

*О.М. Ларін, д.т.н., професор, НУЦЗУ,
Є.М. Грінченко, к.т.н., доцент, докторант, НУЦЗУ,
Д.Л. Соколов, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,
Р.М. Федоренко, к.т.н., заст. нач. НПРЧ, НУЦЗУ*

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ПОЖЕЖНОГО РИЗИКУ РЕЗЕРВУАРУ З НАФТОПРОДУКТОМ ПРИ ВИНИКНЕННІ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

(представлено д-ром техн. наук Басмановим О.Є.)

Проведено порівняльний аналіз двох різних методів оцінки індивідуального ризику від пожежі резервуару з нафтопродуктом. Доведено збіжність результатів оцінки ризику, отримані різними методами. Підтверджено адекватність розроблених моделей.

Ключові слова: резервуар, нечітка логіка, індивідуальний ризик, алгоритм Мамдані, методи оцінки ризику.

Постановка проблеми. Небезпеки і ризику, що виникають в ході життєвого циклу резервуару, визначаються дією чинників, різноманітних за своєю природою. Крім чинників, здатних безпосередньо викликати аварійну ситуацію, існують певні поєднання чинників, нешкідливих окремо і здатних у сукупності спричинити аварійну ситуацію.

Кожна аварійна ситуація може виникнути по відношенню до певної жертви – об'єкту ризику. Співвідношення об'єктів ризику і небажаних подій дозволяє розрізняти індивідуальний, технічний, екологічний, соціальний та економічний ризику. Кожен вид його обумовлюють характерні джерела та фактори ризику, класифікацію і характеристику яких наведено в [1, 2].

У зв'язку з цим важливою проблемою щодо систем оцінки ризику є визначення методів, за допомогою яких створюються алгоритми при прогнозуванні ризику пожежі в резервуарі з нафтопродуктом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковими дослідженнями з питань визначення рівня ризику при зберіганні нафтопродуктів в резервуарних парках займалися відомі вчені – Акімов В.А. [1, 2], Елохин А.Н. [3], Басманов А.Е. [4], Козлитин А.М. [5], Владимиров В.А. [6]. та ін. Аналіз їх праць свідчить на недостатню увагу питанням, що пов'язані із визначенням ризику виникнення пожеж і інших надзвичайних ситуацій при експлуатації резервуарів, та порівнянню різних методів визначення таких ризиків.

Постановка завдання та його вирішення. При оцінці ризику, як ймовірно-статистичними методами [7], так і з використанням нечітких систем [8] будемо використовувати однакові вихідні дані, зокрема, одну і ту ж середньостатистичну частоту розгерметизації резервуара для зберігання ЛЗР.

Умовні ймовірності ураження модельованої аварії представлені в табл. 1.

Табл. 1. Умовні ймовірності ураження

Маса ЛЗР, що бере участь у вибуху, кг	Приведена маса, кг	Надлишковий тиск ΔP , кПа	Імпульс хвилі тиску i , Па	«Пробіт» функція, P_r	Умовна ймовірність ураження
2000	1570	100	502,2	6,327747	91%
1000	785	100	397,8	5,764251	78%
800	628	100	369,7	5,587116	72%
500	392	100	316,6	5,212199	58%

Ймовірність реалізації механізму впливу визначає, яким буде подальший розвиток модельованої аварії, які вражаючи чинники діятимуть на спорудження об'єкта і персонал. У даній роботі, в цілях наочності, враховуються середньостатистичні значення одного з її чинників – появи джерела запалювання. Умовна ймовірність згоряння з утворенням надлишкового тиску при утворенні пального газопароповітряних хмари і наступним його займанням для ЛЗР, якої є товарна нафта – 0,05 1/год [9].

Оцінка потенційного пожежного ризику на території розглянутого об'єкта за ймовірнісно-статистичною методикою проводилася з метою, що запропонована у [7], при використанні систем нечіткого виводу в них враховувалися три чинники: ймовірність аварії, ймовірність запалювання і ймовірність ураження [8]. Результати даних розрахунків представлені в табл. 2.

