

ВИБУХИ НА ОБ'ЄКТАХ ГОСПОДАРЮВАННЯ. БЕЗПЕКА ПЕРСОНАЛУ

ПРАКТИЧНА РОБОТА

ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою

Вибір варіанта аварії і вихідних даних для розрахунку категорій приміщень і зовнішніх установок виконується після детального вивчення проектної документації технологічного процесу виробництва та технологічного регламенту. Складна технологічна схема вибухонебезпечного виробництва перед початком розрахунку розділяється на взаємопов'язані технологічні блоки за прямим ходом технологічного процесу. Межами для розділення технологічної схеми на блоки, окремі апарати або інші технологічні вузли, які містять вибухопожежонебезпечні продукти, може служити запірна арматура з ручним або дистанційним управлінням (у тому числі автоматичними відсікачами), яка встановлена на міжблочних трубопроводах як за прямим так і за оберненим потоками горючих матеріальних середовищ. Визначається категорія приміщення за вибухопожежною та пожежною безпекою на підставі результатів розрахунку маси газів, парів ЛЗР та ГР, горючого пилу, що потрапили у приміщення, надлишкового тиску вибуху ΔP та питомої пожежної навантаги.

За вибухопожежною та пожежною безпекою приміщення та будинки характеризують за категоріями А, Б, В, Г та Д, а зовнішні установки - за категоріями Аз, Бз, Вз, Гз та Дз

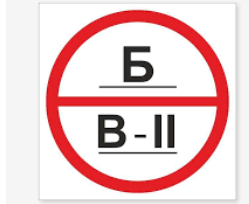
- Категорія А: вибухопожежонебезпечна.
- Категорія Б: вибухопожежонебезпечна.
- Категорія В: пожежонебезпечна.
- Категорія Г: помірно пожежонебезпечна.
- Категорія Д: знижено пожежонебезпечна.

Класифікація пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зон визначається НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок

Пожежонебезпечна зона – простір у приміщенні або за його межами, у якому постійно або періодично знаходяться (зберігаються, використовуються або виділяються під час технологічного процесу) горючі речовини як при нормальному технологічному процесі, так і при його порушенні в такій кількості, яка вимагає спеціальних заходів у конструкції електрообладнання під час його монтажу та експлуатації.



Класифікація пожежонебезпечних зон



Пожежонебезпечна зона класу П-I – простір у приміщенні, у якому знаходиться горюча рідина, яка має температуру спалаху більше $+61^{\circ}\text{C}$.

Пожежонебезпечна зона класу П-II – простір у приміщенні, у якому можуть накопичуватися і виділятися горючий пил або волокна.

Пожежонебезпечна зона класу П-IIa – простір у приміщенні, у якому знаходяться тверді горючі речовини та матеріали.

Пожежонебезпечна зона класу П-III – простір поза приміщенням, в якому знаходяться горюча рідина, яка має температуру спалахування понад $+61^{\circ}\text{C}$ або тверді горючі речовини.

Газо- пароповітряні вибухонебезпечні середовища утворюють вибухонебезпечні зони класів 0, 1, 2,

Вибухонебезпечна зона класу 0 – простір, у якому вибухонебезпечне середовище присутнє постійно або протягом тривалого часу. Вибухонебезпечні зони класу 0 можуть мати місце переважно в межах корпусів технологічного обладнання і, у меншій мірі, в робочому просторі (вугільна, хімічна, нафтопереробна промисловість).

Вибухонебезпечна зона класу 1 – простір, у якому вибухонебезпечне середовище може утворитися під час нормальної роботи (нормальна робота – ситуація, коли установка працює відповідно до своїх розрахункових параметрів).

Вибухонебезпечна зона класу 2 – простір, у якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо воно виникає, то рідко і триває недовго. У цих випадках можливі аварії катастрофічних розмірів (розрив трубопроводів високого тиску або резервуарів значної місткості) не повинні розглядатися під час проектування електроустановок.

пилоповітряні – вибухонебезпечні зони класів 20, 21, 22

Вибухонебезпечна зона класу 20 – простір, у якому під час нормальної експлуатації вибухонебезпечний пил у вигляді хмари присутній постійно або часто в кількості, достатній для утворення небезпечної концентрації суміші з повітрям, і (або) простір, де можуть утворюватися пилові шари непередбаченої або надмірної товщини. Звичайно це має місце всередині обладнання, де пил може формувати вибухонебезпечні суміші часто і на тривалий термін.

