

*Н.О. Ференц, канд. техн. наук, доцент, С.Я. Вовк, канд. техн. наук, О.В. Міллер
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів)*

АНАЛІЗ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ І АВАРІЙ В РЕЗЕРВУАРНИХ ПАРКАХ СКЛАДІВ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ

Проведено аналіз можливих аварійних ситуацій і аварій в резервуарному парку нафтопродуктів. Встановлено, що в технологічному процесі зберігання нафтопродуктів можливі викиди речовин, які призводять до вибуху парогозових хмар, згорання хмари у вигляді «вогненної кулі», пожеж розливів і розповсюдження парогозових хмар. Розроблено сценарії аварій і аварійних ситуацій в резервуарних парках нафтопродуктів. Обчислено зони дії уражувальних факторів аварій при аваріях резервуара з нафтопродуктами.

Ключові слова: резервуарний парк, резервуар, аварія, аварійна ситуація, нафтопродукти, вибух, «вогненна куля»

N. O. Ferents, S.Y. Vovk, O.V. Miller

ANALYSIS OF EMERGENCY SITUATIONS AND ACCIDENTS IN RESERVOIR PARKS OF OIL AND OIL COMPOUNDS

The analysis of possible emergency situations and accidents in oil tanker park was carried out. The results of the analysis show that in the process of storage of petroleum products emissions of substances that lead to the formation of a potentially explosive atmosphere, the explosion of gas-fired clouds, the combustion of the cloud in the form of a "fire ball", the fires of spill and the spread of vapor-gas clouds are possible. Scenarios of accidents and emergency situations in reservoir parks of petroleum products were developed. The areas of action of the deteriorating factors of accidents during accidents in reservoir parks were calculated.

Key words: reservoir park, reservoir, accident, emergency situation, petroleum products, explosion, "fire ball".

Актуальність проблеми

Резервуари для зберігання легкозаймистих та горючих рідин належать до найпоширеніших апаратів. Найбільшим резервуарним господарством в світі володіють США – сумарна місткість резервуарного парку становить понад 400 млн.м³. Значними розмірами і високою пропускну здатністю характеризуються західноєвропейські нафтогавані, зокрема, місткість резервуарного парку основної перевалочної нафтобази Південно-Європейського нафтопроводу – 2,26 млн.м³. Резервуарний парк нафтопродуктозабезпечення Росії містить близько 22,5 млн.м³ (більше 20000 резервуарів різноманітної конструкції) [1].

В Україні на нафтоперекачувальних станціях у системі нафтопроводів ВАТ "Укртранснафта" розміщено резервуари сумарною місткістю понад 1 млн.м³, у системі ДП "Прикарпатзахідтранс" – близько 350 тис.м³. Значна кількість резервуарів використовується на 6 нафтопереробних заводах України, на Шебелинському відділенні з переробки газового конденсату і нафти ДК "Укргазвидобування" НАК "Нафтогаз України", 92 промислових родовищах нафти, десятках станцій перекачування цієї сировини, сотнях розподільчих, перевалювальних, перевалювально-розподільчих складах нафти та нафтопродуктів, базах зберігання, витратних складах промислових підприємств [2].

Підприємства, де розташовані резервуари для нафти і нафтопродуктів належать до об'єктів підвищеної небезпеки. Пожежі в резервуарах та резервуарних парках є складними і масштабними, ліквідовуються з великими труднощами, завдають значних збитків, забирають людські життя. Підвищення пожежної безпеки об'єктів зберігання нафти та нафтопродуктів – важлива складова забезпечення населення від загроз техногенного характеру.

Мета роботи – аналіз аварійних ситуацій і аварій в резервуарних парках складів нафти і нафтопродуктів.

Методики: Методики оцінки вибухопожежонебезпеки технологічного процесу виробництва [4].

Результати роботи

Виходячи з досвіду аварійності на об'єктах зберігання нафтопродуктів та фізико-хімічних властивостей легкозаймистих та горючих рідин, найбільш типовими наслідками аварій в резервуарах та резервуарних парках є пожежі розливу нафтопродуктів, пожежі і вибухи в резервуарах, горіння пари бензину у відкритому просторі, «вогненні кулі» при пожежах на автомобільних цистернах з бензином при тривалому перебуванні автоцистерни у відкритому полум'ї. Уражувальні чинники таких аварій – ударна хвиля, теплове випромінювання і гарячі продукти горіння, відкрите полум'я і нафтопродукти, що горять, токсичні продукти горіння, уламки зруйнованого устаткування, обвалення будівель і конструкцій.

