

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В.Н.КАРАЗІНА

ФІЗИКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра безпеки життєдіяльності

**ЗАТВЕРДЖУЮ
ЗАВІДУЮЧИЙ КАФЕДРИ**

“ _____ ” _____ 20__ р.

_____ ст. викладач Квітковський Ю.В.
(науковий ступінь, наукове звання, прізвище та ініціали автора)

Методична розробка для проведення практичного заняття
**УРАЖАЮЧІ ФАКТОРИ ТЕХНОГЕННИХ НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ**
(повне найменування теми заняття)

З навчальної дисципліни _____ Цивільний захист

Обговорено на засіданні кафедри

“ _____ ” _____ 20__ р.

Протокол № _____

Цілі заняття:

1. *Навчальна* – ознайомлення студентів з основними уражаючими факторами техногенних надзвичайних ситуацій.
2. *Розвиваюча* – роз'яснення студентам методики розрахунку параметрів уражаючих факторів техногенних надзвичайних ситуацій
3. *Виховна* – становлення державного підходу до навчання, формування високих моральних якостей студентів.

Навчальні питання:

ВСТУП

ОСНОВНА ЧАСТИНА

1. Поняття про вибух, уражаючі фактори вибуху, розрахунок параметрів вибуху
2. Викиди отруйних речовин, визначення параметрів викидів

ЗАКЛЮЧЕННЯ

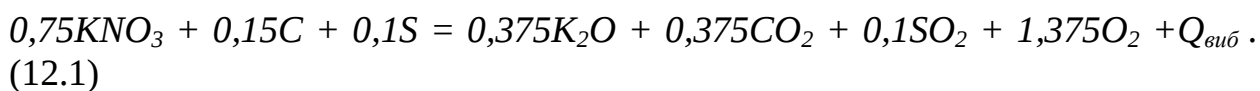
ПОНЯТТЯ ПРО ВИБУХ, УРАЖАЮЧІ ФАКТОРИ ВИБУХУ, РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ВИБУХУ

Досвід експлуатації обладнання з вибухопожежонебезпечними технологічними процесами (приміщення та будівлі категорій А та Б) свідчить, що в окремих випадках в результаті аварій, а також порушення режиму експлуатації технологічного обладнання та невиконання техніки безпеки під час виконання робіт виникають вибухи, які супроводжуються загибеллю людей, руйнуванням будівельних конструкцій та технологічного обладнання.

В даний час з метою інтенсифікації виробництв у різних технологіях широке застосування знайшла енергія вибуху, що акумульована у *вибухових речовинах* (ВР). При будівництві доріг, спорудженні гребель, при обробці твердих будівельних матеріалів, видобутку корисних копалин, у військовій техніці (усі види вибухових боєприпасів), у наукових дослідженнях будови гірських порід (сейсмовибухи), у космонавтиці (ракети на твердому паливі) широко використовують вибухові речовини. Поводження цих речовин при нагріванні, ударі, горінні істотно відрізняється від горіння інших горючих речовин.

Вибухові речовини (ВР) – ті, що здатні до вибухових перетворень. **Вибухові перетворення** – це швидка хімічна реакція, що супроводжується вибухом.

Викликати вибух можуть фізичні процеси та хімічні перетворення. Тому прийнято розрізняти вибухи фізичні та хімічні (теплові). До **фізичних** відносяться вибухи, при яких не відбуваються хімічні реакції. Це вибухи посудин, що працюють під тиском, вибухи електродинамічні і термодинамічні. **Хімічним** вибухом ВР називають хімічне перетворення, що самопоширюється з великою швидкістю і протікає з виділенням великої кількості тепла та утворенням газів. До хімічних вибухів відносяться вибухи конденсованих ВР, вибухи палих газопароповітряних або пилоповітряних сумішей. Прикладом є вибух димного порошу, при якому відбувається швидка хімічна реакція між селітрою, сіркою і вуглецем, що супроводжується виділенням великої кількості теплоти. Таку хімічну реакцію можна записати у вигляді формули:



Газоподібні продукти, що утворилися, нагріваються за рахунок теплоти реакції до високої температури (кілька тисяч градусів) і мають високий тиск (сильно стиснуті). При розширенні ці гази роблять механічну роботу, тобто в ході вибуху відбувається звільнення накопиченого в речовині або в системі великого запасу енергії. Таким чином, можна визначити чотири умови, при яких хімічна реакція буде протікати у формі вибуху:

- а) екзотермічність;
- б) утворення газів;
- в) велика швидкість;
- г) здатність до самопоширення.

Вибух – це процес швидкого виділення великої кількості енергії, викликаного раптовим фізичним або хімічним перетворення речовини або суміші. Він може бути викликаний детонацією або фізичним розкладом речовин, а також під час хімічних перетворень, при швидкому згорянні газо-, паро- або пилоповітряних сумішей. Основною ознакою вибуху є миттєва зміна тиску, який залежить від температури та об'єму продуктів горіння.

