

Журнал фізичних досліджень. -2003. -№ 4.- С.25-32. 5. Tanaka K. Nanotechnology towards the 21st Century // Thin Sol. Films.-1999.-V.341.- P120-125. 6. Hersam M.C., Guisinger N.P., Lydrng J.W. Silicon-based molecular nanotechnology // Nanotechnology. 2000. V.11. P70-76. 7. Alivatos A.P. Semiconductor Clusters, nanocrystals, and quantum dots // Science. -1996. -V.271. -P.933-941. 8. Дроздов В.А., Ковальчук В.В., Моисеев С.Л. Фрактальная размерность наночастиц // Физика аэродисперсных систем. – 2002. – № 39. – С55-67. 9. Ковальчук В.В. Теоретичне обґрунтування штучного синтезування кластерних сполук на основі кремнію // Фізика конденсованих високомолекулярних

систем. Фізика полімерів. 2002. – № 9. – С.27-31. 10. Ковальчук В.В. Ультра дисперсные субфазы в молекулярной электронике (обзор) // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. -2002. -№ 3. – С. 6-14. 11. Находкин М.Г., Сізов Ф.Ф. Элементы функциональной электроники. – К.: ВД "Професіонал". - 201 с. 12. Ho M.S, Hwang I.S., Tsong T.T. Direct Observation of Electromigration of Si Magic Clusters on Si(111) Surfaces // Phys.Rev.Lett.-V.84, N25.-2000.- P.5792-5795.

Надійшла до редколегії 3.07.09р.

УДК 358.231:662.1.001

В. І. Кривцун, канд. техн. наук, І. Е. Ментус, канд. військ. наук

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОСЕРЕДЖЕНИХ ЗАРЯДІВ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРОЛОМІВ У ПЕРЕШКОДАХ НЕОБХІДНИХ РОЗМІРІВ

У статті надано рекомендації щодо визначення основних характеристик контактної заряду вибухової речовини, який необхідний для влаштування пролому у перешкоді для пропуску штурмових груп або комунальних мереж. На відміну від існуючих даних підхід дозволяє побудувати повну картину руйнування перешкоди.

Ключові слова: вибухові речовини, зосереджені контактні заряди.

In the article the recommendations concerning definition of the basic characteristics of a contact charge of explosive which is necessary for a breach in an obstacle for the admission of assault groups or municipal networks are given. Unlike existing the given approach allows to construct a full picture of destruction of an obstacle.

Keywords: the explosives, the concentrated contact charges.

Вступ. В сучасних умовах перед фахівцями саперних (піротехнічних) підрозділів Збройних Сил та Міністерства надзвичайних ситуацій України можуть поставати специфічні завдання, які вимагають серйозної теоретичної підготовки виконавця у галузі теорії вибуху. До таких завдань можуть відноситись спрямовані руйнування будівель, гребель, влаштування ровів для захисту населених пунктів від паводку, утворення отворів у перешкодах для пропуску штурмових груп або комунальних мереж. Наведені завдання вимагають від виконавця ретельної підготовки, врахування всіх факторів руйнівної дії вибуху для запобігання руйнування оточуючих об'єктів народного господарства та негайного виконання поставленого завдання. Нажаль, існуюча система підготовки даних фахівців лише поверхнево розглядає такі питання і використання наближених виразів розрахунку може привести до непередбачуваних наслідків або не виконання завдання.

Метою даної статті є обґрунтування рекомендацій щодо розрахунку характеристик контактної зосередженої заряду вибухової речовини, який необхідний для влаштування пролому у перешкоді.