В процесі аналізу всі події, що спричиняють загрозу виникнення і розвитку аварії та аварійних ситуацій, були розділені на чотири групи:

- 1 – зупинка подачі сировини, електроенергії, пари, повітря, живлення контрольно-вимірювальних приладів і автоматики, азоту;
- 2 – випадкові неконтрольовані події, пов'язані з діяльністю сусідніх виробництв чи об'єктів, з рухом транспорту, а також природна небезпека, акти саботажу і диверсії;
- 3 – механічне та корозійне зношення матеріалу обладнання, в тому металу тощо;
- 4 – події, що призводять до порушення нормального технологічного процесу, виходу параметрів за їх критичні значення та викиду небезпечних речовин.

Реалізація вказаних подій, залежно від конкретних обставин і дій (або бездіяльності) персоналу, може призвести до руйнування устаткування або сполучних комунікацій і до аварійного викиду технологічних середовищ.

Для побудови сценарію виникнення і розвитку аварійних ситуацій і аварій в резервуарному парку нафтопродуктів (рис.1) використовувався метод логічного «дерева» подій. Логічне «дерево» подій – це графічне відображення загального характеру розвитку можливих аварійних ситуацій і аварій з відображенням причинно-наслідкового взаємозв'язку подій в залежності від специфіки небезпеки об'єкта. При побудові логічного «дерева» подій використовувались: умовні ймовірності реалізації різних віток логічного «дерева» подій і переходу аварій в іншу стадію розвитку, ймовірність спрацювання відповідних засобів запобігання чи локалізації аварій, ймовірності ураження розташованого в зоні аварії технологічного обладнання і споруд промислового підприємства в результаті дії на них небезпечних факторів пожежі.



Рисунок 1 – Сценарій виникнення і розвитку аварій в резервуарах бензину

Як показано на рис. 1, одним із варіантів аварії є утворення вибухонебезпечної зони. Вибухонебезпечна зона – це гіпотетично можлива просторова зона, всередині якої під час виникнення або розвитку аварії можлива наявність горючих парів у концентраціях, що перевищують концентрацію на нижній межі розповсюдження полум'я. Залежно від конкретних умов можливе утворення вибухонебезпечних зон різних типів: 1 – стаціонарні зони з практично постійними розмірами, які утворюються при тривалому випаровуванні горючих речовин з розливів чи при тривалому витіканні парів чи газів з постійною швидкістю; 2 – нестационарні зони, що утворюються при миттєвому залповому викиді парогазової фази з обладнання і характеризуються дрейфом вибухонебезпечних хмар; 3 – зони, що утворилися в результаті комбінації двох перших типів.

На практиці час формування вибухонебезпечної зони обмежений часом «зустрічі» хмари горючої пари з джерелом запалювання. Якщо джерело запалювання з'являється на ранній стадії формування вибухонебезпечної хмари, то небезпека його характеризується детонаційним згоранням і «вогненною кулею».

Для оцінки кількості нафтопродукту у викиді розглядався найбільш небезпечний варіант руйнування резервуара. При цьому враховувався як вміст резервуара, який зруйнувався, так і надходження нафтопродукту прямим та зворотнім потоком за час перекриття запірної арматури. При визначенні маси речовини, яка бере участь в утворенні вибухонебезпечної зони, враховувалась маса парової фази, яка була викинута з резервуара і маса парової фази, яка випарувалась з розливу протягом 5 хвилин. При визначенні маси речовини, яка бере участь у вибуху, приймали, що вона дорівнює 0,1 від маси парогазової фази, яка бере участь в утворенні вибухонебезпечної зони. При оцінці кількості рідини, яка випарувалась, передбачалось, що викид відбувається на суху, рівну забетоновану поверхню при найбільш несприятливих погодних умовах (швидкість вітру 1 м/с, температура повітря 29,1 °С). Маса речовини, що бере участь у вибуху всередині обладнання, приймалась рівна масі пари стехіометричної концентрації в її повному об'ємі. При визначенні маси речовини, що бере участь в пожежі розливу, приймалось, що вона дорівнює масі викиду.

