

УДК 614.8

О.М. Ларін, д-р техн. наук, проф., Є.М. Грінченко, канд. техн. наук, Р.М. Федоренко

ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОГО РИЗИКУ ВІД НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ НА РЕЗЕРВУАРІ З НАФТОПРОДУКТОМ

В роботі розглянуто алгоритм оцінки ризику при виникненні надзвичайної ситуації на резервуарі з нафтопродуктом. Основну увагу приділено формуванню функції щільності розподілу аварійного викиду з резервуару. Визначені функції розподілу щільності розподілу діаметру та висоти аварійного отвору на резервуарі. Запропонована матрична форма представлення результатів для оцінки потенційного ризику надзвичайної ситуації.

Ключові слова: потенційний ризик, аварійний викид, резервуар.

O. Larin, Doc. of Sc. (Eng.), Prof., E. Grinchenko, Cand. of Sc (Eng.), R. Fedorenko

ASSESSMENT OF THE POTENTIAL RISKS FROM CONTINGENCY TANKS WITH OIL PRODUCTS

In this article analyzed an algorithm of risk assessment in the event of an emergency at the reservoir for oil products. Special attention is paid to the formation of distribution density function accidental release from the reservoir. Defined distribution function density distribution diameter and height of the emergency hole in the tank. Presented matrix form of the results to assess the potential risks of emergencies.

Keywords: potential risk, emergency release, the reservoir.

Резервуарні парки є основним місцем зберігання нафти і нафтопродуктів в процесі їх переробки і транспортування. Велике скупчення легкозаймистих і горючих рідин на порівняно невеликій площі призводить до високого рівня пожежної небезпеки. У разі виникнення пожежі її тепловий вплив може призвести до займання або вибуху сусідніх резервуарів, тобто призвести до каскадного розвитку аварійної ситуації. Такі групові пожежі причиняють значні матеріальні втрати, наносять серйозний удар екологічній системі району, що прилягає до місця пожежі, і призводять до загибелі людей.

Формування небезпечних і надзвичайних ситуацій – результат певної сукупності факторів ризику, породжуваних відповідними джерелами.

Небезпеки і ризики, 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.

Співвідношення об'єктів ризику і небажаних подій дозволяє розрізнити потенційний, індивідуальний, технічний, екологічний, соціальний та економічний ризику. Кожен вид його обумовлюють характерні джерела та фактори ризику, класифікацію і характеристику яких наведено в [1, 2].

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, що мають пошкодження стінок від впливу корозії.

При розробці алгоритму оцінки потенційного ризику виникнення надзвичайної ситуації під час зберігання нафтопродуктів в резервуарі за основу прийнято залежність

$$R(E) = \int_{M_{\min}}^{M_{\max}} f(M) \cdot P(\Gamma / M) dM \quad (1)$$

де $f(M)$ - щільність розподілу ймовірностей (частот) реалізації аварійних подій на об'єкті; $P(\Gamma / M)$ - ймовірність ураження реципієнта в розглянутій точці простору за умови аварійної події (визначається координатним законом поразки реципієнта); Γ - відстань від місця аварії до розглянутої точки простору; M - маса аварійного викиду небезпечної речовини, що задіяна в створенні небезпечних чинників аварії; $[M_{\min}, M_{\max}]$ - діапазон зміни маси аварійних викидів на потенційно небезпечному об'єкті.

Функція щільності розподілу частот аварійних викидів $f(M)$ є ключовою величиною моделі потенційного ризику. Вигляд і параметри функції $f(M)$ визначаються методами регресійного аналізу. Застосування методики побудови регресійної моделі виникнення і розвитку техногенних аварій показано в [5, 6]. При побудові регресійної моделі, на основі репрезентативної вибірки з певного класу аварій, враховується масив даних по можливих аварійних викидах в розглянутій групі сценаріїв і частоти їх виникнення, зважені за умовним ймовірностям виникнення і розвитку аварій на потенційно небезпечному об'єкті. Такий підхід дозволяє отримати інтегральну оцінку потенційного ризику в місцях знаходження реципієнтів, розташованих в межах КВП, від усього спектра аварійних викидів в діапазоні від M_{\min} , M_{\max} . Графік функції $f(M)$ в теорії ймовірностей [7] називається кривою розподілу частот. По суті крива розподілу частот аварійних викидів $f(M)$ є аналогом кривої Фармера [2] і може служити загальною оцінкою рівня безпеки технічної системи.