Представлені дані ілюструють збіжність результатів оцінки ризику за запропонованими системам нечіткого виводу, це свідчить про правильність побудови даних систем. А також, доводить можливість і правильність застосування математичного апарату нечіткої логіки до досліджуваної області. Крім того, наочно видно, що результати оцінки потенційного ризику традиційним і пропонуваним методами мають однакові порядки чисел, це також говорить про правильність побудови нечітких систем і про дотримання в них всіх закономірностей властивих традиційному підходу.

Використання математичного апарату нечіткої логіки дозволило здійснити розвиток закономірностей традиційного підходу, шляхом врахування нечіткості, і отримати більш точні результати оцінки потенційного пожежного ризику.

Табл. 2. Прогнозований потенційний пожежний ризик

Ступінь ураження	Ймовірнісно-статистичний метод, 1/рік	Система нечіткого виводу (Mamdani), 1/рік
Зона смертельного ураження, R_1	$2,99 \cdot 10^{-6}$	$2,79 \cdot 10^{-6}$
Зона тяжкого ураження, R_2	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$1,51 \cdot 10^{-6}$
Зона сильного ураження, R_3	$9,54 \cdot 10^{-7}$	$8,98 \cdot 10^{-7}$
Зона легкого ураження, R_4	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$1,41 \cdot 10^{-7}$

Характер розподілу отриманих випадкових значень потенційного пожежного ризику являє собою логнормальний розподіл (рис. 1 і рис. 2).

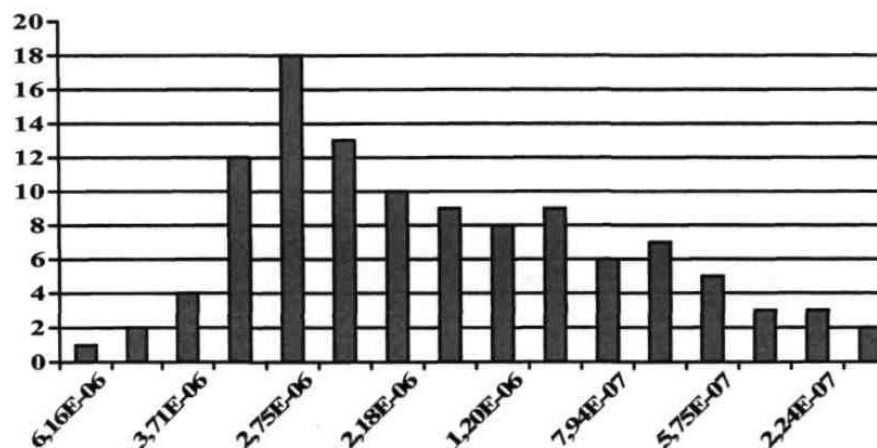


Рис. 1. Приклад розподілу потенційного пожежного ризику (система нечіткого виводу алгоритм Mamdani)