У найбільш широкому значенні слова *вибухом* називають фізичне або хімічне перетворення речовини, що супроводжується у край швидким переходом його енергії в енергію стиску і руху вихідної речовини або продуктів його перетворення та навколишнього середовища.

При вибуху розрізняють дві стадії:

Перша стадія – перетворення того чи іншого виду енергії в енергію сильно стиснутих газів. У випадку вибуху димного порошу – це екзотермічна реакція, що протікає з дуже великою швидкістю і в якій утворюються сильно стиснуті гази та пари. При ядерному вибуху – це швидкопротікаючі ядерні або термоядерні реакції – реакції поділу або з'єднання атомних ядер, при яких звільняється велика кількість теплоти. Продукти реакції, оболонка атомної або водневої бомби і деяка кількість середовища навколо бомби миттєво перетворюються в нагріті до дуже високої температури гази, що мають високим тиском.

Друга стадія – миттєве розширення сильно стиснутих газів і парів. У процесі розширення потенційна енергія стиску звичайно переходить у механічну роботу. Ця робота приводить навколишнє середовище в рух, що може викликати руйнування конструкцій, якщо виниклі напруги перевищують їх межу міцності. Унаслідок швидкості, з якою реакція проходить по ВР, гази, що утворюються, навіть при відсутності міцної оболонки, набувають високого тиску і здатні, розповсюджуючись по навколишньому середовищу, породжувати в ньому *ударні хвилі*, здійснювати сильний удар, що руйнує і розкидає перепони. Таким чином, у край швидкий прояв дії тиску, як правило, дуже великого, являє собою основну характерну ознаку вибуху.

Спостерігаються дві форми вибуху:

1. Гомогенний вибух має місце, коли відбувається одночасне і рівномірне нагрівання всієї системи вибухової речовини, у результаті чого по досягненні температури samozapalювання або вибуху виникає вибухове перетворення по всій масі речовини.
2. Вибух, що самопоширюється, має місце тоді, коли вибухове перетворення виникає в якій-небудь ділянці заряду ВР і потім поширюється по речовині. Він характеризується наявністю фронту

перетворення, тобто вузької зони інтенсивної хімічної реакції, що відокремлює в кожен даний момент продукти реакції від вихідної речовини, що ще не прореагувала, і рухається з визначеною швидкістю. Швидкість поширення вибухового перетворення визначається відстанню, на яке переміщається фронт реакції в одиницю часу.

Унаслідок вибуху звичайно утворюються *вибухові хвилі*.

Вибухові хвилі поширюються у вигляді *ударних хвиль* або *хвиль стиску*. На фронті *ударних хвиль* стрибкоподібно змінюється тиск, щільність, температура, швидкість руху часток середовища (рис. 12.1). Для *хвиль стиску* характерна поступова зміна цих параметрів. Під тиском мається на увазі надлишковий тиск, який виникає у середовищі при проходженні вибухової хвилі. Параметри хвиль (тиск, час дії, швидкість поширення і т.п.) залежать від:

- джерела енергії вибуху;
- навколишнього середовища (повітря, ґрунт, вода);
- інтенсивності протікання хімічної реакції (режиму горіння);
- інших факторів.

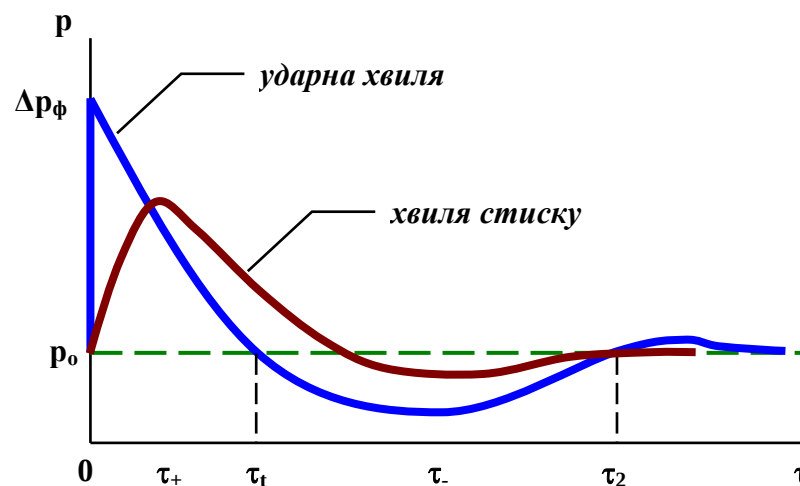


Рисунок 12.1 – Схема зміни тиску в часі у фіксованій на місці точці для ударної хвилі та хвилі стиску

Вибухові хвилі впливають на конструкції споруд як короткочасні динамічні навантаження. В залежності від призначення споруди та причин вибуху короткочасні динамічні навантаження можуть бути *експлуатаційними* та *аварійними*. При *експлуатаційних навантаженнях* у конструкціях не повинні виникати деформації, що порушують нормальну експлуатацію споруди. При *аварійних навантаженнях* у деяких конструкціях споруди можуть виникати пластичні деформації і, навіть, руйнації.

