

УДК 614.84

*О.В. Кулаков, к.т.н., доцент, професор каф., НУЦЗУ,
А.М. Катунін, к.т.н., с.н.с., доцент каф., НУЦЗУ,
С.В. Рудаков, к.т.н., доцент, доцент каф., НУЦЗУ*

ДОСЛІДЖЕННЯ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ ВЕРТИКАЛЬНИХ РЕЗЕРВУАРІВ ДЛЯ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ

(представлено д.т.н. Прохачем Е.Ю.)

Досліджений блискавкозахист вертикальних резервуарів для нафти та нафтопродуктів при застосуванні різних методів розрахунку. Показано, що при застосуванні ймовірнісного методу для визначеної відстані між попарно розташованими стрижневими перехоплювачами блискавки об'єм, що захищається, посередині між стрижнями не має провисання, а при застосуванні методу захисного кута провисання є завжди. Внаслідок цього при застосуванні ймовірнісного методу частина вибухонебезпечного простору може залишатися незахищеною від влучень блискавки.

Ключові слова: блискавка, резервуар для нафти та нафтопродуктів, захист від блискавки.

Постановка проблеми. З точки зору пожежної безпеки резервуари з нафтою та нафтопродуктами характеризуються концентрацією значної кількості небезпечних речовин в одному місці. Внаслідок цього їх пожежі призводять до великих матеріальних збитків, гасіння є досить складним, що в черговий раз показала пожежа на нафтобазі «БРСМ-нафта» (с. Крячки Васильківського району Київської області) у червні 2015 року [1].

Пожежі резервуарів за причиною «Влучення блискавки» виникають рідко внаслідок обов'язковості наявності на них відповідного захисту. Доведено, що 22 серпня 2009 року в Югрі (Ханти-Мансійський автономний округ, Російська Федерація) пожежа виникла внаслідок прямого влучення блискавки у резервуар з сірою нафтою лінійної перекачувальною дотискної станції «Конда» (входить у структуру магістральних нафтопроводів Холмогори-Клин і Сургут –Полоцьк). При цьому на резервуарі було встановлено грозозахисне обладнання. Займання привело до вибуху резервуару і викиду нафти, що горіла, на два сусідні резервуари з подальшим їх займанням і вибухом. Внаслідок пожежі згоріли три резервуари з нафтою. При гасінні пожежі загинули двоє пожежних, ще четверо були госпіталізовані з опіками [2].

Тому проблема забезпечення захисту резервуарів для нафти та нафтопродуктів від влучення блискавки є актуальною.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. В Україні улаштування вертикальних резервуарів для нафти та нафтопродуктів здійснюється у відповідності з національними нормами. Для розрахунку блискавкозахисту застосовується ймовірнісний метод, детально описаний в національ-

них нормах ДСТУ Б В.2.5-38.

З 01 серпня 2012 року в Україні введено Європейські норми з проектування блискавкозахисту [3-6] без скасування раніше затверджених національних норм. Для розрахунку розмірів об'єму, що захищається, пропонуються електрогеометричні методи: метод захисного кута (protection angle design method) та метод сфери, що котиться (rolling sphere design method). Метод захисного кута рекомендується для об'єктів простої форми, метод сфери, що котиться, – для об'єктів складної форми.

Національні стандарти в Україні, як й в європейських країнах, застосовуються на добровільних засадах, якщо інше не встановлено законодавством. На сьогодні в Україні обов'язковим є застосування ймовірнісного методу.

В роботі [7] проведено порівняння виду та розміру об'ємів, що захищаються одиничним стрижневим перехоплювачем блискавки, розрахованих ймовірнісним методом та методом сфери, що котиться. В роботі [8] до порівняння додано метод захисного кута. Особливості застосування методу захисного кута додатково проаналізовано в роботі [9].

Не дослідженим залишається захист від прямих влучень блискавки (ПВБ), зокрема, резервуарів для нафти та нафтопродуктів при застосуванні різних методів розрахунку.

Постановка завдання та його вирішення. Проведемо порівняння блискавкозахисту, розрахованого ймовірнісним методом та методом захисного кута, резервуарів для нафти та нафтопродуктів (які є легкозаймистими рідинами (ЛЗР)) на прикладі вертикального сталевого резервуару із стаціонарним покриттям без понтону.

