

ЛІТЕРАТУРА

1. Крамаренко В. П. Токсикологічна хімія. – К.: Вища школа, 1995. – 423 с.
2. Крамаренко В. Ф. Физико-токсикологический анализ. – К.: Вища школа, 1982. – 272 с.
3. Трахтенберг И. М., Колесников В. С., Луковенко В. П. Тяжелые металлы во внешней среде. – Минск. Наука и техника. – 1994. – 288 с.
4. Баратова А. Н., Корольченко А. Л. Справочник пожаровзрывоопасных веществ и материалов и средства их тушения. – М. Химия, 1990. –
5. Демидов П. Г., Шандыба В. А., Щеглов П. П. Горение и свойства горючих веществ. – М.: Химия, 1981. – 272 с.
6. Швайкова М. Д. Токсикологическая химия. – М.: Медицина, 1975. – 378 с. –
7. Гадаскина И. Д., Гадаскина Н. Д., Филов В. А. Определение промышленных неорганических ядов в организме. – Л.: Медицина, 1975. – 288 с.
8. Clarce E. G. C. Isolation and Identification of Drugs. – London. The pharm. Press, 1971. – 870 p.
9. Müller R. K. Die toxicologish-chemische Analise. – Drezden. Verlag Theodor Steinkopff, 1976. – 604 s.

УДК 614.842

Д.М. Откідач, канд. техн. наук, доц. (Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України)

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВИБУХОНЕБЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ

Проведено аналіз промислових аварій на об'єктах різного призначення та встановлено загальні риси їх виникнення. Наведено методику розрахунку вибухонебезпеки об'єктів для оцінювання рівня руйнування будівель.

За останні 20 років в промисловості відбулося понад 150 великих аварій, при яких у вибухах брали участь: горючі вуглеводні гази $C_2 - C_4$ – 74 (42,5 %); пари ЛЗР – 23 (15,5 %); водень – 27 (18,0 %); пил органічних продуктів – 8 (5,3 %); конденсовані нестабільні сполуки – 18 (12,0 %). Із розглянутих аварій в 30 випадках вибухи супроводжувались викидами в атмосферу великих мас токсичних продуктів. Із загального числа (150) великомасштабних вибухів 84 відбулися в технологічній апаратурі і 66 – в атмосфері, в тому числі в 100 випадках – в промислових будівлях і 50 – на відкритих установках; 73 випадках спостерігались суттєві руйнування будівель, будівельних конструкцій і комунікацій відкритих технологічних установок та інших об'єктів.

За дослідженнями вчених зарубіжних країн в 177 вибухах неорганізованих парових хмар брало участь ≈ 30 різних хімічних речовин (в основному органічні сполуки); переважну кількість речовин складала сполуки $C_2 - C_4$; всі сполуки $C_2 - C_6$ приймали участь у вибухах парових хмар. Із загального числа досліджених випадків тільки в 7 (4 %) валове витікання горючих газів і парів не супроводжувались займанням. Із інших 170 випадків 35 % закінчувались вибухами, 23 % – вибухи відбувались одночасно з пожежами, 34 % – супроводжувались тільки пожежами.

Із аналізу відомих різних промислових аварій видно, що вони відрізняються як за масштабом ураження, так і за сценаріями їх виникнення. Але поряд з цим виявлені і загальні їх риси:

- початок виникнення (за часом); всі вони обмежуються одним технологічним процесом, апаратом, ділянкою трубопроводу, що характеризуються визначеним числом факторів небезпеки;
- залежність рівнів і масштабів ураження від значень енергетичних потенціалів технологічних блоків (систем, ділянок);
- приблизна рівність числа аварій за двома початковими подіями: вибуховим хімічним процесом в замкнених об'ємах апаратів і вибуховим процесом в атмосфері внаслідок порушення герметичності систем із-за механічного пошкодження апаратів;
- значна кількість аварій, що викликані внутрішніми фізичними явищами (без хімічних перетворень), які призводять до руйнування апаратів від перевищення надлишкового тиску;
- можливість ланцюгового розвитку аварій з викидом токсичних продуктів в навколишнє середовище;
- взаємозв'язок виникнення (розвитку) вибухових процесів і пожеж;
- виникнення вибухових хімічних процесів внаслідок утворення вибухонебезпечного середовища в замкнених об'ємах технологічних систем.

