

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ВИБУХУ АЗОТНОГО БАЛОНА 40Л ГОСТ 949-73 НА ПІДПРИЄМСТВІ

*Зацарний В.В. (каф. ОППЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського);
Янчук В.В., студ. (гр. ФМ-41, ІФФ КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

Вступ. В багатьох підприємствах, наукових установах використовуються балони з азотом 40Л.ГОСТ 949-73 [1] для збереження стиснутого азоту і його подальшого використання, наприклад в якості основи хімічно інертної атмосфери, для синтезу в хімічній промисловості або для використання в хіміко-термічній обробці сталей. Проте під час збереження балонів зі стиснутим азотом можуть виникнути надзвичайні події, що можуть спричинити пошкодження балону або його нагрів і відповідно вибух, тому визначення тих зовнішніх умов, розташування балонів або параметрів приміщення при яких вибух, або не відбудеться, або відбудеться з мінімальною спричиненою шкодою є важливим завданням.

Одному з авторів публікації довелось мати справу з такими балонами під час роботи з вакуумною системою УСУ-4 спектрометра з метою заміщення залишкової атмосфери для створення кращих умов отримання надвисокого вакууму в системі.

При пожежах можливі вибухи різних балонів зі стиснутим газом. Замкнений резервуар може виявитися в осередку пожежі, відбудеться нагрів його вмісту з відповідним підвищенням тиску. За рахунок нагріву стінок посудини зменшується межа міцності їх матеріалу, в результаті чого при певних умовах виявляється можливим розрив резервуара.

Мета публікації. Розрахунок параметрів фізичного вибуху балона зі стиснутим азотом, визначення небезпечної зони під час вибуху пошкодженого балона з запобіжним клапаном та без запобіжного клапана

Методика розрахунку. Роботу, $Dж$, яку здійснює стиснений газ при фізичному вибуху і яка відповідає енергії вибуху, орієнтовно можна визначити за формулою, наведеній в методиці такого розрахунку [2].

Найважливішим етапом розрахунку є визначення тротилового еквіваленту ($M_{екв}$) виділеної енергії під час вибуху. Ця величина визначається за відношенням теплоти що виділяється при адіабатному розширенні стиснутого газу (Q_A) до теплоти що виділяється під час вибуху 1 кг тротилу ($Q_T = 4.18 \text{ МДж/кг}$):

$$M_{екв} = \frac{Q_A}{Q_T}. \quad (1)$$

Q_A можна розрахувати за наступним виразом:

$$Q_A = \frac{(P_1 V - P_0 V)}{k-1}, \quad (2)$$

де P_1 – тиск стиснутого газу в балоні під час вибуху; P_0 – атмосферний тиск навколишнього середовища, до якого відбувається розширення стисненого газу, Па. При розрахунках можна прийняти, що $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$; V – об'єм посудини зі стиснутим газом; k – показник адіабатного розширення стиснутого

газу, для одноатомних газів $k = 1,6$ і для двоатомних газів $k = 1,4$.

Зі збільшенням температури в замкнутому об'ємі тиск зростає лінійно і згідно з наступним рівнянням тиск стиснутого повітря в балоні під час вибуху P_1 становить:

$$P_1 = P \left(1 + \frac{T_1 - T}{T} \right), \quad (3)$$

де P – робочий тиск в посудині; T – температура якій відповідає тиск P ; T_1 – температура при якій відбувається вибух.

Якщо в балоні встановлений запобіжний клапан, то тиск P_1 не підніметься вище тиску спрацювання клапану і з великою ймовірністю аварійної розгерметизації балона не відбудеться

При руйнуванні стінок посудини з газом падає тиск від тиску в посудині P (або тиску спрацювання запобіжного клапана) до атмосферного тиску P_0 . В результаті відбувається адіабатне розширення середовища. Основним параметром такого вибуху є надлишковий тиск в позитивній фазі вибухової хвилі. Надлишковий тиск може бути знайдений за формулою:

$$\Delta P = P_0 (0,8 M_{\text{екв}}^{0,33} / r + 3 M_{\text{екв}}^{0,66} / r^2 + 5 M_{\text{екв}} / r^3) \quad (4)$$

Результати досліджень та їх обговорення. Згідно з ГОСТ 949-73 у табл. 1 наведено геометричні параметри азотного балону місткістю 40 л з робочим тиском 19,6 МПа.

Таблиця 1

Характеристика азотного балона 40Л.ГОСТ 949-73 [1]

Об'єм балона V, м ³	Діаметр циліндричної частини d, мм	Товщина стінки S, мм	Робочий тиск P_0 , МПа	Довжина корпусу балона L, мм
0,04	219	6	19,6	1430

Розраховано розподіл надлишкового тиску ударної хвилі для температури 500°C в залежності від відстані від епіцентру вибуху за формулами (1-4) для балона без запобіжного клапана (рис. 1а) та із запобіжним клапаном з тиском спрацювання 26 МПа (рис. 1б).

