об оценке риска комплексного воздействия некоторых поражающих факторов на потенциально опасные объекты экономики // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. № 9А. С. 374-379. DOI: 10.34670/AR.2019.90.9.036

Ключевые слова

Потенциально опасные объекты экономики, поражающие факторы, взрывоопасные элементы, экспресс-оценка состояния взрывоопасных элементов, платежная матрица, штрафы за принятие решений, неусугубление последствий.

Введение

В Российской Федерации количество потенциально опасных объектов экономики превышает 7 тысяч, при этом в случае возникновения на них чрезвычайных ситуаций в зонах возможного действия поражающих факторов может оказаться свыше 5 млн человек [Радаев, 2000]. При этом как количество потенциально опасных объектов экономики, так и численность подвергаемого риску населения весьма неравномерно распределены по территории страны [там же].

В результате чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах экономики могут образовываться поражающие факторы различной природы, при этом механические и термические воздействия на взрывоопасные элементы объектов являются наиболее опасными. В определенных условиях под воздействием этих факторов возможен переход таких элементов в состояние повышенной взрывоопасности, угрожающее, при непринятии адекватных организационно-технических мер, взрывом элемента и причинением объекту экономики, его персоналу, населению и окружающей среде дополнительного ущерба. В подобных ситуациях важное значение приобретает своевременная и достоверная экспресс-оценка состояния аварийного взрывоопасного элемента.

Математическая модель

Предлагаемая методика экспресс-оценки состояния взрывоопасных элементов после комплексных механических и термических воздействий поражающих факторов чрезвычайных ситуаций должна обеспечить принадлежность элемента к одному из двух классов состояний:

1) взрывоопасный элемент не поврежден или имеет повреждения, не препятствуют его использованию по назначению или допускает использование по назначению с отдельными ограничениями;

2) взрывоопасный элемент имеет повреждения, приводящие к повышению его взрывоопасности.

Примем следующие основные допущения.

1. В результате комплексного воздействия рассматриваемых поражающих факторов составная часть может принадлежать лишь к одному из двух состояний:

А. Пригодное для применения состояние (Ω_1). Сложное событие принадлежности составной части к данному состоянию есть произведение элементарных событий неповреждения составной части ни одним из поражающих воздействий:

$$\Omega_1 = \Omega_1^h \wedge \Omega_1^n \wedge \Omega_1^T; \quad (1)$$

Б. Взрывоопасное состояние (Ω_2). Сложное событие принадлежности составной части к данному состоянию есть сумма элементарных событий повреждения составной части, приводящее к повышению взрывоопасности:

$$\Omega_2 = \Omega_2^h \wedge \Omega_2^n \wedge \Omega_2^T; \quad (2)$$

Оба сложных события Ω_1 и Ω_2 являются несовместными и образуют полную группу. В качестве элементарных событий $\Omega_p^h, \Omega_p^n, \Omega_p^T$, где $p = \overline{1,2}$, выступают события принадлежности

составной части к состоянию Ω_p в результате воздействия по отдельности только фрагментов других разрушенных элементов потенциально опасных объектов экономики (поражающих фрагментов), перегрузок, возникших в результате воздействия воздушной ударной волны взрыва других взрывоопасных элементов и пожаров соответственно.

2. Воздействия на составную часть взрывоопасного элемента поражающих фрагментов, перегрузок и тепловых полей являются независимыми событиями (может быть принято в силу того, что последовательность рассматриваемых воздействий разнесена во времени: вначале элемент подвергается воздействию поражающих фрагментов, затем подойдет ударная волна и в последнюю очередь возможен нагрев взрывоопасного элемента пожарами) [Вентцель, Овчаров, 1987].

3. Степень повреждения составной части взрывоопасного элемента не зависит от того, каким воздействиям они подвергались ранее, т.е. накопления ущерба не происходит (является приемлемым, поскольку осуществляется экспресс-оценка, в последующем полная диагностика и инструментальный контроль способны устранить возможную ошибку) [Трухаев, 1981].

4. События принадлежности составной части взрывоопасного элемента к одному из состояний $\Omega_p, p = \overline{1,2}$ в результате воздействия отдельно взятого поражающего фактора чрезвычайной ситуации являются несовместными и образуют полную группу [Савчук, 1989].

Для принятия решения о состоянии взрывоопасного элемента после воздействий поражающих факторов чрезвычайных ситуаций на основе байесовской стратегии вероятностной оценки необходимо иметь в качестве исходных данных: конечное множество качественно различных состояний Ω_p (в данном случае $p = \overline{1,2}$), словарь признаков $\{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N\}$ состояния элемента, априорные вероятности нахождения элемента в каждом состоянии $P(\Omega_p), p = \overline{1,2}$ и условные плотности распределения $f_p(x_1, x_2, \dots, x_N), p = \overline{1,2}$, значений признаков состояния элемента для каждого состояния $\Omega_p, p = \overline{1,2}$.