Вибухонебезпечна зона класу 21 – простір, у якому під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилу у вигляді хмари в кількості, достатній для утворення суміші з повітрям вибухонебезпечної концентрації. Ця зона може включати простір поблизу місця порошкового заповнення або осідання і простір, де під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилових шарів, які можуть утворювати небезпечну концентрацію вибухонебезпечної пилоповітряної суміші.

Вибухонебезпечна зона класу 22 – простір, у якому вибухонебезпечний пил у завислому стані може з'являтися не часто й існувати недовго або в якому шари вибухонебезпечного пилу можуть існувати й утворювати вибухонебезпечні суміші в разі аварії. Ця зона може включати простір поблизу обладнання, що утримує пил, який може вивільнитися шляхом витоку і формувати пилові утворення.

Вибухове горіння

- Процес горіння зі стрімким вивільненням енергії і утворенням при цьому надлишкового тиску (більше 5 кПа) називається вибуховим горінням.

При дефлаграційному горінні поширення полум'я відбувається в слабо збуреному середовищі зі швидкостями значно нижче швидкості звуку, тиск при цьому зростає незначно.

При детонаційному згорянні (детонації) поширення полум'я відбувається зі швидкістю, близькою до швидкості звуку, або перевищує її.



Основні терміни вибухового горіння

- Нижня концентраційна межа ($C_{нkp}$) поширення полум'я - це така концентрація горючого газу в суміші з окислювальним середовищем, нижче якої суміш стає нездатною до поширення полум'я.
- Верхня концентраційна межа ($C_{вkp}$) поширення полум'я - це така концентрація пального в суміші з окислювальним середовищем, вище якої суміш стає нездатною до поширення полум'я.
- Мінімальна енергія ініціювання (запалювання) (E_i) - найменше значення енергії електричного розряду, здатного запалити суміш стехіометричного складу.
- Концентрація газу стехіометричного складу ($C_{сх}$) - концентрація горючого газу в суміші з окислювальним середовищем, за якої забезпечується повна без залишку хімічна взаємодія пального і окислювача суміші.

Ініціювання (запалювання) газоповітряної суміші з утворенням осередку горіння можливо при наступних умовах:

- - концентрація горючого газу в газоповітряній суміші повинна бути в
- діапазоні між нижньою і верхньою концентраційними межами поширення
- полум'я;
- - енергія запалювання від іскри, або гарячої поверхні повинна бути не нижче
- мінімальної.

Для більшості вибухових сумішей енергія запалювання не перевищує 30 Дж.

При згорянні газоповітряної суміші стехіометричного складу утворюються тільки кінцеві продукти реакції горіння і теплота їх згорання, що виділилася, не витрачається на нагрівання незгорілих окислювача або пального (останніх не утворюється). З цієї причини продукти згорання нагріваються до максимальної температури.

У разі дефлаграційного горіння такої суміші в замкнутому герметичному та теплоізовованому обсязі утворюються максимальні температура і тиск. Величина максимального тиску є характеристикою відповідної газоповітряної суміші.

Режим дефлаграційного горіння може переходити в режим детонаційного горіння (при швидкому зростанні швидкості поширення полум'я). Такому переходу сприяє турбулізація процесу горіння при зустрічі фронту полум'я з перешкодами. При цьому поверхня фронту полум'я стає нерівною, а товщина полум'я збільшується - все це викликає зростання швидкості поширення полум'я.

В режимі детонаційного горіння навантаження значно зростають. Тому режим детонаційного горіння прийнятий за розрахунковий випадок для прогнозування інженерної обстановки при аварії з вибухом.

До основних факторів, що впливають на параметри вибуху, відносять: масу і тип вибухонебезпечної речовини, її параметри та умови зберігання або використання в технологічному процесі, місце виникнення вибуху, об'ємнопланувальні рішення споруд у місці вибуху.

Вибухи на промислових підприємствах та базах зберігання можна поділити на дві групи - у відкритому просторі і виробничих приміщеннях.

У відкритому просторі на промислових підприємствах та базах зберігання можливі вибухи газоповітряних сумішей (ГПС), що утворюються при руйнуванні резервуарів зі стиснутими і зрідженими під тиском або охолодженими газами, а також при аварійному розливі легкозаймистих рідин.