Ймовірнісний метод. Спочатку необхідно встановити класи та вимагаємі розміри об'ємів, що підлягають захисту. В Україні діють національні норми, які відрізняються від європейських норм [10] для газопароподібних середовищ.

За національними нормами всередині резервуарів, в яких зберігаються ЛЗР, створюється вибухонебезпечна зона класу 0. Навколо таких резервуарів на відстані до 3 м від резервуару та 5 м по горизонталі і вертикалі від пристрою для викиду із запобіжних і дихальних клапанів створюється вибухонебезпечна зона класу 2.

Мінімальний рівень блискавкозахисту (ймовірнісний показник) встановлюється залежно від категорії складу нафти та нафтопродуктів. Для резервуарів для нафти та нафтопродуктів, які є ЛЗР, мінімально необхідним є II рівень. Захист від ПВБ необхідно забезпечувати виключно окремо розташованими блискавковідводами, струмовідводи яких не контактують з резервуаром. Як правило, застосовується багатократний стрижневий перехоплювач блискавки. Для попарно розташованих стрижневих перехоплювачів блискавки об'єму, що захищається, може посередині між стрижнями або не мати (при відстані між блискавковідводами L менше визначеної граничної відстані L_c) або мати (при відстані між

блискавковідводами L більше цієї граничної відстані L_c) провисання.

Метод захисного кута. Згідно [10] всередині та навколо резервуару з ЛЗР також створюються вибухонебезпечні зони класів 0 та 2. Але, на відміну від національного, для підтвердження класу зони необхідно розрахувати ступінь витоку небезпечної речовини та рівень вентиляції. Для визначення відстані від резервуару, на якій створюється вибухонебезпечна зона, слід розрахувати відстань, на якій існує вибухонебезпечна газова суміш до того як вона буде розбавлена до концентрації нижче нижньої концентраційної межі поширення полум'я.

Нормами [5] резервуари з ЛЗР віднесено до споруд з ризиком вибуху. Особливі вимоги до системи блискавкозахисту (СБЗ) споруд з ризиком вибуху приведено у додатку D до [5]. Усі частини зовнішньої СБЗ (перехоплювачі та доземні провідники) мають бути розташовані на відстані щонайменше 1 м від небезпечної зони.

При застосуванні методу захисного кута посередині між попарно розташованими стрижневими перехоплювачами блискавки об'єм, що захищається, завжди має провисання.

Таким чином, при застосуванні ймовірнісного методу для визначеної відстані між попарно розташованими стрижневими перехоплювачами блискавки об'єм, що захищається, посередині між стрижнями не має провисання, а при застосуванні методу захисного кута провисання є завжди. Внаслідок цього при застосуванні ймовірнісного методу частина вибухонебезпечного простору може залишатися незахищеною від влучень блискавки.

Приклад. Розрахуємо межі зон захисту перехоплювачів блискавки ймовірнісним методом та методом захисного кута для резервуару зі стаціонарним покриттям без понтону РВС-2000, що стоїть окремо.

Стандартні геометричні розміри резервуару: зовнішній діаметр $D=15,32$ м, висота стінки $H=12$ м.

Відстань від резервуару до перехоплювача блискавки обираємо з вимог європейського документу [5] – щонайменше 1 м від небезпечної зони. Вибухонебезпечна зона класу 2 створюється навколо резервуару з ЛЗР на відстані до 3 м від резервуару. Тому стрижневий перехоплювач блискавки встановлюємо на мінімально можливій відстані $3+1=4$ м від стінки резервуару. Доцільно застосування чотирьохкратного стрижньового перехоплювача блискавки. З геометричних міркувань відстань між попарно розташованими стрижневими перехоплювачами блискавки по діагоналі $L = 15,18 + 2 \cdot (0,07 + 4) = 23,32$ м. Враховуємо, що у зону захисту повинні включатися обладнання на покритті, а також простір над кожним дихальним клапаном, що обмежений півсферою радіусом 5 м.

Проведені розрахунки показали, що мінімально необхідною є висота від планувальної відмітки землі стрижневих перехоплювачів блискавки $h=23$ м. При цьому зона захисту посередині між перехоплювачами блискавки провисання не має.

Захисний кут α залежить від висоти перехоплювача блискавки h та визначається залежно від класу СБЗ. За нормами [3-6] для визначення класу СБЗ слід проводити оцінку ризику згідно [4]. Для об'єктів з ризиком вибуху необхідна СБЗ не нижче II-го класу.