Математичний апарат. При вибуху контактної заряду на поверхні контакту його з перешкодою протягом деякого часу діє тиск продуктів вибуху, внаслідок цього по перешкоді розповсюджується ударна хвиля з швидкістю, більшою швидкості звуку в матеріалі. При виході фронту ударної хвилі на вільну поверхню частинки матеріалу перешкоди, що знаходяться на цій поверхні, одержують деяку швидкість і починають рухатися у бік вільної поверхні. У міру віддзеркалення ударної хвилі від вільної поверхні в цей рух послідовно залучаються все більш глибокі шари перешкоди. Якщо в якийсь момент часу кінетична енергія шару матеріалу, залученого до руху, стане більшою енергії, необхідної для його відриву, то шар відірветься від неї, в результаті цього утворюється відкольна вирва з новою вільною поверхнею. Якщо тривалість та інтенсивність ударної хвилі достатня, то від цієї нової вільної поверхні може бути відірвано ще один або декілька шарів, в результаті утворюється більш глибока відкольна вирва. В межі вона може охопити перешкоду по всій її товщині і тоді утворюється наскрізна пробоїна.

У загальному випадку для заряду довільної форми справедливий вираз [1]:

$$C = K_0 \frac{n^2}{\mu} h^2 h_0, \quad (1)$$

де C – маса заряду в кілограмах;
 K_0 – питома витрата вибухової речовини (ВР) для контактних зарядів, що визначається за формулою:

$$K_0 = \pi \sqrt{\frac{\rho A_m}{Q_0}} = \pi \rho \sqrt{\frac{A_m^0}{Q_0}} \quad (2)$$

де ρ – густина матеріалу, кг/м³;
 Q_0 – питома енергія вибухового перетворення ВР;
 A_m – питома робота руйнування одиниці об'єму матеріалу;
 A_m^0 – питома робота руйнування одиниці маси матеріалу, так що:

$$A_m^0 = \frac{A_m}{\rho};$$

μ – коефіцієнт форми заряду, для зарядів у формі паралелепіпеда:

$$\mu = \begin{cases} 1 - \frac{H}{b} - \frac{H}{l} + \frac{4}{3} \frac{H^2}{bl}, & \text{якщо } \frac{b}{H} \geq 2 \\ \frac{1}{4} \frac{b^2}{H} \left(\frac{l}{b} - \frac{1}{3} \right), & \text{якщо } \frac{b}{H} \leq 2 \end{cases}, \quad (3)$$

де b – ширина заряду, м;
 l – довжина заряду, м;
 H – висота заряду, м;
 для циліндричних зарядів:

$$\mu = \begin{cases} 1 - 2 \frac{H}{b} + \frac{4}{3} \frac{H^2}{b^2}, & \text{якщо } \frac{b}{H} \geq 2 \\ \frac{b}{6H}, & \text{якщо } \frac{b}{H} \leq 2 \end{cases}, \quad (4)$$

де b – діаметр заряду, м;
 для напівсферичного заряду: $\mu = 1/2$
 n – показник дії вибуху:

$$n = \frac{X}{h} + tg \alpha, \quad (5)$$

$\alpha = 45^\circ$ для металу, бетону, цегли.
 $2X$ – мінімальний розмір активної площі контакту заряду з перешкодою, для циліндра і паралелепіпеда

$$\begin{cases} X = \frac{b-H}{2}, & \text{при } \frac{b}{H} \geq 2 \\ X = \frac{b}{4}, & \text{при } \frac{b}{H} \leq 2 \end{cases}, \quad (6)$$

h – товщина плити, м;
 h_0 – товщина відколу, м.
 Для випадку гарантованого руйнування у формулі (1) треба покласти, $h_0 = h$, в результаті отримаємо

$$C = K_0 \frac{n^2}{\mu} h^3 \quad (7)$$

Питома витрата ВР для найбільш характерних сталей і алюмінієвих сплавів приведена в таблиці 1.