Найбільшу небезпеку для людей і матеріальних цінностей чинять вражаючі фактори вибуху та вогневих куль.

Необхідно зазначити, що газоподібні енергоносії являють собою гомогенні суміші горючих газів (парів) з газоподібними окислювачами – повітрям, киснем, хлором та ін., джерелами енергії вибухів яких є екзотермічні реакції окислення горючої речовини.

Двофазні вибухонебезпечні аерозависи складаються із дрібнодисперсних горючих рідин („туманів”) або твердих речовин (пилу) в окислювальному середовищі, здебільшого в повітрі. Джерелом енергії їх вибухів також являється теплота згорання цих речовин.

Таким чином технологічна система стає вибухонебезпечною, якщо вона має запас потенціальної енергії, що вивільняється з великою швидкістю і може генерувати повітряну ударну хвилю, здатну викликати руйнування або ураження людей. Кількість такої потенціальної енергії для різних енергоносіїв визначається відповідними фізико-хімічними закономірностями вивільнення енергії.

Енергію вибуху парогазових середовищ визначають за теплотою згорання горючих речовин в суміші з повітрям (окислювачем); при фізичних вибухах систем зі стисненими газами та перегрітими рідинами – за енергією адіабатичного розширення парогазових середовищ і перегрітої рідини.

Швидкість вивільнення енергії в загальному випадку визначається питомою потужністю, тобто кількістю енергії, що виділяється за одиницю часу на одиницю об'єму. При хімічних вибухах швидкість виділення енергії можна визначити за швидкостями розповсюдження детонації або полум'я в газовому середовищі. При газових хімічних і фізичних вибухах хвилі стиснення рухаються зі швидкістю, що близька до швидкості звуку в повітрі (330 м/с).

Сила вибухів стисненого або зрідженого газу (пари) характеризується внутрішнім тиском, а руйнування викликається ударною хвилею від розширюваного газу або осколками резервуару, що розірвався.

Джерелами енергії вибухів можуть бути окислювально-відновні хімічні реакції, в яких повітря або кисень взаємодіють з відновлювачем. Поряд з горючими газами відновлювачами можуть бути дрібнодисперсні горючі тверді речовини (пил) [1, 2]. Окислювально-відновні реакції при цих умовах можуть протікати як в замкнених, так і незамкнених об'ємах з

достатньо великими швидкостями, при яких генеруються ударні хвилі, здатні викликати значні руйнування.

Важливою характеристикою енергії вибуху являється сумарне енерговиділення. В офіційній нормативно-технічній документації цей показник називається енергетичним потенціалом і входить у всі параметри, що характеризують масштаби та наслідки вибуху [3].

Для оцінки випадкових і навмисних вибухів широко використовується метод адекватності руйнувань, що викликані різними вибуховими речовинами та середовищами. За цим методом ступінь руйнування характеризується тротиловим еквівалентом, тобто визначають масу тротилу, яка повинна бути, щоб викликати даний рівень руйнування. Для розрахунку тротилових еквівалентів прийнята теплота детонації тротилу, що дорівнює 4520 кДж/кг.

Для практичних цілей більш точним представляється співставлення енергії детонації тринітротолуолу (ТНТ) з енергією екзотермічної реакції горючого газу в суміші з повітрям. Відповідно для об'єктивності співставлення вибухів за еквівалентною масою ТНТ енергію екзотермічної реакції в газових середовищах слід розраховувати за питомим енерговиділенням всієї маси даного газу або його суміші (горючої речовини з киснем повітря).

