

*В.В. Тригуб, к.т.н., доцент, НУЦЗУ*

## **МЕТОДИКА ОЦІНКИ МЕЖ ЗОН РУЙНУВАННЯ ПРИ ВИБУХУ НА ВІДКРИТИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТАНОВКАХ**

(представлено д-ром техн. наук Соболев О.М.)

Розглянуті умови руйнування промислових об'єктів при впливі на них навантаження від ударних хвиль. Аналізується зміни тиску в ударних хвилях в залежності від маси речовини, що вибухає та відстані від епіцентру вибуху. Запропоновані формули для оцінки радіусу меж зон сильних, середніх та легких руйнувань при вибуху газопароповітряних сумішей

**Ключові слова:** надзвичайна ситуація, вибух, ступінь руйнування, межі зон руйнування.

**Постановка проблеми.** Аналіз причин виникнення аварій та надзвичайних ситуацій техногенного характеру показав, що у 48 % випадків ці причини носять техногенний характер через незадовільний технічний стан споруд, конструкцій, обладнання та інженерних мереж, їх значну зношеність внаслідок відпрацювання свого нормативного терміну експлуатації. Зношення споруд промислового та господарського призначення у різних галузях економіки сягає 70 % і більше і з кожним роком експлуатації зростає далі.

Капітальні, поточні та попереджувальні ремонти споруд, конструкцій та інженерних мереж проводяться нерегулярно. Внаслідок цього ступінь їх небезпеки та імовірність виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру зростає. Технічний стан споруд, конструкцій та інженерних мереж основних галузей економіки регіону досяг критичної межі.

При виникненні окремих видів НС техногенного та природного характеру (вибух, ураган, підтоплення та ін.) можливе раптове руйнування споруд.

Найбільше число людських жертв, завдання матеріальних збитків та заподіяння шкоди довкіллю можливо при руйнуванні будівель та споруд громадського призначення, техногенно-небезпечних підприємств, багатопверхових, аварійних будинків житлового та промислового призначення.

При прогнозуванні надзвичайних ситуацій пов'язаних з вибухами для визначення кількості потерпілих необхідно визначити межі зон руйнування будівель та споруд.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В попередніх дослідженнях докладно розглядаються питання, які стосуються прогнозу-

вання наслідків надзвичайних ситуацій взагалі. В роботі [1] розглядається методика визначення обсягу завалів, яка дозволяє визначити потрібну кількість сил та засобів для їхнього розбирання. В [2-4] запропоновано загальний перелік та послідовність рятувальних робіт на зруйнованих будівлях. Ймовірність ураження людей від ступеню пошкодження будівлі і час необхідний для їхнього рятування розглядається в [5]. В [6] представлена методика розрахунку імовірної кількості постраждалих для визначення сил проведення рятувальних робіт на зруйнованих будинках. Методика розрахунку сил та засобів для проведення всього комплексу аварійно-рятувальних робіт на зруйнованих будівлях розглянута в [7]. Не достатньо розглянуті питання оцінки радіусу меж зон руйнувань для подальшого визначення кількості потерпілих.

**Постановка завдання та його вирішення.** При складанні прогнозу про можливу обстановку для розробки оперативних заходів щодо ліквідації НС, які пов'язані з вибухами необхідна інформація про руйнування, які виникли. Основним параметром, який необхідно визначити є межі зони руйнування.

Аварійні вибухи пов'язані з вибухами газопароповітряних сумішей, які утворюються внаслідок витоку горючих речовин. При вибуху таких сумішей виникають ударні хвилі, які можуть зруйнувати, або пошкодити будівлі, обладнання в зоні їх дії. Умовно прийнято розглядати три характерні зони ймовірних пошкоджень: зона сильних руйнувань ( $\Delta P = 30$  кПа), зона середніх руйнувань ( $\Delta P = 20$  кПа) та зона легких руйнувань ( $\Delta P = 10$  кПа).

При розгляді дії ударних хвиль необхідно прийняти до уваги те, що в більшості випадків час дії ударної хвилі значно більше власному періоду коливань конструкції. Це означає, що навантаження від ударної хвилі на конструкцію можна вважати квазістатичною, тобто напруження, деформації в елементах конструкції будуть пропорційні максимальному надлишковому тиску хвилі  $\Delta P$ . До зазначених випадків впливу відносяться дані за результатами руйнувань, приведені в табл. 1 [5].

Величину надлишкового тиску  $\Delta P$ , кПа, що розвивається у разі згоряння газопароповітряних сумішей, визначають за формулою [8]:

$$\Delta P = P_0 \cdot \left( \frac{0,8 \cdot m_{\text{пр}}^{0,33}}{r} + \frac{3 \cdot m_{\text{пр}}^{0,66}}{r^2} + \frac{5 \cdot m_{\text{пр}}}{r^3} \right), \quad (1)$$

де  $P_0$  – атмосферний тиск, кПа (допускається приймати таким, що дорівнює 101 кПа);  $r$  – відстань від геометричного центра газопароповітряної хмари, м;  $m_{\text{пр}}$  – приведена маса газу або пари, кг, обчислюється за формулою

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{зг}}}{Q_0} \cdot m \cdot Z, \quad (2)$$

де  $Q_{\text{зг}}$  – питома теплота згоряння газу або пари, Дж·кг<sup>-1</sup>;  $Z$  – коефіцієнт участі горючих газів і парів у горінні, який допускається приймати рівним 0,1 [9];  $Q_0$  – константа, рівна  $4,52 \cdot 10^6$  Дж·кг<sup>-1</sup>;  $m$  – маса горючих газів і (або) парів, які надійшли в результаті аварії до навколишнього простору, кг.