Таблиця 1

| Питома витрата ВР, кг/м ³ | |
|---|----------------|
| Матеріали | K ₀ |
| Сталь марок: Ст-3; М16С, 10Г2С; 15ХСНД; 10ХСНД; А ТА-А7-56Т (США) | 2460 |
| Сталь марок: Ст-3 мост; Ст-4, Ст-5; А ТМ-А94-54 (США) | 2570 |
| Сталь: St-52 (Німеччина), АС-54 (Фр.) | 2860 |
| Сталь конструкційна 30ХМА | 2760 |
| Сталь марок: 14Г2; 19Г; 15Л, St-37 (Німеччина) | 2350 |
| Алюмінієві сплави в будівельних конструкціях | 1250 |

При вибуху контактної заряду на сталевій плиті, окрім відкольної вирви, в місці контакту заряду утворюється характерна вмятина або кратер, глибина якого мала у порівнянні з глибиною відкольної вирви, якщо така утворюється. При достатньо великій товщині сталевих плит і малому заряді відкольна вирва не утворюється, але кратер виникає, правда його глибина мала у порівнянні з товщиною плити. З цієї причини при розрахунку руйнівної дії вибуху контактних зарядів на сталеві і взагалі металеві елементи, не враховуємо утворення кратера, проте при вибуху контактних зарядів на перешкодах з інших менш міцних і менш вязких матеріалів утворюється не тільки вмятина безпосередньо під зарядом, але за рахунок радіальної течії частини матеріалу розкидається в сторони і на лицьовій поверхні, на якій розташовується заряд, утворюється вирва викиду. Розміри цієї вирви можна визначити для зосереджених зарядів за наступним виразом [2]

$$C = 6\pi K Z r_b^3, \quad (8)$$

де K – питома витрата вибухової речовини, для більшості звязних ґрунтів K = 1...1,3 кг/м³; для Z — коефіцієнт, що враховує властивості вибухової речовини; для тротилу Z = 1, для інших ВР – Z = Q₀/Q_{отр} (Q₀ і Q_{отр} — питома енергія вибухового перетворення відповідно ВР, що застосовується і тротилу [2]); r_b – радіус вирви, м.

Якщо заряд достатній, то окрім вирви викиду, на протилежній грані перешкоди утворюється відкольна вирва. Ці вирви можуть бути розділені шаром зруйнованого, але не викинутого матеріалу, або пересіктися, тоді утворюється крізна пробоїна. Відкольна вирва і в цьому випадку може бути розрахована за виразом (1).

Питома витрата ВР для найбільш характерних матеріалів наведена у таблиці 2.

Таблиця 2

| Питома витрата ВР, кг/м ³ | | |
|--|----------------|-----------|
| Матеріали | K ₀ | K |
| Мергель, вапняк, сланець | 5,6 – 9,6 | 1,2 – 2,0 |
| Пісковик, міцний вапняк, мармур, граніт, доломіт, змійовик | 12 – 15,5 | 2,5 – 3,0 |
| Граніт дрібнозернистий, діабаз, порфірит | 14,5 – 16 | 3,0 – 3,4 |
| Кварц, вапняк вищої міцності, порфірит міцний, діабаз, базальт | 16 – 20 | 3,4 – 4,2 |
| Цегляна кладка | 5,6 – 9,6 | 1,2 – 2,0 |
| Бетон | 12 – 14,5 | 2,5 – 3,0 |
| Залізобетон: | | |
| – вибивання бетону | 40 | 8,4 |
| – вибивання бетону з частковим перебиванням арматури | 160 | 33,6 |

Приклад розрахунку. Для пропуску за перешкоду труб необхідно утворити проломи в цегляній стіні, товщина якої h = 0,8 м. Кожний пролом повинен мати діаметр не менше 1,5 м. Розрахувати заряд, необхідний для утворення одного такого пролому.

Розв'язання. Для утворення пролому зручно застосувати один зосереджений заряд. За умов обстановки заряд доцільно мати в стандартному упакуванні. Перевіримо, чи підійде для цієї мети заряд у вигляді стандартного ящика тротилу, зовнішні розміри якого 490x350x250мм. Для заряду приймаємо C = 25 кг, l = 950мм, b = 300мм, H = 150мм.

