

УДК 614.8

Г.В. Іванець, Є.І. Стецюк, І.О. Толкунов, М.П. Букін

Національний університет цивільного захисту України, Харків

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ЗАРЯДІВ БРИЗАНТНИХ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН ДЛЯ ПІДРИВУ АВАРІЙНИХ ЦЕГЛЯНИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Для підривання елементів конструкцій з цегли застосовуються бризантні вибухові речовини нормальної, підвищеної і зниженої потужності. В залежності від конструкції і міцності цегляних споруд застосовують зосереджені контактні заряди, подовжені заряди, шнурові заряди, неконтактні заряди.

У статті проведено математичне моделювання та запропоновано алгоритм розрахунку зарядів бризантних вибухових речовин нормальної, підвищеної і зниженої потужності для підриву аварійних цегляних будівель та споруд.

**Ключові слова:** надзвичайна ситуація, бризантні вибухові речовини, зосереджений заряд, подовжений заряд, шнуровий заряд, неконтактний заряд, аварійні цегляні будівлі та споруди.

### Вступ

**Загальна постановка проблеми.** У зв'язку зі значним зносом основних фондів у країні і, відповідно, з ростом аварійних ситуацій техногенного характеру проблема виникнення конструктивної безпеки будівельних систем набуває все більшого значення. Одним з найважливіших завдань цієї проблеми є задача запобігання прогресуючого обвалення несучих конструкцій будівель шляхом завчасного контрольованого обрушення до моменту спричинення надзвичайної ситуації (НС).

За останні десять років в Україні із загальної кількості НС техногенного характеру виникло 5% аварій, пов'язаних з раптовим руйнуванням будівель та споруд [1].

Одним із найефективніших способів демонтажу та руйнування аварійних цегляних будівель і споруд за певних умов, одна з яких це напружено – деформований стан несучої здатності цегляних стін будинків та споруд, є вибуховий спосіб. В зв'язку з цим, виникає задача визначення видів зарядів та їх

розрахунку на основі детального аналізу стану цегельної споруди, що підривається (тип цегельної споруди, вид цегли, товщина споруди чи елемента, що підривається, міцність споруди, необхідний радіус руйнування і таке інше).

**Аналіз літератури.** Запобігання виникненню НС внаслідок появи конструктивної небезпеки будівельних споруд є самим оптимальним заходом. Існує кілька способів, за допомогою яких відбувається демонтаж різних будівель і споруд. Вибір того чи іншого способу залежить від складності конструкції, її розмірів та інших факторів. Руйнування будівель можна розділити на три основні способи:

- ручний спосіб;
- механізований спосіб;
- вибуховий спосіб.

Ручний спосіб застосовують, якщо неможливо використовувати машини і механізми або провести вибухові роботи. У ручну розбирають невеликі завали, під якими опинилися люди. В цьому випадку застосовують механізований інструмент і прості засоби механізації [2].

Найбільш поширеним є механізований спосіб розбирання і обвалення конструкцій. Він характеризується широким застосуванням інженерних машин і механізмів [3].

Найміцніші будівлі і конструкції обрушують або дроблять на окремі елементи вибуховим способом. Щоб вибухова хвиля і струс при вибуху не пошкодили сусідні споруди, що збереглися, підрив проводять малими зарядами, що розташовуються зазвичай в шпурах із забиванням піском або ґрунтом. Відкриті накладні заряди допускається застосовувати у випадках, коли виготовлення шпурів в стінах, баштах, трубах зв'язано з небезпекою обвалення конструкцій із-за нахилу або тріщин, а ручне розбирання або обвалення механічним способом неможливе. Досвід показує, що вибуховий спосіб із застосуванням накладних зарядів найбільш доцільний для руйнування залізобетонних конструкцій (балок, колон, перекриттів). Пошкоджені споруди, що мають всередині капітальні стіни, при необхідності руйнують вибуховим способом по частинах. При цьому обвалення елементів не повинне ускладнювати подальші вибухові роботи. Стіни, башти, заводські труби підривають так, щоб вони обрушувалися на свою підставу або падали в певному, наперед вибраному напрямі, щоб уникнути завалу і пошкодження інженерних мереж [4].