Відповідно до отриманих графіків зона ураження вибуху балона із запобіжним клапаном виявилась на 20 % меншою, коротка характеристика зон руйнувань [3,4] та їх розмір наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Розраховані розміри зон руйнування

Клас зони руйнувань	Тиск ударної хвилі, кПа	Розмір зони руйнування, м	
		Балон без запобіжного клапана	Балон із запобіжним клапаном
1	2	3	4
1 – Повне руйнування будівель	>100	2,8	2,3
2 – Сильне руйнування	70	3,4	2,7

1	2	3	4
3 – Середні пошкодження	28	5,9	4,7
4 – Легкі пошкодження	14	9,4	7,5
5 – Вибиття вікон, загрози для життя немає	<2	47,5	37,6

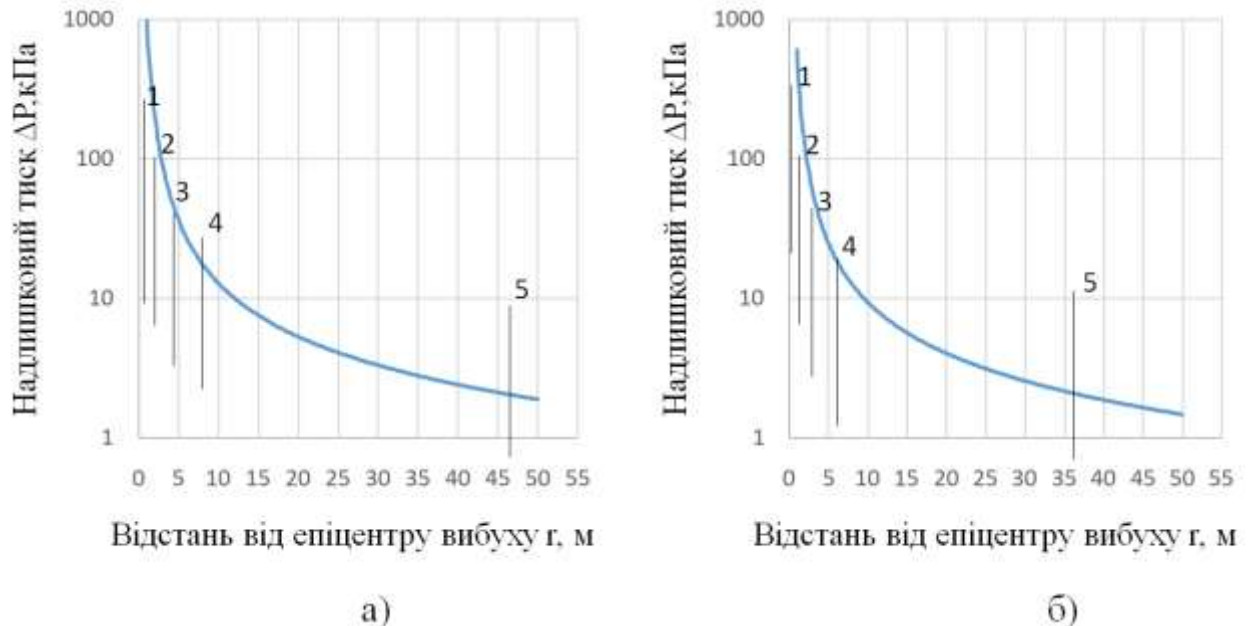


Рис. 1. Розподіл надлишкового тиску ударної хвилі за відстанню від епіцентру вибуху, цифрами позначені класи зон руйнування а) – для балона без запобіжного клапана, б) для балона із запобіжним клапаном.

Висновки. Вибух газового балона з азотом під тиском під час пожежі на підприємстві може спричинити значні руйнування і обвал будівлі особливо якщо балон не має запобіжного клапана, використання таких клапанів не тільки зменшує зону руйнувань у випадку вибуху балона на 20% а і може взагалі запобігти вибуху під час пожежі.

Найбільш небезпечна зона вибуху складає 4 метри, саме тому балони зі стисненим азотом ГОСТ 949-73 необхідно зберігати на відстані від несучих конструкцій не менше ніж 4 метри.

Особливої уваги заслуговує також дослідження параметрів вибуху для балонів зі стисненим киснем, оскільки вони може нести набагато більшу загрозу через можливість виникнення вибуху з утворенням вогняної кулі.

Література

1. ГОСТ 949-73. Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на $P_p = 19,6$ МПа.

2. Карауш С.А. Теория горения и взрыва: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования / С.А. Карауш. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 208 с.

3. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (с изменениями и дополнениями от 14.12.2010 г.).

4. РД 03-409–01. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей (с изменениями и дополнениями).