У залежності від механізму передачі теплоти від шару до шару ВР розрізняють два види вибухового перетворення: *детонацію* і *дефлаграцію* (горіння).

При *дефлагаційному процесі (горінні)* теплота, що виділяється в зоні реакції, передається шляхом теплопередачі від гарячих продуктів реакції до найближчого шару ВР, викликаючи в ньому, у свою чергу, інтенсивну хімічну реакцію. Процес повторюється й у наступних шарах ВР. У цьому випадку хімічне перетворення поширюється при атмосферному тиску з дозвуковою швидкістю. Швидкість поширення сильно залежить від тиску, при якому протікає процес.

Фронт *дефлагаційного* горіння нагадує "*проникний поршень*", що створює при русі попереду себе *хвилю стиску*. Надмірний тиск ΔP_ϕ в хвилі стиску поступово збільшується від фронту хвилі до фронту полум'я. Хвиля стиску також утворює, так званий, *швидкісний натиск* – динамічне навантаження, що утворюється потоком повітря (див. додаток 42). *Швидкісний натиск* є основним руйнівним чинником для будівельних конструкцій. Максимальні значення надмірного тиску і *швидкісного натиску* досягаються перед фронтом полум'я, позаду якого утворюється вогненна куля з високою температурою випромінювання (1800...2500 °C).

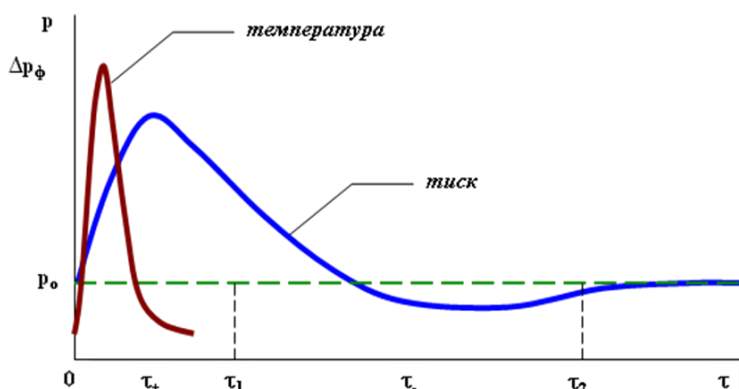


Рисунок 12.2 – Схема зміни тиску і температури в часі у фіксованій на місці точці при дефлагаційному вибуху

Коли горіння відбувається в незамкнутому просторі, воно не супроводжується ані характерним звуковим ефектом, ані механічною роботою. У замкнутому ж просторі процес протікає енергійніше: швидко піднімається тиск, у зв'язку з чим збільшується швидкість горіння. При горінні в замкнутому об'ємі, наприклад у зарядній камері гармати або в шпурі, характерно більш-менш швидке, але не різке наростання тиску газів до значень декількох сотень МН/м² (декількох тисяч атмосфер).

При *детонаційному процесі* механізм поширення хімічного перетворення ВР обумовлений передачею енергії від шару до шару хвилею стиску, тобто ударною хвилею. У цьому випадку хімічне перетворення

поширюється по речовині з надзвуковою швидкістю або швидкістю, близькою до швидкості звуку.

Детонація може виникнути при наявності деяких умов, при яких горіння вибухових речовин стає нестійким, швидкість його починає збільшуватися, а, починаючи з деякого її значення, змінюється режим вибухового перетворення – виникає *ударна хвиля*. Швидкість ударної хвилі продовжує наростати, але до деякого граничного значення. Таким чином, швидкість вибухового перетворення, що протікає по механізму детонації, безупинно зростає від мінімального до граничного, постійного значення.

Детонація характеризується різким стрибком тиску в місці вибухового перетворення до 30-40 млн. Н/м² (300-400 тис. кгс/см²) і дуже різкою дією на навколишнє середовище. У момент підходу ударної хвилі до перешкоди тиск стрибком підвищується від атмосферного P_o до значення $P_o + \Delta P_\phi$ у фронті хвилі, а потім поступово убуває (рис. 12.3). Після часу τ_t від моменту приходу ударної хвилі фаза стиснення переходить у фазу розрядки, але максимальна розрядка $\Delta P < 0,3\Delta P_\phi$. Одночасно з тиском у фазі стиснення виникає рух повітря у напрямі розповсюдження хвилі – *швидкісний натиск*, який рухається за фронтом ударної хвилі.