На практиці, як правило, використовується комбінування вказаних способів.

Велику складність уявляють роботи по розбиранню завалів, які слід починати відразу після ліквідації пожеж, аварій на комунально-енергетичних мережах. Завали розбирають частково або повністю: частково – при рятуванні постраждалих із зруйнованих будівель, що опинилися під уламками, а також при улаштуванні проїздів і витяганні цінного промислового устаткування; повністю – при розчищенні території для нового будівництва або відновлення пошкоджених будівель і споруд [5].

Для підривання будівлі або споруди до обрушення, як правило, залучаються підрозділи ДСНС. По своїй конструкції будівлі можуть бути: без каркасу; каркасні.

Будівлі без каркасу і каркасні можуть руйнуватися:

- заваленням на місці;
- валкою у заданому напрямку.

Будівлі без каркасу підриваються:

- зосередженими або видовженими контактними зарядами, що розміщуються біля капітальних стін (в стінах);
- зосередженими контактними зарядами, розміщеними всередині будівлі.

Принцип валки будівель та споруд на місці полягає в утворенні вибухом наскрізного підбою по периметру будівлі або споруди, у результаті чого

об'єкт підривання, падаючи на свою основу, руйнується.

Вибір методу руйнування та способу підривання будівель визначається поставленою задачею, а також наявністю засобів і часу на проведення підривних робіт.

При необхідності повного обрушення будівлі на місці у всіх її капітальних стінах в одному і тому ж рівні вибухом зосереджених, здовжених або шпурових зарядів влаштовується наскрізний підбій однакової ширини. Підбій доцільно влаштовувати на рівні низу віконних та дверних отворів першого поверху або підвалу, але не менше 0,5 м від рівня ґрунту. Якщо будівля в середині має капітальні стіни, які ділять її на секції, то вона може підриватися по частинах [6].

Якщо валка будівлі буде проводитися декількома послідовними вибухами, то слід вибрати таку послідовність підривання, при якій руйнування стін не завадило б подальшому проведенню підривних робіт. При валці будівель і споруд в населених пунктах шпури або рукави для розміщення в них зарядів розташовуються, як правило, з внутрішньої сторони стіни будівлі або споруди [6].

Каркасні будівлі підриваються зосередженими зарядами, розташованими біля всіх вертикальних несучих елементах каркасу (стін, колон) [6]. Принцип обрушення каркасних будівель на місці полягає у підриванні всіх вертикальних несучих елементів каркасу біля їх основи.

Для валки каркасних будівель у певному напрямку необхідно підірвати несучі елементи каркасу всіх стін у різних рівнях, у стінах, з боку валки будівель необхідно також влаштовувати наскрізний підбій в заповненні стін.

Підривання зарядів вибухових речовин (ВР) при обрушенні будівель, споруд повинно проводитися тільки електричним способом підривання. Підривання зарядів вогневим способом категорично заборонено [7].

Шпурові заряди застосовуються в тому випадку, коли об'єкт представляє собою міцну конструкцію, дозволяє безпечно проведення робіт по бурінню в елементах конструкції, а також коли є достатня кількість часу на підготовку його до руйнування.

Накладні заряди застосовуються при дефіциті часу на підготовку будівлі до руйнування, при сильній аварійності будівлі, відсутності поблизу будівлі споруд, які необхідно зберегти або не пошкодити [2].

В аварійних будівлях, в яких встановлення зарядів наражає на небезпеку, можуть застосовуватися кумулятивні заряди. Вони забезпечують швидку підготовку будівлі до вибуху і мінімальний час знаходження розрахунку в будівлі.

При проведенні вибухових робіт по руйнуванню аварійних будівель поблизу іншого об'єкту, який

необхідно зберегти (ті, що належать до відновлення або не мають пошкоджень), виникає необхідність оцінки сейсмічної дії вибуху заряду або удару конструкцій, що руйнуються об ґрунт [3].

Основними характеристиками заряду ВР, які визначають ефективність впливу заряду на елемент конструкції з метою його руйнування, є: маса, бризантність, швидкість детонації ВР, кількісної мірою яких є питомий імпульс, який формується при вибуху ВР [7].