При вибухах як конденсованих, так і парогазових середовищ і аерозависів у повітрі відбувається швидка зміна тиску, густини, температури та масової швидкості. Вибухова хвиля послаблюється по мірі її розповсюдження і за характером дії поділяється на три зони: ближня до джерела сильного вибуху – характеризується великим тиском і температурою; проміжна – в якій надлишковий тиск достатньо великий для важких руйнувань; зона слабого вибуху – в якій можливе встановлення залежності зміни надлишкового тиску в часі на великих відстанях. Під терміном „надлишковий тиск” зазвичай розуміють надлишковий тиск в прохідній хвилі або максимальний надлишковий тиск.

В змішаних газових сумішах, аерозависах та інших сумішах, в яких можуть протікати гомогенні екзотермічні реакції, при певних умовах, вибухові хвилі розповсюджуються у вигляді самопідтримуючої хвилі горіння (полум'я) зі звуковою швидкістю.

В процесах вибуху і детонації парогазових середовищ ударні хвилі досягають високих параметрів, що характеризують їх руйнівну здатність. Більшість промислових будівель руйнуються при тиску: 25...30 кПа при зовнішніх і 20...25 кПа при внутрішніх вибухах.

Моделювання вибухів засновано на закономірностях подібності, в основу яких може бути покладений принцип „кубічного кореня”. Цей принцип заключається в наступному, якщо два заряди однієї і тієї ж вибухової речовини однакової форми, але різного розміру вибухають в одній і тій же атмосфері, то подібні вибухові хвилі будуть спостерігатися при однакових значеннях параметрів відстані:

$$K = R / E^{1/3}, \quad (1)$$

де R – відстань від центру заряду, м;

E – повна енергія вибуху.

Є інші визначення принципу „кубічного кореня”, наприклад: „подібні ударні хвилі утворюються на тотожно рівних приведених відстанях в тих випадках, коли два заряди однієї і тієї ж вибухової речовини подібної геометрії, але різного розміру детонують в однаковій атмосфері”. Таке визначення може виражатися формулою:

$$K = R / W^{1/3}, \quad (2)$$

де R – приведена відстань, м;

W – маса заряду, кг.

Уточнена на базі реальних пошкоджень типових будівель і промислових споруд, викликаних ударними хвилями при вибухах вибухових речовин, формула подібності широко використовується в світовій практиці і має вигляд:

$$R = KW^{1/3}/[1+(3180/W)^2]^{1/6}, \quad (3)$$

де K – константа відповідного рівня руйнувань.

Ударні хвилі від вибухів конденсованих речовин і парогазових середовищ мають області високого тиску, який значно перевищує тиск, при яких спостерігається повне руйнування промислових будівель і споруд. В цих областях є й зони з вузьким інтервалом параметрів, що відповідають чисельній рівності відстані їх від джерела R_0 і маси тротилового еквіваленту $W^{1/3}$ і значенню $K = 1$. Тоді рівняння (6.3) буде мати вигляд:

$$R = R_0 = W^{1/3}/[1+(3180/W)^2]^{1/6}, \quad (4)$$

тобто при $W > 5000$ кг і $R_0 = W^{1/3}$ м. Якщо замінити масу тротилу на його енергетичний еквівалент $W = E/4520$, кг, то $R_0 = Q_B = 16,534E^{1/3}$, або $16,534R_0 = E^{1/3}$.

Підставляючи значення R_0 і W в рівняння (2), отримаємо:

$$K = 16,534R_0 / E^{1/3}, \quad (5)$$

Значення Q_B використовується як важливіший кількісний показник рівня можливих руйнувань при вибухах на технологічних об'єктах і називається відносним потенціалом вибухонебезпеки. За цим показником технологічні об'єкти поділяються на три категорії: $Q_B > 37$; $37 > Q_B > 27$; $Q_B < 27$.

Умова, що відповідає $K = 1$ (тобто при $R \approx W^{1/3}$) значення відстані від джерела вибуху R_0 називають умовним радіусом повного руйнування, який також як і відносний потенціал Q_B , являється кількісним показником вибухонебезпеки об'єктів.