Для висоти перехоплювача блискавки від планувальної відмітки землі $h = 23$ м та СБЗ II-го класу захисний кут дорівнює $\alpha \approx 35^\circ$. Для висоти перехоплювача блискавки над дахом резервуару на рівні $H=12$ м ($h = 23 - 12 = 11$ м) захисний кут дорівнює $\alpha \approx 54^\circ$.

Результати розрахунків проілюстровано на рис. 1.

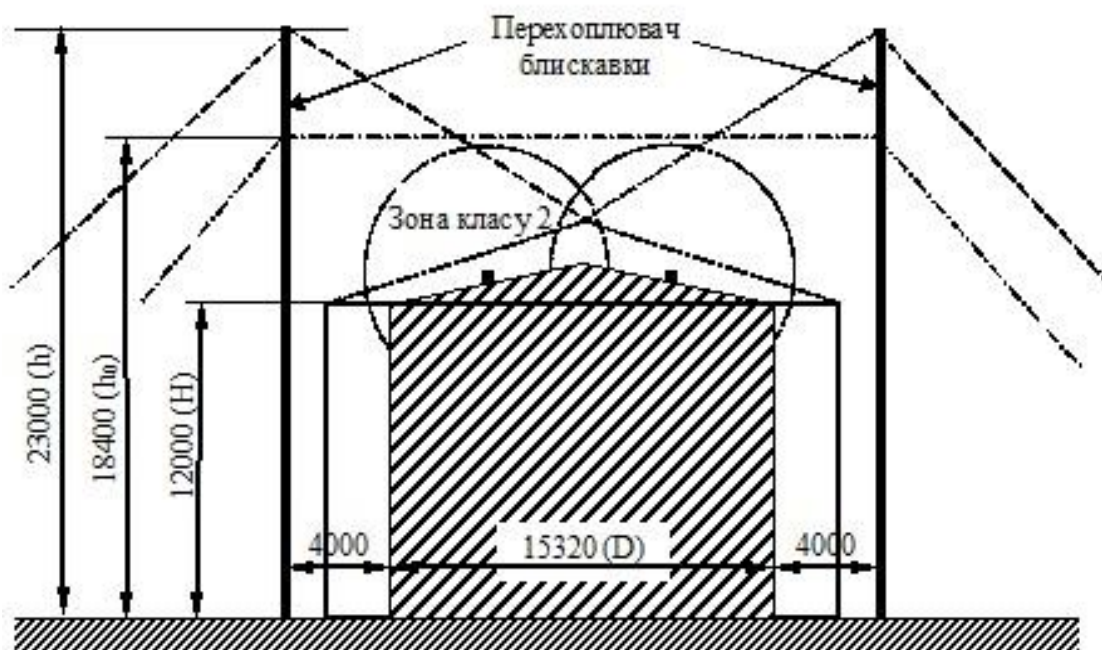


Рис. 1. Переріз у вертикальній площині об'ємів, що захищаються чотири-кратним стрижневим перехоплювачем блискавки, розрахованих ймовірнісним методом (штрих-пунктирна лінія) та методом захисного кута (пунктирна лінія), для резервуару РВС-2000

Видно, що всередину об'єму, що є захищеним, розрахованого методом захисного кута, не попадає частина вибухонебезпечного простору над дихальними клапанами, що обмежений півсферою радіусом 5 м (вибухонебезпечна зона класу 2 згідно [10]). Для усунення цього необхідно збільшувати висоти стрижневих перехоплювачів блискавки. При застосуванні ймовірнісного методу незахищені вибухонебезпечні простори відсутні.

Тобто розрахунок, виконаний методом захисного кута, забезпечить більш надійний захист від ПVB у порівнянні з ймовірнісним методом.

Висновки. По-перше, при розрахунку блискавкозахисних пристроїв для будь-яких об'єктів слід намагатися забезпечити знаходження усіх небезпечних просторів всередині об'єму, що є захищеним перехоплювачами блискавки. Доцільно застосовувати усі відомі методи розрахунку з метою виявлення найбільш жорсткішого. Особливо це стосується споруд

з ризиком вибуху, зокрема резервуарів для нафти та нафтопродуктів.