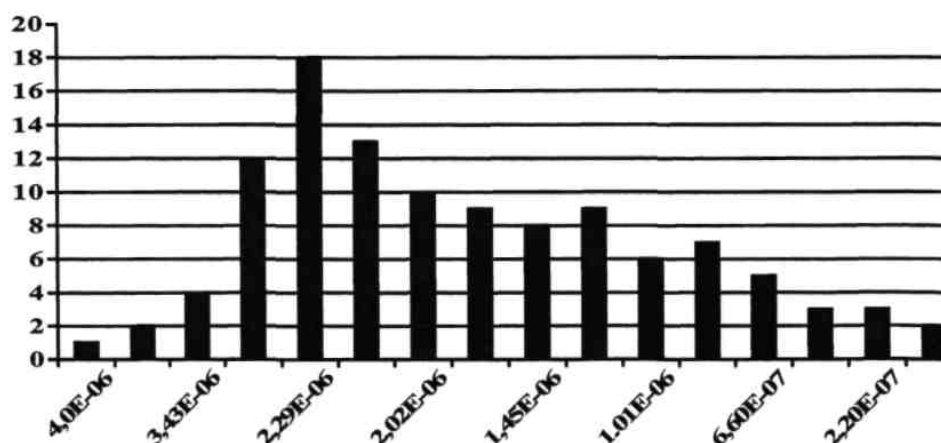


Рис. 2. Приклад розподілу потенційного пожежного ризику (ймовірнісно-статистичний метод)

Слід підкреслити, що, швидше за все, отриманий розподіл характерний тільки для даної конкретної вибірки і особливого значення на вирішення поставленої наукової задачі не надає.

Результати статистичного аналізу представлені в табл. 3.

Табл. 3. Результати статистичного аналізу

Параметр	Розподіл на основі ймовірнісно-статистичного методу	Розподіл на основі системи нечіткого виводу (Mamdani)
Середнє	$2,136 \cdot 10^{-6}$	$2,023 \cdot 10^{-6}$
Середньоквадратичне відхилення	$0,964 \cdot 10^{-6}$	$1,487 \cdot 10^{-6}$
Дисперсія вибірки	$0,929 \cdot 10^{-12}$	$1,21 \cdot 10^{-12}$

З даних видно, що параметри розподілів отриманих шляхом обробки даних кожного експерименту, проведених ймовірнісно-статистичним методом і з використанням розробленої нечіткої системи, співставні і мають хорошу збіжність.

Таким чином, можна зробити висновок про достовірність результатів оцінки ризику, отриманих на основі розроблених систем нечіткого виводу. А також про те, що ці результати мають більш високу ступінь достовірності, так як вони базуються на закономірностях властивих ймовірнісно-статистичному методу і враховують нечіткість, викликану складністю зв'язків між факторами ризику.

Для того, щоб оцінити рівень індивідуального пожежного ризику, необхідно врахувати такий фактор, як ймовірність присутності працівника на території об'єкта, а саме в зоні дії вражаючих факторів, розглянутого сценарію аварії.

Оцінка за ймовірнісно-статистичним методом проводилася з використанням формули наведеної у [7], яка враховує ймовірність присутності персоналу. При використанні розроблених систем нечіткого виводу в них також враховувався четвертий фактор імовірності присутності.

Результати оцінки індивідуального пожежного ризику представлені в табл. 4.

Табл. 4. Індивідуальний пожежний ризик

Ймовірнісно-статистичний метод, 1/рік	Система нечіткого виводу (Mamdani), 1/рік
$9,93 \cdot 10^{-8}$	$8,31 \cdot 10^{-7}$

Аналіз даних таблиці 4 показує, що результати оцінки індивідуального пожежного ризику по розглянутому сценарію аварії, отримані з використанням ймовірнісно-статистичного методу на порядок нижче,

ніж результати оцінки з використання розроблених нечітких систем. Слід також відзначити, що семантика правил повністю відповідає логічним і математичним закономірностям, властивим сфері пожежного ризику.

Таке завдання було поставлене, так як розроблені нечіткі системи в сукупності з розробленою методикою бальної оціночної системи визначення ймовірності аварії цілеорієнтованої на виявлення неприпустимого і контрольованого рівня ризику. Адже результати оцінки індивідуального пожежного ризику за ймовірнісно-статистичним методом [9] в абсолютній більшості випадків лежать в області прийнятих і суттєво малих значень. Це не дозволяє використовувати рівень індивідуального пожежного ризику як кількісний показник небезпеки підприємства та механізм прийняття рішень.

Розвиваючи тему зниження результатів оцінки, отриманих ймовірнісно-статистичним методом, слід сказати про те, що істотний вплив на це роблять середньостатистичні ймовірності аварії. Вони не враховують індивідуальних особливостей аналізованого об'єкта, якраз для вирішення цього питання була розроблена методика бальної оціночної системи.