**Метою роботи** є моделювання та розробка алгоритму розрахунку зарядів бризантних ВР для підтримання аварійних цегляних будівель та споруд.

### Викладення матеріалів досліджень

Для підривання елементів конструкцій з цегли застосовуються бризантні ВР нормальної, підвищеної і зниженої потужності [7]. В залежності від конструкції і міцності цегляних споруд застосовують зосереджені контактні заряди, подовжені заряди, шпурові заряди, неконтактні заряди.

Зосереджені контактні заряди для підривання цегляних конструкцій типу колон, стовпів за ширини їх, яка не перевищує подвоєної товщини, розраховується за формулою:

для ВР нормальної потужності  $C = A \cdot B \cdot R^3$  ;  
 для ВР підвищеної потужності:

$$C = 0,75 \cdot A \cdot B \cdot R^3 ; \quad (1)$$

для ВР зниженої потужності:

$$C = 1,2 \cdot A \cdot B \cdot R^3 ,$$

де  $C$  – вага заряду, кг;

$A$  – коефіцієнт міцності матеріалу для ВР нормальної потужності [9, 10];

$B$  – коефіцієнт забивання [10], який залежить від розташування заряду;

$R$  – товщина конструкції, що руйнується, м.

Відстань між зарядами в цьому випадку вибирається рівною подвоєному радіусу руйнування, тобто  $2R$  [6].

Довжина стін будівель визначається без врахування довжини вікон і дверей. Довжина фасадної стіни:

$$L_{\text{фст}} = L_{\text{ф}} - L_{\text{в}} - L_{\text{д}} , \quad (2)$$

де  $L_{\text{ф}}$  – загальна довжина фасадної стіни з врахуванням довжини вікон і дверей, м;

$L_{\text{в}}$  – загальна довжина всіх вікон, м;

$L_{\text{д}}$  – загальна довжина всіх дверей, м.

Кількість зовнішніх зосереджених зарядів для підриву фасадної стіни розраховується за формулою:

$$N_{\text{ф}} = \frac{L_{\text{фст}}}{2R} . \quad (3)$$

Кількість зовнішніх зосереджених зарядів для підриву бокових стін будівлі розраховується за формулою:

$$N_{\text{б}} = \frac{L_{\text{б}}}{R} , \quad (4)$$

де  $L_{\text{б}}$  – ширина будівлі (бокової стіни будівлі), м.

Кількість зовнішніх зосереджених зарядів для підриву задньої стіни будівлі розраховується за формулою:

$$N_{\text{зст}} = \frac{L_{\text{зст}}}{2R} , \quad (5)$$

де  $L_{\text{зст}} = L_{\text{з}} - L_{\text{в}}$  – довжина задньої стіни без урахування загальної довжини всіх вікон, м;

$L_{\text{з}}$  – загальна довжина задньої стіни з врахуванням довжини всіх вікон, м.

Тоді загальна кількість зарядів буде дорівнювати:

$$N_{\text{заг}} = N_{\text{ф}} + N_{\text{б}} + N_{\text{зст}} . \quad (6)$$

Загальна вага зарядів буде дорівнювати:

$$C_{\text{заг}} = N_{\text{заг}} \cdot C . \quad (7)$$

Для підривання цегляних конструкцій, ширина яких більше ніж удвічі перевищує їх товщину, застосовуються подовжені заряди. Вони розраховуються за формулою:

для ВР нормальної потужності:

$$C = 0,5 \cdot A \cdot B \cdot R^2 \cdot l ;$$

для ВР підвищеної потужності

$$C = 0,375 \cdot A \cdot B \cdot R^2 \cdot l ; \quad (8)$$

для ВР зниженої потужності:

$$C = 0,6 \cdot A \cdot B \cdot R^2 \cdot l ,$$

де  $l$  – довжина заряду, м.

Кількість подовжених зарядів для підриву фасадної стіни розраховується за формулою:

$$N_{\text{ф}} = L_{\text{фст}} / l . \quad (9)$$

Кількість подовжених зарядів для підриву бокових стін будівлі розраховується за формулою:

$$N_{\text{б}} = 2 \cdot L_{\text{б}} / l . \quad (10)$$

Кількість подовжених зарядів для підриву задньої стіни будівлі розраховується за формулою:

$$N_{\text{зст}} = L_{\text{зст}} / l . \quad (11)$$

Загальна кількість зарядів розраховується за формулою (6), а загальна вага зарядів за формулою (7).