Безпосереднє ураження ударною хвилею виникає в результаті дії надлишкового тиску та швидкісного натиску повітря. Ступінь пошкодження будівель та споруд в залежності від їх конструктивних особливостей визначається або надлишковим тиском, або швидкісним натиском. Наприклад, при невеликих розмірах об'єкту ударна хвиля майже миттєво охоплює його та надає сильного тиску (людиною миттєве підвищення тиску сприймається як різкий удар). В той же час швидкісний натиск утворює сильний лобовий тиск на об'єкт, який обумовлює його зсув у просторі та/або перекидання.

У фазі розрядки повітря рухається у зворотному напрямі. А на дальніх відстанях ударні хвилі від вибухів переходять в слабкі хвилі стиску.

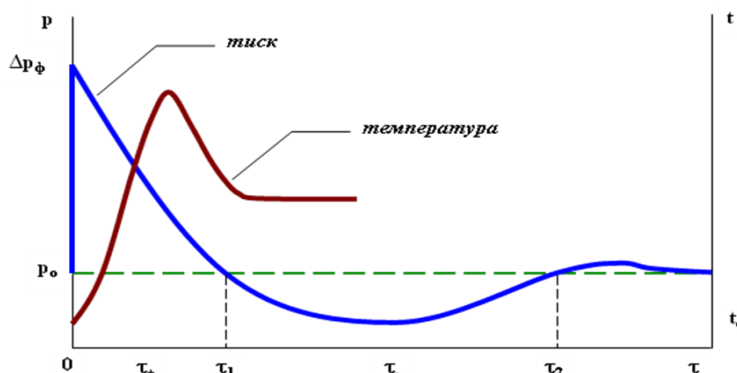


Рисунок 12.3 – Схема зміни тиску і температури в часі у фіксованій на місці точці при детонаційному вибуху

Класифікація вибухових речовин (ВР) здійснюється за декількома ознаками:

- 1) за агрегатним станом – гази, рідини і тверді речовини;
- 2) за складом – однорідні речовини і суміші;
- 3) за приналежністю до певного класу хімічних сполук;
- 4) за ступенем стійкості горіння.

Більшість вибухових речовин є твердими тілами (наприклад, тротил, ксиліл і т.п.). Менш поширені, але так само різноманітні рідкі вибухові речовини. Вибуховими речовинами можуть бути і гази, наприклад суміші повітря з парами бензину або горючими газами. Так суміш повітря з газом метаном приводить до вибухів у шахтах, якщо в них не забезпечена правильна вентиляція. Нарешті, вибуховою системою може бути пилоповітряні горючі суміші, наприклад вугільний пил, пил борошна і т.п.

ВР, що належать до одного класу хімічних сполук, можуть значно розрізнятися по стійкості горіння, тобто по характеру вибухового перетворення, а отже й по можливостях їхнього застосування. По зазначених ознаках розрізняють три групи ВР:

Група I – ініціюючі (первинні) вибухові речовини (ІВР). Вони легко вибухають від простих видів зовнішнього впливу – полум'я, удару, тертя. Тому вони служать для збудження детонації бризантних ВР. Найважливішими представниками ІВР є гримуча ртуть, тетразен, азид свинцю та ін. Призначення ІВР – запалення порохових зарядів, сповільнювачів у дистанційних трубках і підрильниках та інших об'єктів.

Група II – бризантні або подрібнювальні (вторинні) вибухові речовини (БВР). Характерним видом вибухового перетворення ВР цієї групи є детонація. У звичайних умовах БВР не здатні вибухати від підпалювання, тому для виникнення їх детонації застосовують ІВР. БВР застосовують головним чином для спорядження боєприпасів і для підривних робіт.

Група III – металеві вибухові речовини (МВР) або порохи. Для речовин цієї групи характерним видом вибухового перетворення є горіння, що не переходить у детонацію. Для збудження горіння необхідна дія полум'я.

Таким чином, вибух заряду ВР може бути збуджений вибухом іншого заряду. Заряд, що вибухає першим, називають *ініціюючим зарядом*. Заряд, що вибухає під впливом вибуху активного заряду, називають *пасивним зарядом або зарядом, що ініціюється*.

Розрахунок параметрів вибуху

Для ухвалення рішень по захисту від дії повітряної ударної хвилі (ПУХ) вибуху на будівлі, споруди, техніку або на людей, а також для вироблення заходів вибухобезпечності необхідні дані, що характеризують вибухи. Найбільш достовірні відомості про вибух можна одержати шляхом проведення експерименту. Проте, такий підхід не завжди застосовний. Тому найбільш поширені розрахункові методи, що дозволяють визначати значення параметрів, що характеризують вибухи. В ході розрахунків використовуються наступні показники:

- вигляд і кількість вибухової речовини (ВР);
- умови вибуху;
- відстань від місця вибуху до місця оцінки його наслідків;
- параметри ударної хвилі;
- ступінь пошкодження (руйнування) будівель, споруд, техніки або ступінь ураження людей.