Крім того, не менше значення на зниження результатів оцінки ризику надає ймовірність реалізації механізму впливу. Але як згадувалося раніше, в цілях наочності, описувана в даній роботі процедура оцінки ризику враховує лише її частину, а саме умовну ймовірність згоряння.

Висновки. Таким чином, можна зробити висновок, що результати оцінки індивідуального пожежного ризику, отримані шляхом застосування розробленого алгоритму з нечіткими множинами, є достовірними і ступінь достовірності результатів вище, в порівнянні з результатами оцінки ризику за алгоритмом із застосуванням ймовірнісно-статистичного методу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Акимов В.А. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски / Акимов В.А., Новиков В.Д., Радаев Н.И. // – М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2001. – 341 с.
2. Акимов В.А. Надежность технических систем и техногенный риск / Акимов В.А., Лапин В.Л., Попов В.М. и др. // – М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2002. – 367 с.
3. Елохин А.Н. Анализ и управление риском: теория и практика. – 2-ое изд. – М.: Полимедиа, 2002. – 192 с.
4. Абрамов Ю.А. Оценка риска деформации или взрыва резервуара при пожаре в резервуарном парке Абрамов Ю.А., Басманов А.Е. // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Сб. научных трудов. – Харьков: ХНАДУ, 2006. – Вып. 32. – С. 90-92.

5. Козлитин А.М. Теоретические основы и практика анализа техногенных рисков. Вероятностные методы количественной оценки опасностей техносферы / А.М. Козлитин, А.И. Попов, П.А. Козлитин // Саратов: СГТУ, 2002. – 180 с.

6. Владимиров В.А. Оценка риска и управление техногенной безопасностью / В.А. Владимиров, В.И. Измалков, Л.В. Измалков // Монография. – М.: Деловой экспресс, 2002 – 184 с.

7. Грінченко Є.М. Метод визначення колективного ризику при виникненні надзвичайної ситуації на підприємстві по збереженню нафтопродуктів / Грінченко Є.М., Соколов Д.Л., Федоренко Р.М., Собина В.О. // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: НУЦЗУ, 2014. – Вип. 20. – С 38 – 43.

8. Грінченко Є.М. Використання теорії нечітких множин для оцінки пожежного ризику резервуару з нафтопродуктом / Грінченко Є.М., Соколов Д.Л., Федоренко Р.М., Ларін О.М. // Проблеми пожежної безпеки. Сб. науч. тр. Вип. 36. – Харьков: НУГЗУ, 2014. стр. 131-140.

9. Брушлинский Н.Н. Моделирование пожаров и взрывов / Под ред. Н.Н. Брушлинского, А.Я. Корольченко / М.: Пожнаука, 2000. – 492 с.

А.Н. Ларин, Е.Н. Гринченко, Д.Л. Соколов, Р.Н. Федоренко

Сопоставление методов оценки пожарного риска резервуаров с нефтепродуктами при возникновении чрезвычайной ситуации

Проведен сравнительный анализ двух различных методов оценки индивидуального риска пожара резервуара с нефтепродуктом. Доказана сходимость результатов оценки риска, полученные различными методами. Подтверждена адекватность разработанных моделей.

Ключевые слова: резервуар, нечеткая логика, индивидуальный риск, алгоритм Мамдани, методы оценки риска.

A.N. Larin, Ye.N. Grinchenko, D.L. Sokolov, R.N. Fedorenko

Comparison of risk assessment fire tanks with oil products at the extraordinary situation

A comparative analysis of the two different methods for assessing individual risk of fire tank with mineral oil. The convergence of the risk assessment results, obtained by different methods. The adequacy of the developed models.

Keywords: tank, fuzzy logic, the individual risk algorithm Mamdani, methods of risk assessment.