При використанні шпурових зарядів для підривання конструкцій з цегли, вони розраховуються за формулою [6]:

для ВР нормальної потужності:  $C = K \cdot h^3$  ;

для ВР підвищеної потужності:

$$C = 0,75 \cdot K \cdot h^3; \quad (12)$$

для ВР зниженої потужності  $C = 1,2 \cdot K \cdot h^3$ ,

де  $K$  – коефіцієнт, що залежить від міцності і товщини конструкції, яка підривається, для ВР нормальній потужності [11];

$C$  – маса заряду в шпурі, кг;

$h$  – глибина (довжина) шпуру, м;

Глибина шпуру визначається за формулою:

$$h = (H + 1) / 2, \quad (13)$$

де  $h$  – глибина (довжина) шпуру, м;

$H$  – товщина елемента конструкції, що руйнується, м;

$l$  – довжина заряду, м.

Відстань між шпурами в ряду і між рядами приймається рівною 2/3 глибини  $h$  шпуру [6,7].

Кількість шпурів, необхідних для підриву фасадної стіни розраховується за формулою: при розташуванні їх в один ряд:

$$N_{\phi 1} = \frac{3 \cdot L_{\text{фст}}}{2 \cdot h}; \quad (14)$$

при розташуванні шпурів в два ряди:

$$N_{\phi 2} = 3 \cdot \frac{L_{\text{фст}}}{h}. \quad (15)$$

Кількість шпурів для підриву бокових стін будівлі (без вікон, якщо є вікна їх довжину не враховують) розраховується за формулою: при розташуванні їх в один ряд:

$$N_{\phi 1} = 3 \cdot \frac{L_{\phi}}{h}; \quad (16)$$

при розташуванні шпурів в два ряди:

$$N_{\phi 2} = 6 \cdot \frac{L_{\phi}}{h}. \quad (17)$$

Кількість шпурів для підриву задньої стіни будівлі розраховується за формулою: при розташуванні їх в один ряд:

$$N_{\text{зст}} = \frac{3 \cdot L_{\text{зст}}}{2 \cdot h}; \quad (18)$$

при розташуванні шпурів в два ряди:

$$N_{\text{зст}} = 3 \cdot \frac{L_{\text{зст}}}{h}. \quad (19)$$

Загальна кількість зарядів розраховується за формулою (6), а загальна вага зарядів за формулою (7).

При використанні неконтактних зарядів для підривання цегляних колон і стовпців, вони розраховуються за формулою:

для ВР нормальній потужності:  $C = A \cdot H \cdot r^2$ ;

для ВР підвищеної потужності:

$$C = 0,75 \cdot A \cdot H \cdot r^2; \quad (20)$$

для ВР зниженої потужності:

$$C = 1,2 \cdot A \cdot H \cdot r^2,$$

де  $H$  – товщина елемента, що підривається, м;

$r$  – відстань між центром заряду і віссю елемента, що підривається, м.

Загальна кількість зарядів дорівнює кількості цегляних колон чи стовпців, а загальна вага зарядів розраховується за формулою (7).

При застосуванні зарядів необхідно також розрахувати радіус сейсмічно безпечної зони, безпечні відстані дії ударної хвилі на споруди, безпечні відстані за дією ударних хвиль на скло споруд для прийняття відповідних заходів безпеки.

Радіус сейсмічно безпечної зони при поодинокому підриві зосереджених зарядів ВР розраховується за формулою:

$$r_{\text{бс}} = K_r \cdot K_c \cdot a \cdot \sqrt[3]{C}, \quad (21)$$

де  $r_{\text{бс}}$  – радіус сейсмічно безпечної зони для будівель, м;

$K_r$  – коефіцієнт, який залежить від властивостей ґрунту в основі споруди;  $K_c$  – коефіцієнт, який залежить від типу споруди і характеру забудови;

$a$  – коефіцієнт, який залежить від умов підриву;

$C$  – вага заряду, кг.