**Табл. 1. Наслідки впливу надлишкового тиску на будівельні конструкції**

Надлишковий тиск $\Delta P$ , кПа	Наслідки
50	Повні руйнування будинків і споруд
30	Сильні руйнування і пожежі
20	Середні руйнування і можливі пожежі
10	Легкі руйнування будинків і спорудження, можливі окремі пожежі
5	Граничне значення надлишкового тиску
2	Руйнування віконного скла

Для тричленних рівнянь виду (1) характерно:

- перший і другий члени рівняння виявляються невеликими порівняно з третім членом при розрахунку тиску на близьких відстанях від центру вибуху (тиск в хвилі понад 100 кПа);
- другий і третій члени стають невеликими порівняно з першим членом на значній відстані від центру вибуху (тиск менше 100 кПа).

Беручи до уваги зазначені властивості тричленних рівнянь (1) і той факт, що межі зон руйнування важливих об'єктів знаходяться на значній відстані від епіцентру вибуху (тиск не більше 30-50 кПа), можна записати:

$$\Delta P = P_0 \cdot \frac{0,8 \cdot m_{\text{пр}}^{0,33}}{r}, \quad \text{або} \quad r = 80,8 \cdot \frac{m_{\text{пр}}^{0,33}}{\Delta P}. \quad (3)$$

Підставивши в (3) значення тиску з табл. 1, які відповідають ступеням руйнувань об'єктів, отримаємо рівняння, що дозволяють розрахунковим шляхом оцінити радіуси меж:

- зони сильних руйнувань

$$r = 80,8 \cdot \frac{m_{\text{пр}}^{0,33}}{30} = 2,7 m_{\text{пр}}^{0,33},$$

- зони середніх руйнувань

$$r = 80,8 \cdot \frac{m_{\text{пр}}^{0,33}}{20} = 4 m_{\text{пр}}^{0,33},$$

- зони легких руйнувань

$$r = 80,8 \cdot \frac{m_{\text{пр}}^{0,33}}{10} = 8 m_{\text{пр}}^{0,33}.$$

**Висновки.** Таким чином запропонована методика визначення меж зон руйнування при вибуху газопароповітряних сумішей на відкритих технологічних установках, яка дозволяє в подальшому прогнозувати кількість потерпілих в будинках, які потрапили в певні межі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Каммерер Ю.Ю. Аварийные работы в очагах поражения / Каммерер Ю.Ю., Харкевич А.Е. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
2. Організація аварійно-рятувальних робіт: Підручник. За загальною редакцією В.П. Садкового / Аветісян В.Г., Сенчихін Ю.М., Кулаков С.В., Куліш Ю.О., Тригуб В.В. – Х: «Федорко», 2010. – 240 с.
3. Дементьев С.В. Отчет по результатам натуральных экспериментальных исследований по отработке технологий и способов ведения спасательных работ в условиях разрушенных зданий / Дементьев С.В., Чумак С.П., Дурнев Р.А. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1993.
4. Шахмарьян М.А. Научно-методические основы планирования использования аварийно-спасательных сил при разрушительных землетрясениях / Шахмарьян М.А. // ВИНТИ. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 1993. – Вып. 7. – С.23-29.
5. Аветісян В.Г. Методичні вказівки по виконанню контрольної роботи з організації аварійно-рятувальних робіт (прогнозування та ліквідація наслідків вибуху на відкритих технологічних установках) / Аветісян В.Г., Дерев'янка І.Г., Тригуб В.В. – Харків: УЦЗУ, 2008. – 47 с. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://univer.nuczu.edu.ua/tmp\\_metod/928/OARR\\_Prognoz\\_ta\\_likvidac\\_naslidkiv.pdf](http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/928/OARR_Prognoz_ta_likvidac_naslidkiv.pdf).
6. Аветісян В.Г. Алгоритм прогнозування кількості потерпілих на зруйнованих будинках / Аветісян В.Г., Тригуб В.В. // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 8. – Харків: Фолю, 2008. – С. 3-6.
7. Аветісян В.Г. Прогнозування кількості рятувальників для проведення робіт на зруйнованих будинках / Аветісян В.Г., Тригуб В.В. //

Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 7. – Харків: Фоліо, 2008. – С. 3-8.

8. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

9. Тесленко А.А. Методы оценки взрывоопасности наружных установок в России, Беларуси и Украине / Тесленко А.А., Токарь А.И. // Проблемы пожарной безопасности. – 2014. – Вып. 36. – С. 259-265. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol36/teslenko.pdf>.

В.В. Тригуб

**Методика оценки границ зон разрушения при взрыве на открытых технологических установках**

Рассмотрены условия разрушения промышленных объектов при воздействии на них нагрузок от ударных волн. Анализируется изменение давления в ударных волнах в зависимости от массы взрывающего вещества и расстояния от эпицентра взрыва. Предложены формулы для оценки радиуса границ зон сильных, средних и легких разрушений при взрыве газопаровоздушных смесей.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, взрыв, степень разрушения, граница зоны разрушения.

V.V. Trigub

**Methods of assessment boundaries of zones of destruction in the explosion on the open processing plants**

The conditions for the destruction of industrial objects when exposed to loads from the shock waves. Analyzes the change of pressure in the shock waves depending on the weight of the explosive substance and the distance from the epicenter. Formulas for estimating the radius of the boundaries of zones of strong, medium and light damage in the explosion gaz-steam-air mixtures.

**Keywords:** emergency, explosion, degree of destruction, boundary zone of destruction.