У виробничих приміщеннях, поряд з вибухом ГПС, можливі також вибухи пилоповітряних сумішей (ПВС), що утворюються при роботі технологічних установок.

Вибух газоповітряних сумішей у відкритому просторі

- метою проведення розрахунків з гарантованим запасом за об'ємом інженерно-рятувальних робіт, при обґрунтуванні вихідних даних приймають такий випадок руйнування резервуара, щоб вибух газоповітряної суміші, що утворюється при цьому, справив максимальну вражаючу дію. Цей випадок відповідає руйнуванню такого резервуара, в якому зберігається максимальна кількість пальної речовини на розглянутому об'єкті. Коротко розглянемо моделі впливу, що визначають поля вражаючих факторів (тиску) при прогнозуванні наслідків вибухів газоповітряних сумішей. При вибуху газоповітряних сумішей розрізняють дві зони дії: детонаційної хвилі - в межах хмари ГПС та повітряної ударної хвилі - за межами хмари ГПС. В зоні хмари діє детонаційна хвиля, надлишковий тиск у фронті якої приймається постійним у межах хмари ГПС і приблизно рівним $\Delta P = 17 \text{ кгс/см}^2$ (1,7 МПа). У розрахунках приймають, що зона дії детонаційної хвилі обмежена радіусом r_0 , який визначається з припущення, що ГПС після руйнування ємності утворює у відкритому просторі напівсферичну хмару.

Об'єм півсферичної хмари може бути визначений за формулою

$$V = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r_o^3, \text{ м}^3, \quad (1)$$

де $\pi = 3,14$.

Враховуючи, що кіломолярна кількість ідеального газу при нормальних умовах займає 22,4 м³, об'єм ГПС, що утворюється при аварійній ситуації, складе

$$V = \frac{22,4 \cdot k \cdot Q \cdot 100}{m_k \cdot C}, \text{ м}^3, \quad (2)$$

де k - коефіцієнт, що враховує частку активного газу (частку продукту, що бере участь у вибуху);

Q - кількість зріджених вуглеводневих газів в сховищі до вибуху, кг;

C - стехіометрична концентрація газу в % по об'єму;

m_k - молярна маса газу, кг/кмоль.

З умови рівності півсфери і об'єму суміші, що утворилася, отримаємо

$$r_o \approx 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q \cdot k}{m_k \cdot C}}, \text{ м}. \quad (3)$$

Зона дії повітряної ударної хвилі (ПУХ) починається відразу за зовнішньою межею хмари ГПС. Тиск у фронті ударної хвилі ΔP_ϕ залежить від відстані до центру вибуху і визначається за рис. 1 або таблиці 1, виходячи з співвідношення