Значення коефіцієнтів  $K_r$ ,  $K_c$ ,  $a$  наведені в таблицях [9].

При одночасному підриві групи із  $N$  зарядів ВР загальною масою  $C_{\text{зар}}$ , коли відстані від споруди до найближчого заряду і до найвіддаленішого заряду різняться не більше чим на 20%, радіус безпечної зони визначається за формулою:

$$r_{\text{бс}} = N^{1/6} \cdot K_r \cdot K_c \cdot a \cdot \sqrt[3]{C_{\text{зар}}}. \quad (22)$$

При більшій різниці у відстанях споруда буде знаходитися за сейсмічно небезпечною зоною при умові [9]:

$$(K_r \cdot K_c \cdot a)^3 \cdot \sqrt[3]{C_{\text{зар}}} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{c_i}{r_i} \leq 1, \quad (23)$$

де  $N$  – кількість зарядів ВР;

$c_i$  – вага окремого заряду ВР, кг;

$r_i$  – відстань від окремого заряду ВР до споруди, яка охороняється, м.

При не одночасному підриві  $N$  зарядів ВР загальною вагою  $C_{\text{зар}}$  і часом запізнення між підривом кожного заряду не менше 20 мсек визначення безпечних відстаней здійснюється за формулою:

$$r_{\text{бс}} = K_r \cdot K_c \cdot \frac{a}{N^{1/4}} \cdot C_{\text{зар}}^{1/3}. \quad (24)$$

При визначенні  $N$  і  $C_{\text{зар}}$  можна не враховувати заряди, вага яких в 3 і більше разів менше ваги максимального заряду групи, що підриваються.

В тих випадках, коли відстані від крайніх зарядів до споруди, яка зберігається, різняться більше чим на 20%, споруда буде знаходитися за сейсмічно небезпечною зоною при умові [8]:

$$\left(\frac{K_r \cdot K_c \cdot a}{N^{1/4}}\right)^3 \cdot \sum_{i=1}^N \frac{c_i}{r_i} \leq 1. \quad (25)$$

Безпечні відстані за дією ударної повітряної хвилі на споруди розраховуються за формулами:

$$r_{\text{бух}} = k_b \cdot \sqrt[3]{C_{\text{зар}}}; \quad (26)$$

$$r_{\text{бух}} = K_b \cdot \sqrt[3]{C_{\text{зар}}}, \quad (27)$$

де  $r_{\text{бух}}$  – безпечна відстань за дією ударної хвилі, м;

$k_b, K_b$  – коефіцієнти пропорціональності, які залежать від умов розташування і ваги зарядів, а також від ступеня допустимих ушкоджень споруд [8].

Формула (26) застосовується при допустимості 1-3 ступеня ушкодження для відкритих (зовнішніх) зарядів вагою більше 10 т і для зарядів, заглиблених на свою висоту, вагою більше 20 т при допустимості 1-2 ступенів ушкоджень.

Формула (27) застосовується при допустимості 1-3 ступеня ушкодження для відкритих зарядів вагою менше 10т і для зарядів, заглиблених на свою висоту, вагою менше 20т при допустимості 1-2 ступенів ушкоджень. Крім того, формула (27) застосовується при допустимості 4-5 ступенів ушкоджень незалежно від ваги і розташування заряду.

Безпечні відстані за дією ударних хвиль на скло споруд при одночасному підриві пород VI–VIII груп за класифікацією СНІП зовнішніми і шпуровими зарядами визначаються за формулами:

$$r_{\text{бухст}} = 200 \cdot \sqrt[3]{C_{\text{екв}}}; \quad (5000 > C_{\text{екв}} \geq 1000); \quad (28)$$

$$r_{\text{бухст}} = 65 \cdot \sqrt[3]{C_{\text{екв}}} \quad (2 < C_{\text{екв}} \leq 1000), \text{ кг}; \quad (29)$$

$$r_{\text{бухст}} = 63 \cdot \sqrt[3]{C_{\text{екв}}^2} \quad (C_{\text{екв}} < 20), \text{ кг}; \quad (30)$$

де  $C_{\text{екв}}$  – еквівалентна вага заряду, кг.