Для кількісної оцінки руйнівної здатності ударних хвиль від вибухів парогазових середовищ може бути використаний кількісний показник m – маса горючої речовини, приведена до єдиної енергії згорання 46000 кДж/кг, що дорівнює питомій теплоті згорання більшості вуглеводів.

При моделюванні вибухів більшості горючих газів з окислювачами (повітрям, киснем, хлором та ін.) слід виходити із конкретних умов утворення вибухонебезпечних парогазових сумішей при найбільш ймовірних дестабілізуючих факторах. Вибухові явища при цьому можуть моделюватися при однорідності вибухонебезпечного середовища (об'ємної питомої густини і швидкості енерговиділення), подібності форми (циліндрична, сферична) оболонки технологічних систем та інших умов, що відповідають вимогам закону кубічного кореня.

За результатами досліджень вибух парової хмари (тобто відношення енергії повітряної ударної хвилі до загального енергетичного потенціалу суміші) складає 40 %, а інша частина енергії витрачається на нагрівання продуктів реакції і повітря в ударній хвилі. На відміну від теоретичних і експериментальних (попередньо підготовлених однорідних сумішей) при промислових вибухах і великому розходженні значень концентрації горючої речовини у повітрі „вихід” енергії в багатьох випадках виявляється меншим.

При вивченні степені розширення продуктів газового вибуху виявлено, що при сферичній детонації газоповітряних сумішей тільки ≈ 40 % енергії вибуху здійснює роботу, а інша енергія до кінця розширення міститься в продуктах реакції. При вибухах ємностей від перевищення тиску ≈ 60 % енергія розширення парогазових середовищ переходить в кінетичну енергію осколків, які при промислових аваріях розлітаються на 500...700 м, а в окремих випадках – на 1200...1500 м. При цьому на формування ударної хвилі витрачається тільки ≈ 40 % загальної потенціальної енергії вибуху стисненого газу.

В загальному випадку для умов адекватності рівня руйнувань, приблизно, для промислових випадкових вибухів може бути складений енергетичний баланс ударних хвиль, що генеруються вибухами парогазового середовища і тротилу:

$$0,4m_z z q_z = 0,9W_m q_m, \quad (6)$$

де $0,9$ і $0,4$ – частки енергій вибуху тротилу і парогазового середовища, що витрачаються безпосередньо на формування ударних хвиль;

m_z – загальна приведена маса горючої речовини у вибухонебезпечній парогазовій суміші, кг;

z – частка приведеної маси, що бере участь у вибуху;

q_z і q_m – питома теплота згорання парогазового середовища і вибуху тротилу, кДж/кг .

Для вибухів у виробничих приміщеннях та інших замкнутих об'ємах значення z приймається у відповідності з ОНТП 24-86 [4] – для горючих газів, $0,5$ – для парів легкозаймистих і $0,3$ – для горючих рідин. В замкнутих об'ємах апаратів, коли створюються умови утворення стехіометричного співвідношення „бідних” горючих парогазових сумішей з газами-окислювачами, частка участі горючої речовини може бути значно вища і деколи $z = 1$.

Приведена маса горючого парогазового середовища визначається як відношення загального енергетичного потенціалу до питомої теплоти згорання речовини, що дорівнює 46000 кДж/кг . Загальний енергетичний потенціал технологічних об'єктів E може визначатися як сукупність енергій адіабатичного розширення парогазового середовища. В інженерних розрахунках значення E визначається окремо по кожному технологічному блоку (апарату, технологічній дільниці) за конкретними моделями виникнення і розвитку можливих на них аварій. При цьому слід враховувати умови накладання (одночасності) енерговиділення від різних енергоносіїв. Наприклад, для системи (блоку), що містить нейтральну перегріту рідину й парове середовище під тиском, значення E визначають як суму енергій, що одночасно вивільняється від перегріву рідини і адіабатичного розширення пари.

Орієнтовні значення енергетичних показників вибухонебезпеки E , m , Q_B і R_0 визначають за загальними математичними залежностями, що наведені в [5].