Для проведення розрахунків розроблено і представлено значну кількість функціональних залежностей, які зв'язують між собою ці показники. Конкретний вид розрахункових співвідношень, що виражають ці функціональні залежності, визначається умовами вибуху, до яких відносяться:

- 1) тип ВР:
 - конденсовані ВР;
 - газоповітряні суміші;
 - пилоповітряні суміші і ін.;
- 2) місце вибуху:
 - повітряний;
 - наземний;
 - заглиблений вибух;
- 3) наявність перешкод, що відбивають ударну хвилю і інші умови.

При оцінюванні ступеня впливу вибуху на будівельні конструкції та людей до небезпечних параметрів вибуху відносять:

- температуру;
- тиск;
- швидкість нарощування тиску;
- швидкість розповсюдження горіння;
- час (протяжність) вибуху (який складає, звичайно, 0,05...0,6 секунди).

Енергія вибуху приводить до стиснення продуктів вибуху і навколишнього середовища, різкої зміни тиску. Витрати тепла під час цього дуже незначні. Практично 90 % тепла іде на нагрів продуктів горіння. Температура продуктів горіння при вибуху визначається:

$$T_v = 0,9 T_p, \quad (12.3)$$

де: T_p - теоретична (розрахункова) температура продуктів горіння, К.

Кількість вибухової речовини або її масу C при проведенні розрахунків виражають через *тротиловий еквівалент* M_T . **Тротиловий еквівалент** є масою тротилу, при вибуху якої виділяється стільки ж енергії, скільки виділиться при вибуху заданої кількості конкретного ВР. Значення тротилового еквівалента визначається по співвідношенню:

$$M_T = K_{ef} C , \quad (12.4)$$

де: C – маса вибухової речовини; K_{ef} – коефіцієнт приведення вибухової речовини до тротилу (див. додаток 37).

Вираз (12.4) складений для вибуху, при якому ударна хвиля розповсюджується у вигляді сфери. Коли вибух відбувається на деякій поверхні, ударна хвиля розповсюджується в повітрі у вигляді півсфери. Для вибухів на абсолютно твердій поверхні вся енергія, що виділилася при вибуху, розповсюджується в межах півсфери і, отже, значення маси вибухаючої речовини як би подвоюється. Для вибуху на не абсолютно твердій поверхні, наприклад, на ґрунті, частина енергії витрачається на утворення воронки. Облік цієї витрати виконується за допомогою коефіцієнта η (наприклад, для ґрунту $\eta = 0,6$; для бетону $\eta = 0,95$). M_T в загальному випадку визначається по формулі:

$$M_T = 2\eta K_{ef} C . \quad (12.5)$$

За законом подібності кубічного кореня значення параметрів ударної хвилі для вибуху деякої потужності можна перерахувати для вибухів інших потужностей, користуючись виразами закону подібності:

$$r_2 = r_1 \sqrt[3]{M_{T2}/M_{T1}} , \quad \tau_2 = \tau_1 \sqrt[3]{M_{T2}/M_{T1}} , \quad (12.6)$$

де: r_2, r_1 – відстані від центрів двох вибухів до деяких точок 1 і 2, в яких параметри ударної хвилі цих вибухів рівні між собою; τ_2, τ_1 – час з моменту вибуху до приходу ударної хвилі в ці точки; M_{T2}, M_{T1} – відповідні тротилові еквіваленти зарядів.

Ґрунтуючись на цих залежностях, отримують приведений радіус вибуху R_{np} , яким зручно користуватися в різних розрахункових співвідношеннях для визначення параметрів ударної хвилі вибуху.

$$r_2/\sqrt[3]{M_{T2}} = r_1/\sqrt[3]{M_{T1}} = r/\sqrt[3]{M_T} = R_{np} \quad (12.7)$$

Різниця між вибухами конденсованих ВР і ГПС обумовлює особливості їх впливу на будівельні конструкції та особливості відповідних розрахунків.

12.3.1 Розрахунок параметрів вибуху при підриві заряду конденсованої вибухової речовини

При підриві заряду конденсованої ВР утворюється *осередок вибуху*, ударні хвилі якого здатні викликати великі руйнування на будівельних

об'єктах. В залежності від місця підриву ВР розрізняють повітряний, наземний або заглиблений вибух.

Таким чином, при розрахунках для оцінювання пошкоджень треба розглянути впливи на будівлі та споруди від:

- 1) продуктів вибуху та розльоту осколків;
- 2) впливу ударної хвилі;
- 3) сейсмічного ефекту вибуху.

1. Вплив продуктів вибуху та розльоту осколків.