Процедура побудови регресійної моделі функції $f(M)$ складається з наступних, достатньою мірою самостійних етапів.

На першому етапі виявляється послідовність вихідних, ініціюючих аварію, випадкових подій і розробляється вся множина можливих на даному потенційно небезпечному об'єкті сценаріїв виникнення і розвитку аварії і для кожного з них розраховується маса неконтрольованого викиду. Її величина визначається параметрами обраної моделі витікання рідини з i -го аварійного блоку.

За результатами розрахунку визначається множина неконтрольованих викидів небезпечної речовини і формується матриця мас $\|M_{ij}\|$.

На другому етапі побудови регресійної моделі розраховуються відносні частоти реалізації сценаріїв аварій.

Для оцінки відповідної ij -му сценарію відносної частоти (ймовірності) аварійного викиду $\lambda(M_{ij})$ дана гіпотеза розглядається як складна подія, яка полягає у спільному виконанні елементарних подій. Ці елементарні події описуються відносною частотою аварій на об'єкті λ_A і ймовірностями відповідних параметрів сценарію.

Так як параметри сценаріїв є випадковими величинами, то вони характеризуються відповідними ймовірнісними розподілами. Виходячи з даних про ретроспективну інформацію з відмов обладнання на конкретному небезпечному об'єкті, як стандартні розподіли ймовірностей використовуються розподіл Вейбулла або показовий розподіл [2].

Використовуючи дані про характер протікання аварій, з урахуванням експертних оцінок, визначаються параметри зазначених розподілів.

Якщо в якості змінних параметрів обрати діаметр аварійного отвору d та його висоту розташування h можна записати наступні вирази для щільності розподілу діаметру

$$f(d) = 2\sqrt{\pi} \frac{\beta(2d\sqrt{\pi})^{\beta-1}}{\sigma^\beta} \exp\left[-\left(\frac{2d\sqrt{\pi}}{\sigma}\right)^\beta\right] \quad (2)$$

та висоти аварійного отвору

$$g(h) = \frac{1}{\omega} \exp\left(-\frac{h}{\omega}\right) \quad (3)$$

Значення ймовірностей для кожної клітинки сформованої матриці мас $\|M_{ij}\|$ виходять дискретизацією функцій (2) і (3):

$$\begin{cases} P_i(d) = \int_{D_i}^{D_{i+1}} f(d)d(d), & i = \overline{1, n} \\ P_j(h) = \int_{h_j}^{h_{j+1}} g(h)dh, & j = \overline{1, m} \\ n = \frac{D_{max}}{\delta d}, & m = \frac{h_{max}}{\delta h} \end{cases} \quad (4)$$

де δd та δh – крок дискретизації функцій.

Фіксовані значення ймовірностей для кожної ij -ої клітинки визначаємо таким чином:

$$P_{ij}(M) = P_i(d) \cdot P_j(h) = \left[\int_{h_j}^{h_{j+1}} g(h)dh \right] \cdot \left[\int_{D_i}^{D_{i+1}} f(d)d(d) \right]. \quad (5)$$

На їх основі формується матриця ймовірностей відповідних сценаріїв розвитку аварії $\|P_{ij}(M)\|$.

На наступному етапі побудови регресійної моделі визначають відносну, статистичну частоту (імовірність) аварії λ_A на потенційно небезпечному об'єкті і переходять у відповідності з виразом:

$$P_j(M) = \lambda_A \cdot \prod_{k=1}^s P_k, \quad (6)$$

де s – кількість елементарних подій, що розглядаються на об'єкті, спільне виконання яких призводить до виконання j -го сценарію, від матриці розподілу ймовірностей сценаріїв $\|P_{ij}(M)\|$ до матриці розподілу частот $\|A_{ij}\|$ аварійних подій.

З урахуванням отриманої інформації про частоту аварій формується матриця частот, зважених за ймовірностями реалізації сценаріїв

$$\|A_{ij}\| = \lambda_A \cdot \|P_{ij}(M)\| \quad (7)$$

Отриманий масив даних по аварійних викидах $\|M_{ij}\|$ і частотам їх появи $\|A_{ij}\|$ обробляється методами регресійного аналізу. На його основі визначається регресійна модель

і параметри щільності розподілу частот аварійних подій на розглянутому небезпечному промисловому об'єкті, характер якої представлений на рис. 1.