Поскольку состояние взрывоопасного элемента в конечном итоге определяется состоянием его составных частей, для определения словаря признаков состояния элемента могут быть применены известные соотношения теории надежности, соответствующим образом доработанные для учета особенностей диагностируемого элемента, а в качестве априорного словаря признаков его состояний приняты количественные параметры состояния его T составных частей, состояние которых однозначно определяет состояние взрывоопасного элемента в соответствии с приведенной выше классификацией $\Omega_p, p = \overline{1,2}$, (словарь признаков будет иметь вид $x = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_T\}, i = \overline{1, T}$).

При определении условных плотностей распределения $f_p(x_1, x_2, \dots, x_T), p = \overline{1,2}$ значений признаков состояния взрывоопасного элемента выбор аналитических зависимостей, с приемлемой точностью характеризующих соответствующие классы его состояния $\Omega_p, p = \overline{1,2}$, может быть осуществлен на основе анализа возможных комбинаций признаков состояния элемента, соответствующих тому или иному классу $\Omega_p, p = \overline{1,2}$, предполагая, что в результате воздействий поражающих факторов чрезвычайных ситуаций составные части взрывоопасного элемента могут находиться в двух достоверных состояниях: поражённом – 1 и непораженном – 0. При этом учитываются независимость распределения признаков состояния элемента и свойство плотности распределения.

Штрафы, условно назначаемые за правильные и неправильные решения о принадлежности взрывоопасного элемента к тому или иному состоянию $\Omega_p, p = \overline{1,2}$, характеризуют потери при принятии ошибочных решений, а также «потери» правильных решений и представляют собой элементы платежной матрицы вида:

$$C = \begin{vmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{vmatrix}. \quad (3)$$

В главной диагонали платежной матрицы расположены значения потерь при правильных решениях, по обеим сторонам от нее – потери при ошибочных решениях. Выбор конкретных численных значений элементов c_{pg} платежной матрицы при неизвестных реальных стоимостях принятия решений может быть осуществлен на основе следующих положений:

- 1) за правильные решения назначаются нулевые штрафы;
- 2) за ошибочные решения, за исключением принятия неправильного решения при определении взрывоопасного состояния, назначаются единичные штрафы;
- 3) штраф за принятие неправильного решения в случае определения взрывоопасного состояния назначается таким образом, чтобы при достоверных поражениях или непоражениях всех составных частей взрывоопасного элемента значение признака, соответствующего взрывоопасному состоянию элемента, большее 0,1 делало бы невозможным принятие решения, отличного от признания состояния взрывоопасным.

Заключение

Вопросы промышленной безопасности являются весьма актуальными для сегодняшнего дня. Проблема имеет огромное социально-политическое значение в области обеспечения национальной безопасности Российской Федерации. Государство не может и не должно ежегодно нести колоссальные потери в виде человеческих жизней, существенного морального, материального и экологического ущерба. В настоящее время частота возникновения чрезвычайных ситуаций в России с гибелью людей существенно превышает показатели развитых стран.

Проведенные расчеты, выполненные по изложенным выше методикам, подтверждают возможность применения предлагаемого методического аппарата для оценки рисков комплексного воздействия поражающих факторов на потенциально опасные объекты экономики и разработки организационно-технических мероприятий, направленных на неусугубление последствий таких воздействий.

Библиография

1. Абезгауз Г.Г. и др. Справочник по вероятностным расчетам. М., 1970. 536 с.
2. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980.
3. Биргер И.А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1987. 239 с.
4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятности. М.: Радио и связь, 1983. 416 с.
5. Гардинер К.В. Стохастические методы в естественных науках. М.: Мир, 1986. 526 с.
6. Климонтович Ю.Л. Статистическая теория открытых систем. М.: Янус-К, 1995. 622 с.
7. Котляревский В.А., Штатов А.А., Ханухов Х.М. Безопасность резервуаров и трубопроводов. М.: Экономика и информатика, 2000. 555 с.
8. Радаев Н.Н. Элементы теории риска эксплуатации потенциально опасных объектов. М., 2000. 323 с.
9. Савчук В.П. Байесовские методы статистического оценивания. Надёжность технических систем. М.: Наука, 1989. 323 с.

10. Сенюшкин Н.С., Ахтямов Р.Г., Доценко В.А., Харитонов В.Ф. Оценка состояния потенциально опасных объектов // Молодой ученый. 2011. № 11. Т. 1. С. 59-61. URL: <https://moluch.ru/archive/34/3857>
11. Трубецков Д.И., Мчедлова Е.С., Красичников Л.В. Введение в теорию самоорганизации открытых систем. 2-е изд. М.: Физматлит, 2005. 211 с.
12. Трухаев Р.И. Модели принятия решений в условиях неопределенности. М.: Наука, 1981. 258 с.