При підриві заряду ВР на поверхні землі максимальний радіус розльоту осколків $r_{\max}$, м, визначають за формулою:

$$r_{\max} = 238 \sqrt[3]{C}, \quad (12.8)$$

де C – загальна маса заряду ВР, кг, яку визначають за формулою:

$$C = C_1 K_{ef} + C_2, \quad (12.9)$$

де C_1 – маса діючого заряду ВР, кг; K_{ef} – коефіцієнт ефективності ВР в порівнянні із зарядом тротилу тієї ж маси (див. додаток 37); C_2 – маса зовнішнього контактного заряду тротилу для підриву діючого заряду ВР, кг (див. додаток 38).

2. Вплив ударних хвиль при вибуху.

Надлишковий тиск $\square P_\phi$ для сферичної повітряної ударної хвилі, що вільно розповсюджується, убуває у міру видалення від місця вибуху. Тому розрахунок його значень звичайно проводиться на підставі співвідношень, в яких тиск є функцією двох аргументів – маси ВР і відстані від місця вибуху.

Швидкість спаду значення $\square P_\phi$ у міру видалення від місця вибуху змінюється за рахунок впливу на ударну хвилю середовища, в якому вона розповсюджується. Чим більше відстань від місця вибуху, тим сильніше спотворюється характер зміни тиску у фронті ударної хвилі.

З викладених причин в технічній літературі представлений достатньо широкий спектр розрахункових співвідношень для визначення значень $\square P_\phi$, кожне з яких має свою сферу застосування і призначення. Наприклад, для повітряного вибуху, для наземного вибуху, для малих відстаней від місця вибуху, для значних відстаней від місця вибуху, для невеликих зарядів ВР, для крупних зарядів ВР і т.д.

Вплив ударних хвиль на конструкції та споруди розрізняється при вибуху у повітрі та при вибуху на поверхні землі.

Ударні хвилі при вибуху у повітрі.

Закони зміни тиску в повітряній ударній хвилі в часі не залежать від виду вибухової речовини. Головна особливість цієї хвилі – різке зростання

тиску в її фронті, що рухається, від P_o (вихідний атмосферний тиск) до максимального значення $P_o + \Delta P_\phi$ і потім падіння до атмосферного тиску P_o . Час τ_+ , протягом якого тиск падає з $P_o + \Delta P_\phi$ до P_o , визначає тривалість фази стиску (рис. 12.3). Фаза стиску змінюється фазою розрідження, у якій тиск виявляється нижче атмосферного. Механічна дія ударної хвилі на спорудження в більшості випадків визначається тиском у фазі стиску, оскільки воно звичайно перевищує тиск у фазі розрідження. При визначенні навантажень, що виникають при дії ударної хвилі на перешкоду, необхідно враховувати умови її взаємодії з перешкодою (відбиття, обтікання, затікання).

Основні параметри повітряної ударної хвилі при поширенні в повітрі від центра вибуху (минаюча хвиля) визначають по емпіричних формулах.

При повітряному вибуху тротилового заряду:

– надлишковий тиск на фронті ударної хвилі (МПа):

$$\Delta P_\phi = 0,084 \frac{\sqrt[3]{C}}{r} + 0,27 \frac{\sqrt[3]{C^2}}{r^2} + 0,7 \frac{C}{r^3} \quad (12.10)$$

де C – маса тротилового заряду, кг; r – відстань від центра вибуху до перешкоди, м. Враховуючи (12.7) формулу (12.10) можна записати у вигляді формули Садовського:

$$\Delta P_\Phi = \frac{84}{R_{np}} + \frac{270}{R_{np}^2} + \frac{700}{R_{np}^3} . \quad (12.11)$$

При необхідності можна вирішувати зворотну задачу, тобто визначати відстань від місця вибуху по заданому значенню ΔP_ϕ , користуючись співвідношенням:

$$R_{np} = \sqrt[3]{\left[1 + \frac{337}{\Delta P_\Phi}\right]^2 - 1} ; \quad (12.12)$$

– тривалість фази стиску (с):

$$\tau_+ = 1,5 \cdot 10^{-3} \sqrt[3]{C} \sqrt{r} ; \quad (12.13)$$

– імпульс тиску у фазі стиску, віднесений до поверхні фронту хвилі площею 1 м^2 ;

$$i = 4 \frac{\sqrt[3]{C^2}}{r} \text{ (МПа} \cdot \text{с)}. \quad (12.14)$$

Ударні хвилі при наземному вибуху.

При вибуху заряду у ґрунті виникає подрібнення ґрунту і руйнування його структури з утворенням воронки. За межами воронки вибухові хвилі розповсюджуються у вигляді ударних хвиль або хвиль стиснення. Також виникають хвилі у ґрунті внаслідок розповсюдження над поверхнею повітряної ударної хвилі.