Вид регресійної моделі і значення її параметрів в значній мірі визначаються вихідною базою даних і залежать від конструктивно - технологічних характеристик і технічного стану розглянутого технологічного обладнання об'єкта, структури причин аварії, рівня контрольованості системи, підготовленості персоналу, зовнішніх умов експлуатації та інших факторів.

Функція $f(M)$ - важлива характеристика технічної системи, яка визначає безпеку об'єкта, як джерела аварійних викидів, кривої щільності розподілу відносних частот, побудованої для різних сценаріїв аварії з урахуванням їх ймовірності .

За своєю суттю функція $f(M)$ визначає технічний ризик $R_T = \int_{M \in [\alpha, \beta]} f(M) dM$ -

ймовірність відмов розглянутого технічного устаткування або системи з наслідками певного рівня $M \in [\alpha, \beta]$ за певний період функціонування небезпечного виробничого об'єкта, як правило, за рік.

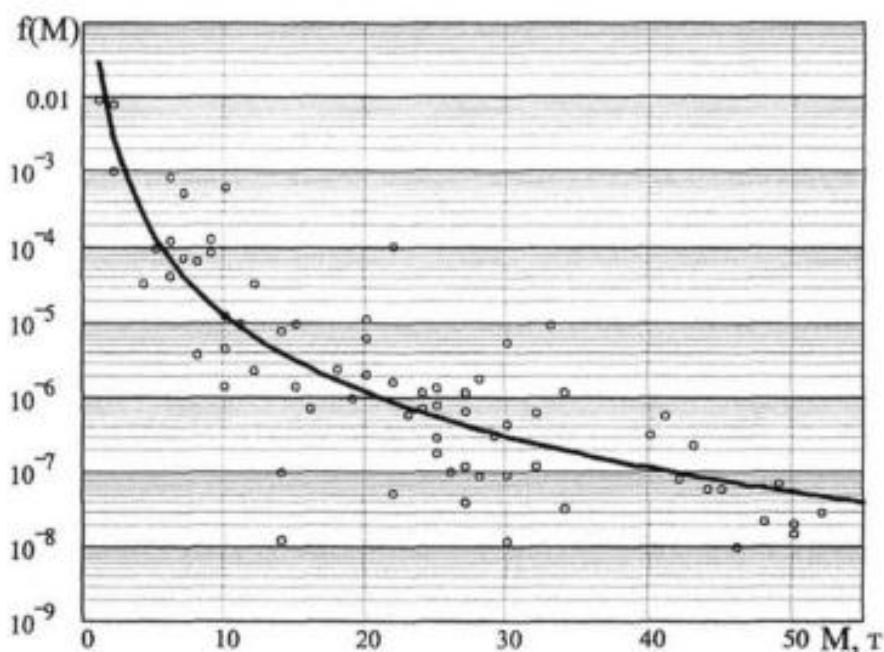


Рисунок 1 – Щільність розподілу частот аварійних викидів

Крива щільності розподілу аварійних викидів $f(M)$ на досліджуваному об'єкті, будучи аналогом кривої Фармера, у пропонуваній інтерпретації може служити загальною оцінкою рівня безпеки технічної системи.

З урахуванням отриманих залежностей для маси викиду та щільності ймовірності такого викиду для визначення потенційного ризику $R(E)$ і характеру розподілу населення на прилеглий до об'єкта території визначається закон розподілу випадкової величини, що встановлює зв'язок між можливими втратами N і відповідними їм ймовірностями (частотами) реалізації безпеки.

З цією метою, прилегла до потенційно небезпечному об'єкту територія, розбивається на елементарні майданчики - зони ризику, рис. 2.