Розрахунок параметрів вибухової хвилі при вибухах парогазової хмари у відкритому просторі здійснювався згідно з [2] за узагальненою схемою (рис.2). В блок-схемі прийняті такі умовні позначення: ΔP – надлишковий тиск вибуху, кПа; P_0 – атмосферний тиск, кПа; m_{np} – приведена маса пари, кг; r – відстань від геометричного центра газопароповітряної хмари, м; m – маса пари, що бере участь у вибуху, кг; Q_{32} – питома теплота згорання пари, Дж/кг; Z – коефіцієнт участі, який допускається приймати рівним 0,1; Q_0 – константа, що дорівнює $4,52 \cdot 10^6$ Дж/кг; i – імпульс хвилі тиску, Па·с; V – об'єм резервуара, м³; ρ – густина рідкої фази, кг/м³; ε – ступінь заповнення резервуара рідкою фазою.

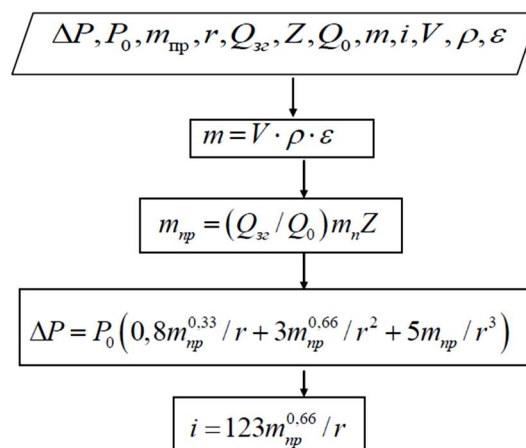


Рисунок 2 – Блок-схема розрахунку надлишкового тиску вибуху та імпульсу хвилі тиску при згоранні пароповітряних сумішей у відкритому просторі

Характеристики зон дії небезпечних факторів аварії, обчислені згідно з блок-схемою (рис. 2) з врахуванням гранично допустимих доз теплового випромінювання при впливі на людину і граничних параметрів для запалювання різних матеріалів, згідно з [4], наведені у таблиці 1.

У роботі обчислено енергетичний потенціал вибухонебезпеки: загальний – $8,27 \times 10^8$ кДж; відносний – 56,8; категорія блока резервуарів – 1.

Таблиця 1

Характеристики зон дії найбільш небезпечних за наслідками уражаючих факторів аварій

Характеристика можливих аварійних ситуацій і аварій				Наслідки аварії						
				для персоналу		для будівель і споруд		Руйнування	Пожежі на сусідніх об'єктах	Безпечна відстань, м, більше
				радіус зон ураження, м	кількість людей в зоні ураження, ос.	повне руйнування в радіусі, м	пошкодження в радіусі, м			
Назва	т, т	D, м	Рівень аварії							
Спалах хмари	2,7	40	A	-/40	-	-	-	ні	ні	40
Вибух	2,0	33	A, Б	57/162	86/18	46	402	так	ні	500

Зони дії уражувальних факторів ударної хвилі вибуху парогазової фази в резервуарах для зберігання бензину зображені на рис.3.