При наземному вибуху тротилового заряду, враховуючи те, що ударна хвиля розповсюджується в повітрі у вигляді півсфери, надлишковий тиск на фронті ударної хвилі, тривалість фази стиску, імпульс тиску у фазі стиску розраховують по формулам:

$$\Delta P_{\phi} = 0,1 \frac{\sqrt[3]{C}}{r} + 0,43 \frac{\sqrt[3]{C^2}}{r^2} + 1,4 \frac{C}{r^3} \quad (\text{МПа}), \quad (12.15)$$

$$\tau_{+} = 1,7 \cdot 10^{-3} \sqrt[3]{C} \sqrt{r} \quad (\text{с}), \quad (12.16)$$

$$i = 6,3 \frac{\sqrt[3]{C^2}}{r} \quad (\text{МПа} \cdot \text{с}). \quad (12.17)$$

Радіус руйнуючої дії повітряної ударної хвилі r_{yx} визначають за формулою:

$$r_{yx} = a \sqrt{C}, \quad (12.18)$$

де C – маса заряду, що підривається, у тротиловому еквіваленті, кг; a – коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від умов вибуху та інтенсивності руйнувань (див. додаток 36). Коефіцієнт a для деяких випадків також можна визначити за формулами, наприклад, при пошкодженні стіни товщиною b , м:

- при виникненні тріщин у цегляних стінах: $a = \frac{0,6}{\sqrt{b}};$
- при наскрізних проломах у цегляних стінах: $a = \frac{0,4}{\sqrt{b}};$
- при наскрізних проломах у бетонних стінах: $a = \frac{0,25}{\sqrt{b}};$
- при наскрізних проломах у залізобетонних стінах: $a = \frac{0,2}{\sqrt{b}}.$

ПРИКЛАД 12-А.

Визначити надмірний тиск та ступінь руйнування цегляної будівлі з залізобетонним перекриттям при вибуху на відстані 10 м від неї на ґрунті заряду гексогену масою 10 кг.

1. Визначення тротилового еквівалента M_T :

$$M_T = 2\eta K_{ef} C = 2 \cdot 0,6 \cdot 1,3 \cdot 10 = 15,6 \text{ кг}$$

2. Визначення приведенного радіусу вибуху R_{np} :

$$R_{np} = r / \sqrt[3]{M_T} = 10 / \sqrt[3]{15,6} = 4$$

3. Визначення надмірного тиску ΔP_Φ :

$$\Delta P_\Phi = \frac{84}{R_{np}} + \frac{270}{R_{np}^2} + \frac{700}{R_{np}^3} = \frac{84}{4} + \frac{270}{4^2} + \frac{700}{4^3} = 48,8 \text{ кПа}$$

4. За додатком 42, зменшуючи розраховане значення ΔP_Φ в 1,5 рази, можна зробити висновок, що будівля одержить середні руйнування.

ВИКИДИ ОТРУЙНИХ РЕЧОВИН, ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИКИДІВ

СДОР — це хімічні речовини, що застосовуються в народному господарстві, які при виливанні або викиді можуть призводити до зараження повітря з вражаючими концентраціями.

Хімічна обстановка — це масштаби і характер зараження місцевості СДОР, які здійснюють вплив на роботи об'єктів народного господарства, дія формувань ЦО і населення.

Хімічна обстановка виникає при порушенні технологічних процесів на хімічно небезпечному виробництві, ушкодженні трубопроводів, ємкостей, сховищ, транспортних засобів при перевезеннях СДОР, які призводять до викиду СДОР в атмосферу в кількостях, що становлять небезпеку масового ураження людей і тварин.

Первинна хмара — хмара СДОР, яка утворюється в результаті миттєвого (1—3 хв.) переходу в атмосферу частини вмісту ємкості зі СДОР при її руйнуванні.

Вторинна хмара — хмара СДОР, яка утворюється в результаті випаровування розлитої речовини з поверхні.

Гранична токсодоза — інгаляційна токсодоза, яка викликає початкові симптоми ураження.

Еквівалентна кількість СДОР — це така кількість хлору, масштаб зараження яким при інверсії еквівалентний масштабу зараження при даному ступені вертикальної стійкості кількістю даної речовини, яка перейшла в первинну (вторинну) хмару.

Площа зони фактичного зараження СДОР — площа території, зараженої СДОР у небезпечних для життя межах.

Площа зони можливого зараження СДОР — площа території, в межах якої під дією зміни напрямку вітру може переміщуватися хмара СДОР.

Товщина шару розливу СДОР — h товщина шару, що вільно розлився на підстилаючій поверхні, приймається за 0,05 м, а той, що розлився в піддон або в обвалування, — $h = H - 0,2$ м, де H — висота піддону (обвалування).

Ступінь вертикальної стійкості повітря характеризується трьома складовими: інверсією, конвекцією, ізотермією.

Інверсія (нижні шари повітря холодніші за верхні) виникає при ясній погоді, малих швидкостях вітру (до 4 м/с). Інверсія перешкоджає розсіюванню повітря на висоті і створює сприятливі умови для зберігання високих концентрацій СДОР.