Відкольну вирву розраховуємо за формулою (1):

$$C = K_0 \frac{n^2}{\mu} h^2 h_0.$$

Для цегляної кладки згідно табл.2 K₀ = 5,6...9,6 кг/м³ приймаємо більше значення K₀ = 9,6 кг/м³. Коефіцієнт форми заряду згідно (3)

$$\mu = 1 - \frac{H}{b} - \frac{H}{l} + \frac{4}{3} \frac{H^2}{bl} = 1 - \frac{150}{300} - \frac{150}{350} + \frac{4}{3} \frac{150^2}{300 \cdot 350} = \frac{5}{14}$$

Згідно (6)

$$X = \frac{b}{2} - H(1 - q) = \frac{300}{2} - 150(1 - 0,5) = 75,$$

Для цегляної кладки можна прийняти α = 45°, тоді згідно (5) показник дії вибуху:

$$n = \frac{X}{h} + tg\alpha = \frac{0,075}{0,8} + 1 = 1,1$$

Глибина відкольної вирви

$$h_0 = \frac{\mu C}{K_0 n^2 h^2} = \frac{\frac{5}{14} \cdot 25}{9,6 \cdot 1,1^2 \cdot 0,8^2} = 1,2 \text{ м.}$$

Оскільки h₀ > h, то утворюється наскрізна пробоїна.

Згідно таблиці 2 для цегляної кладки приймаємо K = 2,0 кг/м³. Тоді радіус вирви викиду на лицьовій стороні згідно формули (8):

$$r_b = \sqrt[3]{\frac{C}{6\pi K Z}} = \sqrt[3]{\frac{25}{6\pi \cdot 2 \cdot 1}} = 0,872.$$

Отже, при вибуху заряду C = 25 кг в стандартному упакуванні в цегляній стіні утворюється наскрізна пробоїна, максимальний діаметр вирви викиду на лицьовій стороні складе D₁ = 2 · 0,872 = 1,74 м, при цьому глибина вирви P = ar_b = (0,15...0,2) · 0,872 = 0,13...0,17 м, (a = 0,15...0,2 для цегли, каменю, бетону).

Діаметр відкольної вирви:

$$D = 2(X + nh) = 2 \cdot (0,07 + 1,1 \cdot 0,8) = 1,91 \text{ м.}$$

Побудуємо картину руйнування (рис. 1):

1) відкол бетону і каміння проходить по лінії, яка нахилена до нормалі від вільної поверхні приблизно під кутом 45°, від зовнішньої границі вирви відколу проводимо лінії під цими кутами до їх перетину. Перетин визначає об'єм і границі викинутого матеріалу і того, що залишився;

2) по матеріалу, що залишився, проводимо коло радіусом h – зовнішню границю зони руйнування. Таким чином, у межах контуру dbm (dbm) матеріал буде зруйнований, як одне ціле, і частково подрібнений і викинутий;

3) рисунок виконується в масштабі, після чого вимірюється відстань між точками m та m, при цьому діаметр отвору в місці перетину відкольної вирви і вирви викиду складе 1,5 м, що задовольняє умовам задачі.

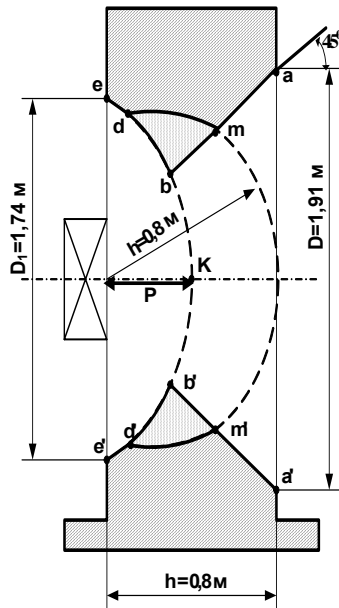


Рис. 1. Пролом в цегляній стіні
 abba – відкольна вирва; edbbde- вирва викиду;
 dbm і dbm – зони руйнування цегли

Висновок. Наведений у статті математичний апарат буде корисним фахівцям піротехнічних підрозділів під час запобігання або ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та надання допомоги комунальним службам при прокладанні мереж.