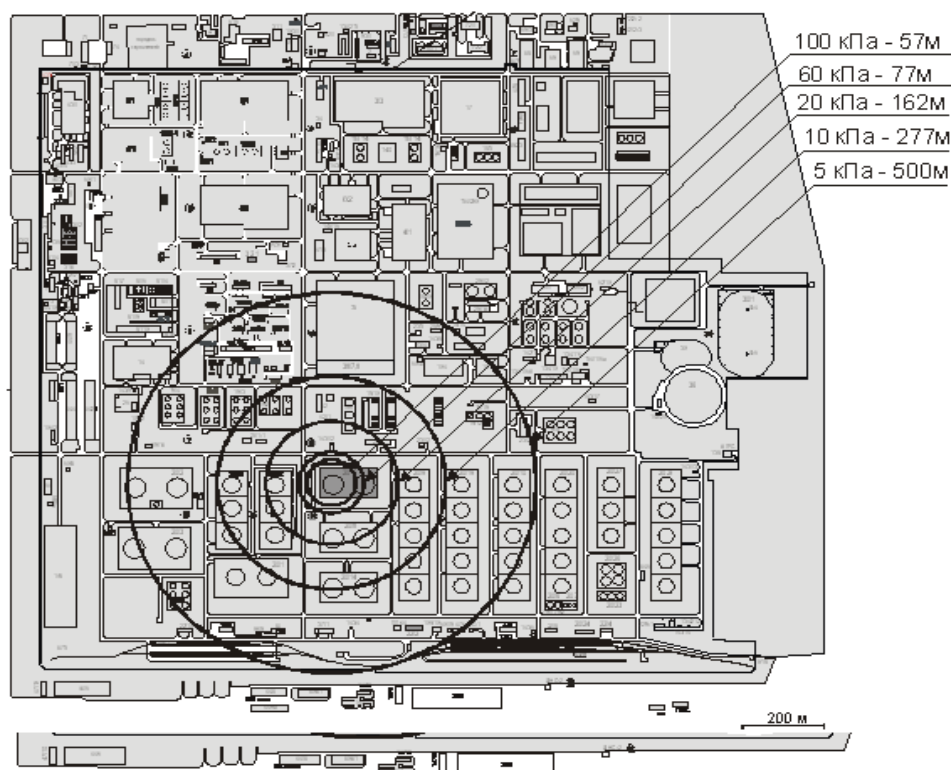


Рисунок 3 – Зони дії уражувальних факторів ударної хвилі вибуху парогазової фази в резервуарах для зберігання бензину

Як показано на рис.3, зона повних руйнувань і смертельного ураження персоналу – 57 м, зона отримання травм різного ступеня важкості – 162 м, а безпечна відстань становить 500 м.

Висновок. У роботі проведено аналіз можливих аварійних ситуацій і аварій в резервуарних парках складів нафти і нафтопродуктів, зокрема, вибухів парогазових хмар та пожеж розливів. Обчислено зони дії надлишкового тиску вибуху.

Список літератури:

1. Методы оценки пожарной опасности технологических процессов: Практикум: Учебно-методическое пособие. – М.: Академия ГПСМЧС России, 2009. – с. 63.
2. Семерак М. М. Математичне моделювання та дослідження теплових процесів у вертикальних коаксialьних резервуарах за умов пожежі / М. М. Семерак, В. В. Чернецький, М. Р. Михайлишин // Пожежна безпека: зб. наук. праць. – 2015. – №26.– С. 133 – 137.
3. Ференц Н.О. Прогнозування аварійних ситуацій і аварій на дільниці риформінгу нафтопереробного підприємства / Н.О. Ференц, С.О. Ємелянєнко // Зб. наук. праць «Пожежна безпека». – Львів: ЛДУ БЖД, 2010. №16. – С.71-77.
4. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования.
5. НАПБ 05.035-2004. Інструкція щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою та нафтопродуктами. Наказ МНС України 16 лютого 2004р. №75.
6. Довідник керівника гасіння пожежі. – Київ: УкрНДІ ЦЗ, 2016. – 363 с.
7. НАОП 1.3.00-6.01-89 "Рекомендації по визначенню рівня вибухонебезпеки хіміко-технологічних об'єктів та їх протиаварійного захисту".

References:

1. Metody otsenky pozharnoy opasnosti tehnologicheskikh protsesov: Praktikum: Uchebno-metodicheskoe posobіe. – М.: Akademiya GPS MCHS Rossee, 2009. – s. 63.
2. Semerak M. M. Matematychnе modelyvanny ta dosledzhennya teplovih protsesiv u vertikalnyh koaksealnyh rezervuarah za umov pozhezhi / M. M. Semerak, V. V. Chernectkuy, M. R. Mihaylushun // Pozhezhna bezpeka. – 2015. – № 26. – S.133–137.
3. Ferents N.O. Prognozuvannya avariynuch situachiy e avariyy na dilnuce ryformingu naftopererobnogo pedpryemstva / N.O. Ferents, S.O. Emelyanenko // Zb. nauk. praz Pozhezhna bezpeka. – 2010. – № 16. – S.71–77.
4. GOST R 12.3.047-98. Pozharnaya bezopasnost tectnologicheskikh protsessov. Obschie trebovaniya.
5. NAPB 05.035-2004. Enstruktsiya schodo do gasinnya pozhezhi u rezervuarah z naftou ta naftoproductamy. Nakaz MNS Ukrainy 16 lutogo 2004 r. №75.
6. Dovidnyk kerivnyka gasinnya pozhezhi. – Kyev: UkrNDE TsZ, 2016. – 363 s.
7. NAOP 1.3.00-6.01-89 "Rekomendatsee po vyznachenny rivnya vybuhonebezpeky hemeko-tehnologichnych obektiv ta ih protyavariynogo zahysty".