Конвекція (нижній шар повітря нагрітий сильніше за верхній і відбувається переміщення його по вертикалі) виникає при ясній погоді, малих (до 4 м/с) швидкостях вітру. Конвекція розсіює хмару, заражену СДОР, знижує її вражаючу дію.

Ізотермія (температура повітря в межах 20-30 м від земної поверхні майже однакова) звичайно спостерігається в хмарну погоду і при сніговому покриві. Ізотермія сприяє тривалому застою парів СДОР на місцевості.

Оцінка хімічної обстановки

Під оцінкою хімічної обстановки розуміють визначення масштабу і характеру зараження СДОР, аналіз їх впливу на діяльність об'єктів, сил ЦО і населення.

Основними вихідними даними для оцінки хімічної обстановки є:

- загальна кількість СДОР на об'єкті і дані щодо розміщення їх запасів у ємкостях і технологічних трубопроводах;
- кількість СДОР, викинутих в атмосферу, характер їх розливу на поверхні;
- висота піддону або обвалування складських ємкостей;
- метеорологічні умови: температура повітря, швидкість вітру на висоті 10 м (на висоті флюгера), ступінь вертикальної стійкості повітря.

Оцінка хімічної обстановки включає: визначення глибини зони зараження; визначення площі зони зараження і нанесення на план місцевості; визначення часу підходу зараженого повітря до об'єкта; визначення тривалості вражаючої дії СДОР; визначення можливих втрат людей.

Визначення глибини зони зараження СДОР

Розрахунок глибини зони зараження ведеться з допомогою даних, наведених у таблицях додатків 1, 2, 3 (Д1, Д2, Д3) в залежності від кількісних характеристик викиду і швидкості вітру.

Кількісна характеристика викиду СДОР для розрахунку масштабів зараження визначається за еквівалентними значеннями.

Визначення еквівалентної кількості речовини визначається по первинній і вторинній хмарі.

Еквівалентна кількість речовини по первинній хмарі визначається за формулою:

$$Q_{e1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0, \quad (1)$$

де K_1 — коефіцієнт, який залежить від умов зберігання СДОР. Додаток 1 (Д1) для стиснутих газів $K_1 = 1$;

K_3 — коефіцієнт, що дорівнює відношенню граничної токсодози хлору до граничної токсодози іншої СДОР — Д1;

K_5 — коефіцієнт, який враховує ступінь вертикальної стійкості повітря. Приймається: для інверсії — за 1, для ізотермії — 0,23, для конвекції — 0,008;

K_7 — коефіцієнт, який враховує вплив температури повітря — Д1 (для стиснутих газів $K_7 = 1$);

Q_0 — кількість викинутої (розлитої) при аварії СДОР (т).

Еквівалентна кількість речовини по вторинній хмарі розраховується за формулою:

$$Q_{e2} = \frac{(1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot Q_0}{h \cdot d}, \quad (2)$$

де K_2 — коефіцієнт, який залежить від фізико-хімічних властивостей СДОР (табл. Д3);

K_4 — коефіцієнт, який враховує швидкість вітру (табл. Д3);

K_6 — коефіцієнт, який залежить від часу, що пройшов після початку аварії N .

Значення K_6 визначається після розрахунку тривалості випаровування речовини T за формулою:

$$K_6 = N^{0,3} \quad (\text{при } N < T) \quad (3)$$

Або

$$K_6 = N^{0,4} \quad (\text{при } N > T) \quad (4)$$

При $T < 1$ години K_6 приймається для 1 години.

Тривалість випаровування:

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7}, \quad (5)$$

де h — товщина шару розливу СДОР (м), d — питома вага СДОР (т/м³) — Д1.

Розрахунок глибин зон зараження первинною (вторинною) хмарою СДОР ведеться з допомогою таблиць Д2.

У таблиці Д2 наведені максимальні значення глибин зон зараження первинною — Γ_1 або вторинною Γ_2 хмарою СДОР, які визначаються в залежності від еквівалентної кількості речовини (Q_{e1} , Q_{e2}) і швидкості вітру.

Повна глибина зони зараження Γ (км), обумовлена впливом первинної і вторинної хмари СДОР, визначається:

$$\Gamma = \Gamma' + 0,5\Gamma'', \quad (6)$$

де Γ' — найбільший, Γ'' — найменший з розмірів Γ_1 і Γ_2 .

Отримане значення Γ порівнюється з гранично можливим значенням глибини переносу повітряних мас Γ_n , яке визначається за формулою:

$$\Gamma_n = N \cdot V, \quad (7)$$

де N — час від початку аварії (год);

V — швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря при даних швидкості вітру і ступені вертикальної стійкості повітря, які визначаються за допомогою таблиць Д5.

За остаточну розрахункову глибину зони зараження приймають найменше з 2-х (Γ і Γ_n) порівнюваних між собою значень.

Методичну розробку склав:

ст. викладач

Ю.В.Квітковський