1. Саламахин Т.М. Основы моделирования и боевая эффективность зарядов разрушения [Текст]: учебное пособие для слушателей академии. Ч. 1 / Т.М. Саламахин – М.: ВИА им. Куйбышева, 1984. – 160 с.
 2. Саламахин Т.М. Физические основы механического действия взрыва и методы определения взрывных нагрузок. [Текст]: учебник. / Т.М. Саламахин – М.: ВИА им. Куйбышева, 1974. – 256 с.

Надійшла до редколегії 21.08.09р

УДК 681.3

С.В.Ленков, д-р. техн. наук, проф., В.О. Хорошко, д-р. техн. наук, проф., Н.Б. Дахно, здобувач

ОДНОКРОКОВИЙ ВАРІАЦІЙНО-ГРАДІЄНТНИЙ МЕТОД ЩОДО МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНИХ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ.

Розглянуто однокроковий варіаційно-градієнтний метод щодо математичних моделей комплексних систем захисту інформації, що описуються інтегро-диференціальними рівняннями з K – позитивно визначеними K -симетричними операторами. Велика увага приділена встановленню ознак збіжності, отриманню конструктивних оцінок погрішності, дослідженню швидкості збіжності для рівнянь в операторній формі.

Ключові слова: варіаційно-градієнтний метод, оцінка погрішності, захист інформації.

The single-step gradient method for a variation concerning mathematical models of complex protection systems of the information that are described by integro-partial differential equations from K – positively defined K -symmetrical operator is considered. The big attention is given an establishment of signs of convergence, reception of a constructive error estimation, research of speed of convergence, for the equations in the operational form.

Keywords: gradient for a variation method, an error estimation, information protection.

Вступ. Для опису функціонування та аналізу систем захисту інформації використовують різні математичні моделі. Система захисту інформації все більше перетворюється на інтелектуальну систему, до якої входять системи підтримки прийняття рішень[1].

Серед різноманітних інструментів, що входять до складу систем підтримки прийняття рішень, важливе місце займає математичне моделювання, як основа багатоваріантного прогнозування й аналізу систем високої степені складності.

Суть методу математичного моделювання – в математичному описі процесів, відтворюючого функціонування системи, що вивчається. Даний метод дозволяє аналізувати складні системи захисту інформації.

Опис систем захисту інформації різноманітні: за допомогою диференціальних рівнянь, дискретних відображень, теорії графів, теорії марківських ланцюгів і так далі. Вибір один із способів опису задає конкретний вигляд математичної моделі.

Для більш ефективного аналізу функціонування систем захисту інформації треба враховувати внутрішні та зовнішні фактори впливу. Ми можемо описати систему взаємодії по кожному параметру із зовнішньою та внутрішньою середою диференціальним рівнянням. Але так як у нас багато параметрів, то описуючи кожний параметр ми можемо скласти систему диференціальних рівнянь, які дозволяють отримати повну картину по фун-

кціонуванню та технічному стану системи захисту інформації. В зв'язку з чим доцільно використовувати математичний апарат диференціальних рівнянь.

Математична модель дає можливість вивчати явище в цілому, передбачати його розвиток, робити кількісні оцінки змін, що відбуваються в ній з часом. Важно відзначити, що для перевірки правильності математичної моделі дуже важливі теореми існування рішень відповідних диференціальних рівнянь, оскільки математична модель не завжди адекватна конкретному явищу і з існування рішення реальної задачі не впливає існування рішення відповідної математичної задачі.

Розглянемо системи захисту інформації, що моделюються інтегро-диференціальним рівнянням або системою інтегро-диференціальних рівнянь. Тобто об'єктом дослідження буде інтегро-диференціальне рівняння.

Для відшукування розв'язків диференціальних рівнянь існує багато наближених методів. Серед великої кількості наближених методів найбільш часто на практиці застосовують варіаційні, проєкційні, градієнтні, різницеві методи. Останнім часом стали розвиватися підходи, які суттєво прискорюють швидкість збіжності градієнтних методів, мають більш широкую область застосування й більш стійкі до збурень. Ці підходи поєднують у собі ідеї як варіаційних, так і градієнтних методів. Одним із представників цього класу є варіаційно-градієнтний метод [2].