

УДК 14.841.12:539.377

ОЦІНКА ЙМОВІРНОСТІ ІНДИВІДУАЛЬНОГО РИЗИКУ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ У РЕЗЕРВУАРНИХ ПАРКАХ

Говаленков С.В.¹, к.т.н., доц.; Карпенко В.С.¹

¹Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій – комплекс правових, соціально-економічних, політичних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та інших заходів, спрямованих на регулювання техногенної та природної безпеки, проведення оцінки рівнів ризику, завчасне реагування на загрозу виникнення надзвичайної ситуації на основі даних моніторингу, експертизи, досліджень та прогнозів щодо можливого перебігу подій з метою недопущення їх переростання у надзвичайну ситуацію або пом'якшення її можливих наслідків [1].

Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій (НС) у всіх країнах світу, в тому числі й Україні, проводяться інтенсивні дослідження по розробці та здійсненню широкого комплексу мір з метою попередження НС у резервуарних парках (РП) [2].

У світі накопичено досвід проектування і будівництва резервуарів з подвійною стінкою з урахуванням забезпечення пожежної безпеки за рахунок спорудження покрівель резервуарів у вибухобезпечному виконанні [3]. При цьому покрівля не приварюється до каркасу і, у випадку аварійного перевищення тиску всередині резервуара, відбувається її відрив по швах приєднання до стінки, а не відрив стінки від днища з розтіканням продукту, що зберігається [4]. Для запобігання вибухам ємностей в США було розроблено спеціальну сітку зі сплаву магнію і алюмінію [5], яка робить неможливим вибух. Виконуючи роль аноду, сітка запобігає виникненню іржі, а також статичної електрики, і може бути улаштована в ємності будь-якого типу, розміру і форми. Але ця новітня технологія потребує значних витрат на її впровадження і тому поки що не застосовується в Україні.

Метою даної роботи є оцінка можливості виникнення НС у РП шляхом розрахунку ймовірності її виникнення для забезпечення безпеки особового складу та захисту довкілля.

Однією з найбільш важливих задач в області прогнозування НС є оцінка ймовірності того або іншого сценарію його розвитку [6-7].

Для того, щоб усередині резервуара утворилася вибухонебезпечна концентрація газу, необхідно, щоб усередину резервуару потрапила деяка кількість повітря, у результаті чого концентрація газу буде належати інтервалові між нижнім і верхнім концентраційними межами поширення полум'я для даної речовини.

Розглянемо випадок аварійної розгерметизації ємності. Нехай у результаті відмов устаткування можливо N випадків аварійної розгерметизації ємності протягом періоду t . У результаті розгерметизації можливі:

- а). утворення вибухонебезпечної пароповітряної суміші усередині ємності;
- б). утворення хмари вибухонебезпечної пароповітряної суміші безпосередньо біля ємності (у даному випадку варто враховувати, що утворення хмари можливо тільки у випадку штілью, надалі будемо використовувати поняття середнього значення часу штілью, віднесеного до періоду t);
- в). розлив рідини;
- г). як результат розгерметизації – можливість горіння рідини усередині ємності.

В усіх випадках а) ÷ г) потрапляння джерела запалювання навіть невеликої інтенсивності усередину ємності (ситуації а, г) або в зону, безпосередньо до неї що прилягає, (ситуації б, в) може спричинити пожежу або вибух. Відзначимо, що відмова різних конструктивних елементів можуть привести до тих або інших надзвичайних ситуацій.

Звідси оцінка для ймовірності виникнення НС (пожежі або вибуху) протягом часу t може бути визначена виразом (1):

$$P \cong \left\{ 1 - \exp(-nt^*) \right\} \cdot \left\{ \lambda_1 + \lambda_2 \right\} \frac{t^*}{t} + N_M P_{\text{відм.}} \frac{t^*}{t}, \quad (1)$$

де n – середня кількість джерел, що з'являються в зоні ємності, запалювання (фрикційних іскор, паління, багатъ тощо); N_M – середня кількість ударів блискавок у поверхню землі за період t за даними метеорологічних спостережень; $P_{\text{відм.}}$ – імовірність відмови захисту від електричних розрядів (блискавок), λ_1 – частка часу, протягом якого можливе утворення усередині ємності пожежо- або вибухонебезпечного середовища; λ_2 – частка часу, протягом якого можливе загоряння.

Нехай задано функції $T(x,y)$, $q(x,y)$, що задають значення температури і щільності потоку енергії випромінювання в залежності від напрямку вітру (обумовленого кутом φ), і координат на площині (X,Y) . Відзначимо, що щільність потоку енергії випромінювання мало залежить від напрямку і сили вітру.

Розу вітрів задамо у виді щільності ймовірності того, що напрямок вітру знаходиться в інтервалі $(\varphi, \varphi+d\varphi)$:

$$dP_W = f(\varphi)d\varphi. \quad (2)$$

Будемо вважати, що точка (X,Y) знаходиться досить далеко від джерела випромінювання. Таке твердження справедливе, якщо:

$$\sqrt{X^2 + Y^2} \gg D, \quad (3)$$

де D – характерний поперечний розмір області підвищеної температури.

Тоді ймовірність того, що в точці (X,Y) , що належить куту $(\varphi; \varphi+\Delta\varphi)$ протягом часу t будуть мати місце надкритичні значення небезпечних факторів апроксимується формулою:

$$P_0 = \left[\left\{ 1 - \exp(-nt^*) \right\} \left\{ \lambda_1 + \lambda_2 \right\} \frac{t^*}{t} + N_M P_{\text{відм.}} \frac{t^*}{t} \right] f(\varphi)\Delta\varphi, \quad (4)$$

якщо

$$T(\varphi,x,y) > T_{\text{кр}} \quad \text{або} \quad q(\varphi,x,y) > q_{\text{кр}}. \quad (5)$$

Індексом "кр" позначені критичні значення НФП, тобто мінімальні значення, що можуть бути небезпечними для здоров'я людей. Очевидно, якщо співвідношення (3) не виконується, то $P_0 = 0$.