При підриві порід IX і вище груп за класифікацією СНІП радіуси небезпечних зон збільшуються в 1,5 рази, а при підриві порід V групи і менше радіус небезпечної зони зменшується в 2 рази.

Для зовнішніх зарядів висотою  $h_{\text{зар}}$  засипаних шаром ґрунту  $h_{\text{зас}}$ , які підриваються одночасно, еквівалентна вага заряду розраховується за формулою:

$$C_{\text{екв}} = K_n \cdot C_{\text{зар}}, \quad (31)$$

де  $C_{\text{зар}}$  – загальна сумарна вага зарядів, кг;

$K_n$  – коефіцієнт, значення якого залежить від відношення  $h_{\text{зар}}/h_{\text{зас}}$  і визначається за таблицею [9].

У випадку вибуху накладних зарядів ззовні будівлі вага еквівалентного заряду дорівнює фізичній вазі заряду. При розміщенні накладних зарядів всередині будівлі розрахункова вага зарядів приймається рівною 20% від фактичної [7,8].

У випадку вибуху шпурових зарядів вага еквівалентного заряду визначається за формулою:

$$C_{\text{екв}} = 0,25 \cdot C_{\text{зар}} \cdot K_3 + C_{\text{дш}}, \quad (32)$$

де  $C_{\text{зар}}$  – загальна фактична вага шпурових зарядів, кг;

$K_3$  – коефіцієнт забивки;

$C_{\text{дш}}$  – вага ВР в магістральній мережі ДШ, кг.

Значення  $K_3$  в залежності від відношення довжини забивки  $L_3$  і діаметру шпурі  $d$  наведені в таблиці [9].

На основі моделювання різних типів зарядів бризантних ВР пропонується наступний алгоритм розрахунку зарядів для підривання цегельних будівель та споруд:

1. Аналізується вид цегельної споруди і дається її характеристика (висота, товщина стіни, довжина, вид розчину, на якому складена цегла, висота цоколя, висота підвіконників першого поверху, кількість і розміри вікон, кількість і розміри дверей, ширина будівлі, прилеглі споруди і їх стан, місце розташування споруди).

2. Робиться розбивка будівлі або споруди на секції, якщо в цьому є необхідність.

3. Визначається черговість підривних робіт.

4. На підставі аналізу даних вибирається значення коефіцієнта міцності матеріалу:

– для цегляної кладки на вапняному розчині – слабкої  $A = 0,75$ , міцної  $A = 1$ ;

– для цегляної кладки на цементному розчині  $A = 1,2$ .

5. Розраховуються характеристики зосереджених контактних зарядів для бризантних ВР нормальної, підвищеної та зниженої потужності за формулами (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7).

6. Розраховуються характеристики подовжених зарядів для бризантних ВР нормальної, підвищеної та зниженої потужності за формулами (8), (9), (10), (11), (6), (7).

7. Розраховуються характеристики шпурових зарядів для бризантних ВР нормальної, підвищеної та зниженої потужності за формулами (12), (13), (14), (15), (16), (17), (18), (19), (6), (7).

8. Розраховуються характеристики неконтактних зарядів для бризантних ВР нормальної, підвищеної та зниженої потужності за формулами (20), (7) (в разі необхідності).

9. Розраховується радіус сейсмічно безпечної зони при поодинокому підриві зосереджених зарядів за формулою (21).

10. Розраховується радіус сейсмічно безпечної зони при одночасному підриві групи зарядів ВР за формулами (22), (23).

11. Розраховується радіус сейсмічно безпечної зони при не одночасному підриві групи зарядів ВР за формулами (24), (25).

12. Розраховується безпечні відстані дії ударної хвилі на споруди при підриві різних типів зарядів ВР за формулами (26), (27).

13. Розраховується безпечні відстані за дією ударної хвилі на скляні елементи будівель і споруд при підриві різних типів зарядів ВР за формулами (28), (29), (30), (31), (32).

14. На підставі отриманих розрахунків визначається тип бризантної ВР і порядок застосування зарядів на основі порівняння ваги і їх кількості, радіусів сейсмічно безпечних зон, безпечних відстаней дії ударної хвилі на споруди, безпечних відстаней за дією ударної хвилі на скляні елементи будівель і споруд.