По-друге, вимагаємі розміри зон захисту від ПVB резервуарів для нафти та нафтопродуктів що є ЛЗР, за національними та європейськими нормами відрізняються. Національні норми спираються на визначення класів і розмірів вибухонебезпечних зон з фіксованими значеннями. Європейськими нормами класи і розміри вибухонебезпечних зон розраховуються. Для визначення класу зони небезпечного простору необхідно розрахувати ступінь витoku ЛЗР та рівень вентиляції. Для визначення відстані від резервуару, на якій створюється вибухонебезпечна зона, слід розрахувати відстань, на якій існує вибухонебезпечна газова суміш до того як вона буде розбавлена до концентрації нижче нижньої концентраційної межі поширення полум'я.

По-третє, для визначеної відстані між попарно розташованими стрижневими перехоплювачами блискавки при застосуванні ймовірнісного методу об'єм, що захищається, посередині між стрижнями не має провисання, а при застосуванні методу захисного кута провисання є. Внаслідок цього при застосуванні ймовірнісного методу частина вибухонебезпечного простору може залишатися незахищеною від влучень блискавки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Статистика пожеж [Електронний ресурс] / Офіційний веб-портал Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту // – Режим доступу: <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/STATISTIKA-POZHEZH.html>.

2. Молниезащита: пример одной аварии [Електронний ресурс] / Технадзор. – 2010. – № 5(42)) // Офіційний веб-портал компанії «ЮКОС». – Режим доступу: http://otpb.ucoz.ru/publ/molniezashhita_primer_odnoj_avarii/8-1-0-1063.

3. Protection against lightning. Part 1: General principles: IEC 62305-1:2010. – [Publication date 2010-12-09]. – (Standard by International Electrotechnical Commission).

4. Protection against lightning. Part 2: Risk management: IEC 62305-2:2010. – [Publication date 2010-12-09]. – (Standard by International Electrotechnical Commission).

5. Protection against lightning. Part 3: Physical damage to structures and life hazard: IEC 62305-3:2010. – [Publication date 2010-12-09]. – (Standard by International Electrotechnical Commission).

6. Protection against lightning. Part 4: Electrical and electronic systems within structures: IEC 62305-4:2010. – [Publication date 2010-12-09]. – (Standard by International Electrotechnical Commission).

7. Кулаков О.В. Аналіз методів розрахунку блискавкозахисту будинків та споруд [Електронний ресурс] / О.В. Кулаков, В.В. Князев // Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр. НУГЗ України. – 2009. – Вып. 25. – С. 94-98. — Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/>

sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol25/kulakov_knev.pdf.

8. Аналіз методів розрахунку блискавкозахисту об'єктів [Електронний ресурс] / [Кулаков О.В., Кирилюк А.С., Катунін А.М., Лісін О.С.] // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. НУГЗ Украины. – 2016. – Вып. 40. – С. 123-129. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol40/kulakov.pdf>.

9. Особливості застосування методу захисного кута при проектуванні блискавкозахисту об'єктів [Електронний ресурс] / [Кулаков О.В., Катунін А.М., Лісін О.С.] // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. НУГЗ Украины. – 2017. – Вып. 42. – С. 58-63. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol42/kulakov.pdf>.

10. Explosive atmospheres. Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres: IEC 60079-10:2015. – [Publication date 2015-09-08]. – (Standard by International Electrotechnical Commission).

Отримано редколегією 10.03.2018

О.В. Кулаков, А.Н. Катунин, С.В. Рудаков

Исследование молниезащиты вертикальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов

Исследована молниезащита вертикальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов при применении разных методов расчета. Показано, что при применении вероятностного метода для определенного расстояния между попарно расположенными стержневыми молниеприемниками защищаемый объем посередине между стержнями не имеет провисания, а при применении метода защитного угла провисание есть всегда. Вследствие этого при применении вероятностного метода часть взрывоопасного пространства может оставаться незащищенной от ударов молнии.

Ключевые слова: молния, резервуар для нефти и нефтепродуктов, защита от молнии.

O. Kulakov, A. Katunin, S. Rudakov

Research of protection against lightning of vertical reservoirs for oil and oil products

Protecting against lightning of vertical reservoirs is investigational for oil and oil products at application of different methods of calculation. It is shown that at application of probabilistic method for certain distance between the cored interceptors of lightning located in pairs volume that is on the defensive, in the middle between bars not has sagging, but at application of method of protective corner of sagging is always. Hereupon at application of probabilistic method part of explosive space can remain unprotected from the hits of lightning.

Keywords: lightning, reservoir for oil and oil products, protection against lightning.