Однак формули (3)÷(5) не можна безпосередньо використовувати для визначення індивідуального ризику в точці (X,Y), тому необхідно ввести додаткові припущення про особливості розвитку НС. Це дозволить визначити значення індивідуального ризику осіб, що приймають участь у ліквідації НС.

Будемо вважати, що область підвищеної температури розташовується симетрично щодо вертикальної площини, який належить пряма, що проходить через центр джерела НС і рівнобіжна напрямкові вітру; також задана ширина області підвищеної температури, як функція відстані від джерела НС r :

$$\Delta = \Delta(r). \quad (6)$$

$$\text{де } r = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

Інтервал кутів, при яких людина, що знаходиться в точці (X,Y), підпадає під вплив підвищеної температури, складає:

$$\Delta\varphi = \frac{2\Delta(r)}{r}. \quad (7)$$

Звідси значення індивідуального ризику R_i визначається формулою:

$$R_i = \frac{2\Delta r}{r} \left[\left\{ 1 - \exp(-nt') \right\} \{ \lambda_1 + \lambda_2 \} \frac{t'}{t} + N_M P_{\text{відм.}} \frac{t'}{t} \right] f(\varphi), \quad (8)$$

якщо $T(\varphi, X, Y) > T_{\text{кр}}$; 0 – у протилежному випадку.

Щільність потоку енергії випромінювання мало залежить від напрямку і сили вітру і визначається, в основному, випромінюванням, що виходить безпосередньо з області джерела НС. Тому значення індивідуального ризику обчислюється за формулою:

$$R_i = \left[\left\{ 1 - \exp(-nt') \right\} \{ \lambda_1 + \lambda_2 \} \frac{t'}{t} + N_M P_{\text{відм.}} \frac{t'}{t} \right], \quad (9)$$

якщо $q(\varphi, X, Y) > q_{\text{кр}}$; 0 – у протилежному випадку.

Формули (8–9) дозволяють зробити оцінку індивідуального ризику для двох НФП – підвищеної температури і випромінювання. Застосовуючи формулу (9), в роботі обчислено величину ризику при різних НС для оцінки найхарактерніших параметрів запропонованої моделі. Рівень ризику розглядається таким, що не перевищує 0,5%, і визначені значення параметрів, які є сприятливішими, тобто такими, що мають найменший вплив на величину ризику R_i (це відповідає оптимістичному сценарію розвитку ситуації), а також значення параметрів, які мають найбільший вплив на величину R_i (це відповідає песимістичному сценарію розвитку ситуації).

З отриманих результатів впливає наступне. Оптимістичному сценарію розвитку ситуації відповідають такі значення параметрів моделі: $n \leq 0,01$ (середня

кількість джерел запалювання, що можуть з'явитися в зоні резервуара), $t = 240$ годин (інтервал часу, протягом якого розглядається можливість виникнення НС), $\lambda_1 + \lambda_2 \leq 0,1$ (частка часу, протягом якого можливе утворення пожежовибухонебезпечного середовища усередині резервуара і можливе загоряння або вибух). Песимістичному сценарію відповідають наступні параметри: $n \geq 0,1$, $t \leq 60$ годин, $\lambda_1 + \lambda_2 \geq 0,8$.

Отже, при $n \geq 0,1$ вплив інших параметрів на величину ризику є незначним, значення $R_i = 0,1\%$ досягається при $t' = 7$ годин, а значення $R_i = 0,5\%$ – при $t' = 33$ години. При $n \leq 0,05$ збільшення величини $\lambda_1 + \lambda_2$ збільшує величину ризику при будь яких значеннях t , а збільшення t зменшує значення R_i при будь яких значеннях $\lambda_1 + \lambda_2$.

Таким чином, дістаємо фізично й інтуїтивно зрозумілий висновок: зменшення кількості джерел запалювання n і частки часу $\lambda_1 + \lambda_2$, а також величини N_m при даному $P_{відм}$ зменшує величину індивідуального ризику R_i , а формула (9) дозволяє мати числові значення величини індивідуального ризику R_i .

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України. Київ: 2012, № 5403-VI.
2. Чернецький В.В. Вплив теплових факторів пожежі на цілісність вертикальних сталевих резервуарів з нафтопродуктами. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Львівський державний університет безпеки життєдіяльності. 2015. 121 с.
3. Горбенко М.О., Говаленков С.В., Басманов О.С. Влияние случайных факторов на воспламенение соседних резервуаров при пожаре в резервуарном парке. *Проблемы пожарной безопасности Сб. научн. тр. X.*: Фолио, 2004. Вып.15.С. 59-62.
4. ВБН В.2.2-58.2-94 Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа.
5. Barrett J. Tank farm blast was biggest single incident for Anstralian brigade. *Fire*, 1993. V. 86, № 1062. P. 18-24.
6. Говаленков С. В., Семків О. М., Карпець К. М., Безугла Ю. С. Ідентифікація параметрів моделі ізолюючої поверхні полум'я при горінні нафтопродуктів в резервуарі. *Проблеми надзвичайних ситуацій. Сб. наук. пр. X.* 2019. Вип 30. С. 27-41.
7. Бабенко Ю.В., Дудченко В.Г., Басаєв А.М., Савельєв І.В., Деревинський Д.М., Боровиков В.О., Антонов А.В. Протипожежний захист складів нафти і нафтопродуктів. Оглядова інформація. К.: УкрНДПБ, 2002.142 с.