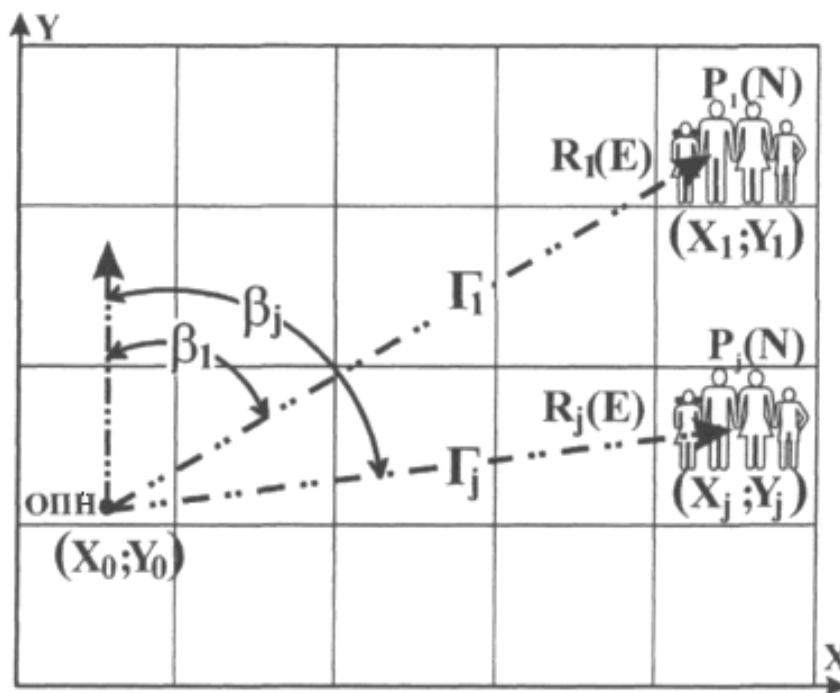


Рисунок 2 – Зони ризику і послідовність оцінки потенційного ризику

У кожному елементарному майданчику для груп людей з однаковими умовами ураження визначається чисельність населення, що мешкає на цій території, або виробничого персоналу (N), що працює на ній і будується матриця розподілу людей по зонах ризику $\|N_{ij}\|$.

Потім, для кожної групи людей у виділених елементарних майданчиках визначається, у функції відстані Γ від місця аварії і напрямку β з урахуванням рози вітрів, відповідна їм величина потенційного ризику $R(E)=f(\Gamma, \beta)$ і будується матриця $\|R(E)_{ij}\|$.

На основі матриць $\|N_{ij}\|$ і $\|R(E)_{ij}\|$ встановлюється закон розподілу випадкової величини, який задається рядом розподілу втрат. Знаючи ряд розподілу втрат, легко побудувати функцію розподілу втрат $\bar{F}(n)$.

При аваріях число загиблих N серед людей, що знаходяться на прилеглий до потенційно небезпечного об'єкта території, є випадковою величиною і характеризується інтегральною функцією розподілу $F(n)=P(N < n)$, яка в теорії ймовірностей визначена як функція, що виражає ймовірність появи випадкової величини менше заданого значення n . Отже, функція $F(n)$, для розглянутої випадкової величини N , є функція розподілу «нульової поразки» або функція розподілу виживаності.

Поряд з цим, для оцінки наслідків аварії в промисловій безпеці важливо знати ймовірність очікуваних втрат не менше певного числа людей, які зазнали вражаючого впливу, тобто функцію розподілу втрат $\bar{F}(n)=1-F(n)$. Ця функція доповнює функцію розподілу $F(n)$ до одиниці і інтерпретується як ймовірність того, що число загиблих N у разі реалізації небезпеки буде не менш n , $\bar{F}(n)=P(N \geq n)$.

Випадкові події, що увійшли в ряд розподілу втрат, утворюють повну групу, що поєднує події «нульової поразки» і події втрат. Сума відповідних їм ймовірностей дорівнює одиниці $F(n)+\bar{F}(n)=1$.

Графіки функції розподілу втрат $\bar{F}(n)=1-F(n)$ і функції розподілу виживаності $F(n)$, для прикладу показані на рис. 3.