За рівнянням енергетичного балансу ударної хвилі з урахуванням конкретних умов визначають реально можливий еквівалент ТНТ, а за закономірностями „кубічного кореня” – реальні відстані R , що відповідають рівням руйнування, площі, що описуються цими радіусами, а також інші параметри впливу ударних хвиль на об'єкти.

Виділяють п'ять зон безпеки, що відповідають наступним значенням константи K в формулі (4):

- 1) $K = 3,8$ – повне руйнування будівель;
- 2) $K = 5,6$ – 50 % руйнування будівель;
- 3) $K = 9,6$ – руйнування будівель без обрушень;
- 4) $K = 28$ – помірне руйнування будівель зі руйнуванням дверей, віконних палітурок, покрівлі, внутрішніх перегородок;
- 5) $K = 56$ – малі пошкодження зі руйнуванням ≈ 10 % скла.

Більш точно руйнівну силу вибухів можна охарактеризувати надлишковим тиском, що діє на об'єкт. В табл. 1 наведено рівні руйнування деяких будівель і відповідним їм надлишковий тиск, при яких досягається дана ступінь руйнування.

Згідно з [6] основними факторами, що характеризують небезпеку вибуху є:

- максимальний тиск і температура вибуху;
- швидкість наростання тиску при вибуху;
- тиск на фронті ударної хвилі;
- фугасні властивості і властивості, що дроблять вибухонебезпечного середовища.

Рівні руйнування будівель

Категорія пошкоджень	Характеристика пошкоджень будівлі	Надлишковий тиск, кПа	К
A	Повне руйнування будівлі	70	3,8...5,6
B	Важкі пошкодження, будівля підлягає зносу	33	5,6...9,0
C	Середні пошкодження, можлива реставрація будівлі	25	9,6...28
D	Розбито 90 % скла будівлі	4	28...56
E	Розбито 50 % скла будівлі	0,2	>56
S	Розбито 5 % скла будівлі	0,05	>56

Для оцінки прогнозованого рівня руйнувань може використовуватись графічний метод оцінки руйнівної здатності ударних хвиль за допомогою діаграм впливу тиску та імпульсу на рівень і характер руйнувань, що побудовані з використанням рівняння (3).

За наведеною методикою можна проводити оцінку наслідків, масштабів і рівнів розвитку аварії на хлібозаводі та розроблено план локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій.

ЛІТЕРАТУРА

1. ОСТ 8.12.05-86 ССБТ. Процессы производственные на предприятиях по хранению и переработке зерна. Взрывобезопасность. Методы отбора проб производственных пылей.
2. Правила техники безопасности и производственной санитарии на предприятиях, в организациях и учреждениях Министерства хлебопродуктов СССР, 1984.–
3. ОНТП 24-86 Общесоюзные нормы технологического проектирования. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
4. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтедобывающих производств.-М.: ГОСГОРТЕХНАДЗОР СССР, 1988.
5. ГОСТ 12.1.010-76 (СТСЭВ 3517-81). Взрывобезопасность. Общие требования.

УДК 614.843(075.32)

В.О.Чеповський, О.М.Слуцька (Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України)

МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ НА ТЕРИТОРІЇ ЛІСОВОГО ФОНДУ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ ТА БЕЗУМОВНОГО (ОБОВ'ЯЗКОВОГО) ВІДСЕЛЕННЯ

Розглянуто аспекти пожежної небезпеки лісових масивів. Наведено статистичні дані щодо лісових пожеж, які сталися на території України та Росії за різні періоди. Показано актуальність розроблення методики прогнозування ризиків виникнення пожеж на території лісового фонду

Ліси України є її національним багатством і за своїм призначенням та місцезростаюванням виконують переважно екологічні (водоохоронні, захисні, санітарно-гігієнічні, оздоровчі, рекреаційні), естетичні, виховні та інші функції, мають обмежене експлуатаційне значення і підлягають державному обліку та охороні [1].