On the assessment of the risk of complex effects of some damage factors to potentially dangerous economic objects

Sergei I. Zyryanov

PhD in Physics and Mathematics,
Associate Professor,
Moscow University for Industry and Finance "Synergy",
125190, 80, Leningradskii av., Moscow, Russian Federation;
e-mail: lonly5@yandex.ru

Abstract

The author of this article proposes a methodology for the rapid assessment of the risk of failure of explosive elements of potentially dangerous objects of the economy when exposed to some of the damage factors of emergencies. The author notes that industrial safety issues are very relevant for today. The problem has great socio-political significance in the field of ensuring the national security of the Russian Federation. The state cannot and should not annually suffer enormous losses in the form of human lives, substantial moral, material and environmental damage. Currently, the frequency of emergencies in Russia with loss of life significantly exceeds the performance of developed countries. As a result of emergency situations, potentially dangerous objects of the economy can produce damaging factors of various nature, while the mechanical and thermal effects on the explosive elements of the objects are the most dangerous. In such situations, timely and reliable rapid assessment of the state of an emergency explosive element becomes important. The performed calculations confirm the possibility of using the proposed methodological apparatus for assessing the risks of the complex effects of damaging factors on potentially dangerous economic objects and developing organizational and technical measures aimed at not aggravating the consequences of such effects.

For citation

Zyryanov S.I. (2019) Ob otsenke riska kompleksnogo vozdеistviya nekotorykh porazhayushchikh faktorov na potentsial'no opasnye ob"ekty ekonomiki [On the assessment of the risk of complex effects of some damage factors to potentially dangerous economic objects]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 9 (9A), pp. 374-379. DOI: 10.34670/AR.2019.90.9.036

Keywords

Potentially dangerous objects of the economy, damage factors, explosive elements, rapid assessment of the state of explosive elements, payment matrix, fines for decision-making, non-aggravation of consequences.

References

1. Abezgauz G.G. et al. (1970) *Spravochnik po veroyatnostnym raschetam* [Handbook of probabilistic calculations]. Moscow.
2. Beshelev S.D., Gurvich F.G. (1980) *Matematiko-statisticheskie metody ekspertnykh otsenok* [Mathematical and statistical methods of expert assessments]. Moscow: Statistika Publ.
3. Birger I.A. (1987) *Tekhnicheskaya diagnostika* [Technical diagnostics]. Moscow: Mashinostroyeniye Publ.
4. Gardiner K.V. (1986) *Stokhasticheskie metody v estestvennykh naukakh* [Stochastic methods in the natural sciences]. Moscow: Mir Publ.
5. Klimontovich, Yu.L. (1995) *Statisticheskaya teoriya otkrytykh sistem* [Statistical theory of open systems]. Moscow: Yanus-K Publ.
6. Kotlyarevskii V.A., Shatalov A.A., Khanukhov Kh.M. (2000) *Bezopasnost' rezervuarov i truboprovodov* [Safety of reservoirs and pipelines]. Moscow: Ekonomika i informatika Publ.
7. Radaev N.N. (2000) *Elementy teorii riska ekspluatatsii potentsial'no opasnykh ob"ektov* [Elements of the theory of risk in operating potentially dangerous objects]. Moscow.
8. Savchuk V.P. (1989) *Baiesovskie metody statisticheskogo otsenivaniya. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem* [Bayesian methods of statistical estimation. Reliability of technical systems]. Moscow: Nauka Publ.
9. Senyushkin N.S., Akhtyamov R.G., Dotsenko V.A., Kharitonov V.F. (2011) Otsenka sostoyaniya potentsial'no opasnykh ob"ektov [Assessment of the status of potentially dangerous objects]. *Molodoi uchenyi* [Young scientist], 11. vol. 1, pp. 59-61. Available at: <https://moluch.ru/archive/34/3857> [Accessed 12/11/19].
10. Trubetskov D.I., Mchedlova E.S., Krasichnikov L.V. (2005) *Vvedenie v teoriyu samoorganizatsii otkrytykh sistem* [Introduction to the theory of self-organization of open systems], 2nd ed. Moscow: Fizmatlit Publ.
11. Trukhaev R.I. (1981) *Modeli prinyatiya reshenii v usloviyakh neopredelennosti* [Models of decisionmaking under uncertainty]. Moscow: Nauka Publ.
12. Venttsel' E.S., Ovcharov L.A. (1983) *Prikladnye zadachi teorii veroyatnosti* [Applied problems of probability theory]. Moscow: Radio i svyaz' Publ.