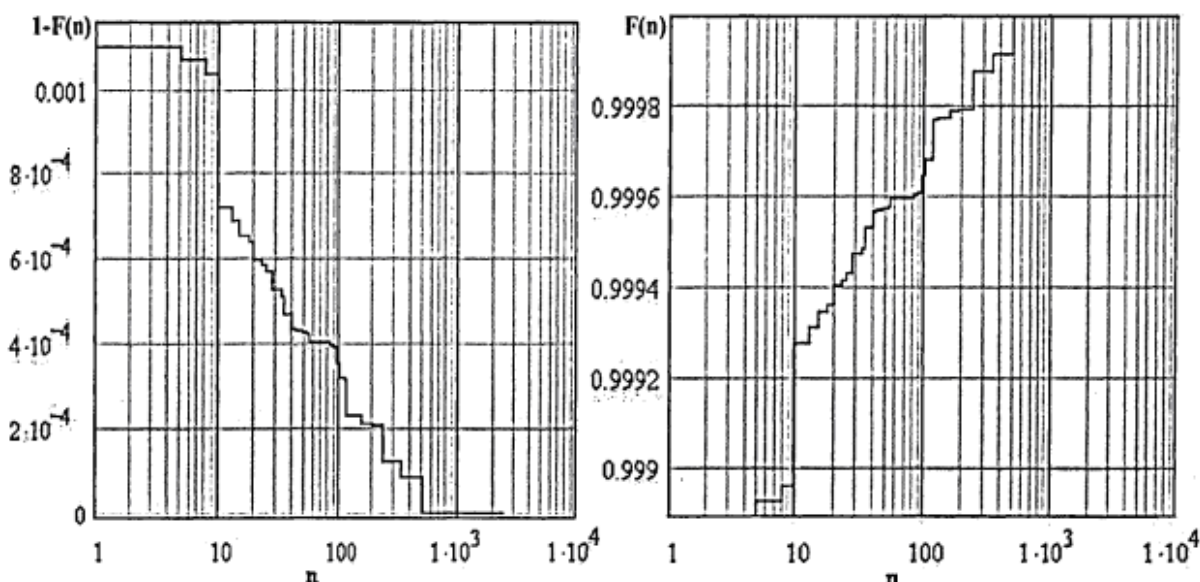


Рисунок 3 – Приклад графіку функції розподілу втрат на підприємстві нафтогазової галузі

Однак графік функції розподілу втрат для особи, що приймає рішення в області промислової безпеки, не дає наочної картини масштабу і тяжкості соціальних наслідків аварії.

Більшу інформативність, на наш погляд, має соціальний ризик $R(N)$, представлений графіком закону розподілу втрат, що встановлює зв'язок між можливими втратами N і відповідними їм ймовірностями (частотами) реалізації небезпеки $R(E)$ і побудовані на цій же площині криві прийнятного і неприйнятного ризику летальних результатів [2], рис. 4.

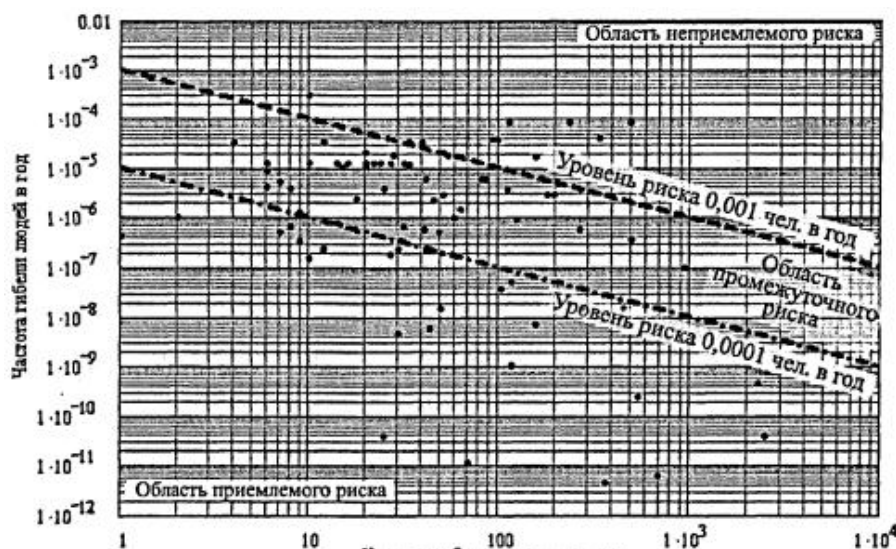


Рисунок 4 – Соціальний ризик і криві граничного ризику в логарифмічних координатах.

Криві граничного ризику, побудовані в логарифмічному масштабі, ділять координатну площину на три області - прийнятного, проміжного і неприйнятного ризику.

Для побудови кривих граничного ризику необхідно мати законодавчо встановлені критерії мінімального R_{min} і максимального R_{max} соціального ризику.

Висновки. На основі отриманої та відповідним чином обробленої вихідної інформації про населення і прилеглі території здійснюється оцінювання потенційного ризику. При

цьому отримана інформація є базовою для кількісної оцінки ризику очікуваних наслідків від виникнення надзвичайних ситуацій на підприємстві по збереженню нафтопродуктів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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 техно-сферы / А.М. Козлитин, А.И. Попов, П.А. Козлитин // Саратов: СГТУ, 2002.180 с.
6. В.А.Владимиров Оценка риска и управление техногенной безопасностью. / В.А.Владимиров, Измалков В.И., Измалков Л.В. // Монография. - М.; «Деловой экспресс», 2002 — 184 с.
7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. М.: Высш. шк., 2000.480 с.