15. Визначається організація та заходи безпеки при виконанні вибухових робіт.

16. Проводиться розрахунок необхідних механізмів, матеріалів, інструменту та особового складу.

## Висновки

В статті проведено математичне моделювання та запропоновано алгоритм розрахунку зарядів бризантних ВР нормальної, підвищеної та зниженої потужності. На підставі порівняння ваги і кількості зарядів, радіусів сейсмічно безпечних зон, безпечних відстаней дії ударної хвилі на споруди, безпечних відстаней за дією ударної хвилі на скляні елементи будівель і споруд визначається тип бризантної ВР і порядок застосування зарядів.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ЗАРЯДОВ БРИЗАНТНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ПОДРЫВА АВАРИЙНЫХ КИРПИЧНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Г.В. Иванец, Е.И. Стецюк, И.А. Толкунов, Н.П. Букин

*Для подрыва элементов конструкций с кирпича применяют бризантные взрывчатые вещества нормальной, повышенной и пониженной мощности. В зависимости от конструкции и прочности кирпичных сооружений применяют сосредоточенные контактные заряды, удлиненные заряды, шнуровые заряды, неконтактные заряды. В статье проведено математическое моделирование и предложен алгоритм расчета зарядов бризантных взрывчатых веществ нормальной, повышенной и сниженной мощности для подрыва аварийных кирпичных зданий и сооружений.*

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, бризантные взрывчатые вещества, сосредоточенный заряд, удлиненный заряд, шнуровой заряд, неконтактный заряд, аварийные кирпичные здания и сооружения.

## MATHEMATICAL MODELING AND ALGORITHM FOR CALCULATING CHARGES OF HIGH EXPLOSIVES TO BLOW UP EMERGENCY BRICK BUILDINGS AND STRUCTURES

G.M. Ivanets, E.I. Stetsyuk, I.A. Tolkunov, N.P. Bukin

*For injury elements of constructions from a brick apply the blasting explosives normal, promoted and lowered power. Depending on constructions and durability of brick buildings apply the concentrated contact charges, extended charges, cord charges, uncontact charges. In the article a mathematical design is conducted and the algorithm calculation charges blasting explosives of normal, promoted and reduced power is offered for injury of emergency brick buildings and buildings.*

**Keywords:** emergency, high explosives, centered charge elongated charge shpurovyh charge, non-contact charge, emergency brick buildings and facilities.

## Список літератури

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році. [Електрон. ресурс]. – К.: Чорнобильінтерінформ, 2014. – 386 с. – Режим доступу до видання: <http://www.mns.gov.ua/content/nasdopovid2012.html>.

2. Неелов В.А. Иллюстрированное пособие для подготовки каменщиков / В.А. Неелов. – М.: Стройиздат, 1988. – 360 с.

3. Харитонов В.А. Организация восстановительных работ после землетрясения / В.А. Харитонов, В.А. Шолохов. – М.: Стройиздат, 1986. – 270 с.

4. Камерер Ю.Ю. Аварийные работы в очагах поражения / Ю.Ю. Камерер, А.К. Вахтин. – М.: Энергоиздат, 1990. – 400 с.

5. Опыт применения инженерных частей и подразделений по ликвидации последствий землетрясения в Армении. – М.: Воениздат, 1989. – 200 с.

6. Руководство по подрывным работам РПП-69. – М.: ВИ, 1969. – 464 с.

7. Єдині правила безпеки при підривних роботах. НПАОП 0.00-1.17-92. – Х.: Вид. «Форт», 2008 – 320 с.

8. Единые правила безопасности при взрывных работах. – К.: «Норматив», 1992. – 320 с.

9. Піротехнічна підготовка фахівців цивільного захисту. – К.: ДП «Чорнобиль», 2003. – 350 с.

10. Основи організації піротехнічних робіт. Навчальний посібник / О.О. Назаров, В.В. Барбашин, І.О. Толкунов, В.В. Рютин; під ред. В.П. Садкового. – Х.: ВРВД УЦЗУ, 2010. – 340 с.

Надійшла до редколегії 17.12.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. наук. співр. О.М. Соболев, Національний університет цивільного захисту України, Харків.