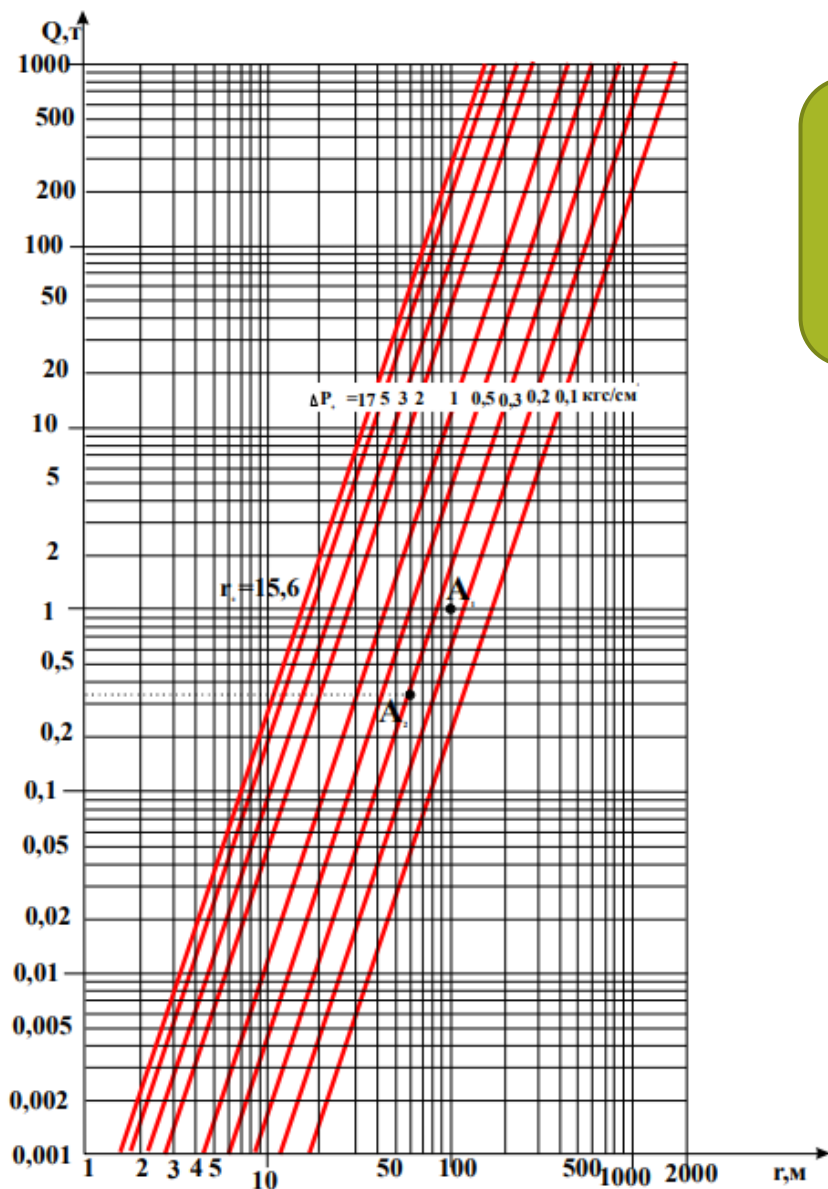
$$\Delta P_\phi = f(r / r_0),$$

де r - відстань від центру вибуху до точки, що розглядається.

Таблиця 1

r/r_0	0.1	1,01	1,04	1,08	1,2	1,4	1,8	2,7	3	4	5	6	8	12	20
$\Delta P_{\phi, \text{кПа}}$	1700	1232	814	568	400	300	200	100	80	50	40	30	20	10	5

Таблиця 1 і рис. 1 апроксимують відомі формули, що характеризують залежність тиску від відстані до центру вибуху.



Зміна значень $\Delta P_{\text{ф}}$ (кгс/см²) при вибуху пропанобутанових ГПС в залежності від маси скрапленого газу Q (кг) і відстані r (м)

r/r_0	0.1	1,01	1,04	1,08	1,2	1,4	1,8	2,7	3	4	5	6	8	12	20
$\Delta P_{\text{ф}}, \text{кПа}$	1700	1232	814	568	400	300	200	100	80	50	40	30	20	10	5

Варіанти завдання

Визначити тиск ударної хвилі на відстані $r=300$ м від центру вибуху

Варіант	Q , кг;	K	m_k	C , %.
1	10^5	0,6	30	3.56
2	10^7	0,6	35	4.4
3	10^6	0,6	43	4.25
4	10^4	0,6	37	5.03
5	10^3	0,6	38	3.65
6	10^5	0,6	42	5.75
7	10^6	0,6	36	3.6
8	10^5	0,6	49	5.6
9	10^4	0,6	36	4.2
10	10^2	0,6	32	4.75
11	10^3	0,6	36	6.5
12	10^7	0,6	35	4.4
13	10^2	0,6	32	4.75
14	10^4	0,6	43	3.5

Приклад рішення

Приклад рішення. Вибух хмари ГПС, утвореної при руйнуванні резервуара з 10^6 кг зрідженого пропану.

Вихідні дані: $Q = 10^6$ кг; $K = 0,6$; $m_k = 44$; $C = 4,03$ %.

Визначити тиск ударної хвилі на відстані $r = 200$ м від центра вибуху та ступінь руйнувань.

Розв'язання:

$$1. r_o = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q \cdot k}{m_k \cdot C}} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{10^6 \cdot 0,6}{44 \cdot 4,03}} = 150 \text{ м.}$$

$$2. \frac{r}{r_o} = \frac{200}{150} = 1,3.$$

$$3. \text{ При } \frac{r}{r_o} = 1,3 \text{ за таблицею 1 } \Delta P_{\phi} = 350 \text{ кПа (3,5 кгс/см}^2\text{)}.$$