

УДК 662.151

Ю.Н. Убайдуллаев<sup>1</sup>, Е.И. Стецюк<sup>2</sup>, О.Н. Смирнов<sup>2</sup><sup>1</sup>Национальный университет обороны Украины, Киев<sup>2</sup>Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ФОРМЫ ЗАРЯДА ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА С УЧЕТОМ ЕГО ВЛИЯНИЯ НА ЭЛЕМЕНТЫ КИРПИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Обосновано наиболее эффективную геометрическую форму внутреннего, контактного, шпурового заряда взрывчатого вещества для разрушения элементов конструкций аварийных кирпичных зданий и сооружений. Приведены и проанализированы аналитические зависимости давления на преграду от времени при взрыве зарядов взрывчатых веществ.*

**Ключевые слова:** аварийные здания и сооружения, элементы конструкций, заряд взрывчатого вещества, форма заряда, сферическая форма заряда.

### Введение

**Постановка проблемы.** В настоящее время на территории Украины находится большое количество зданий и сооружений в аварийном состоянии, восстановление которых не представляется возможным. Они являются источниками потенциальной опасности и могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций связанных с внезапным разрушением зданий и сооружений. В связи с этим актуальной является задача безопасного разрушения аварийных зданий и сооружений (АЗС), не пригодных для дальнейшей эксплуатации [1]. Разработано и используется довольно большое количество возможных вариантов решения этой задачи, которые имеют свои преимущества и недостатки при проведении работ. Поэтому необходимым является проведение сравнительного анализа используемых в настоящее время способов и методов разрушения аварийных зданий и сооружений, а также технических средств их реализации.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Вопросам безопасного разрушения аварийных зданий и сооружений посвящено достаточно большое количество работ. Однако, следует отметить, что в данных работах рассматриваемые способы и методы выполнения задач по разрушению АЗС в основном очень материалоемкие и трудозатратны.

Известен способ сноса здания или сооружения, включающий разрушающее воздействие на несущие элементы сооружения механическими нагрузками. В процессе последовательного разрушения стен и межэтажных перекрытий используют в комплексе: маятниковые копры, гидравлические ударники и другие средства разрыва конструктивных элементов строительного объекта [2]. Недостатком способа является большая длительность процесса сноса строительного объекта, необходимость использования значительного трудового ресурса и больших материальных затрат на эксплуатацию средств разрушения. При сносе объекта выделяется пыль, кото-

рая в течение длительного времени загрязняет атмосферу, окружающую среду и территорию.

Разновидностью предыдущего способа является снос аварийных зданий и сооружений при помощи средств малой механизации. Этот способ малозатратен, однако требует значительных физических усилий и такие работы достаточно продолжительны во времени.

Очень часто используется способ простого механического разрушения АЗС с использованием экскаваторов, а в последнее время и с помощью специальных манипуляторов. Применение такого способа затруднено при разрушении АЗС, имеющих жесткий каркас (панельные дома).

Метод последовательной разборки, при котором конструкция с помощью башенных кранов и другой строительной техники последовательно разбирается с крыши до нижних этажей, более эффективен. Недостатки – большие сроки выполнения работ (3 – 4 месяца), опасность проведения высотных работ в условиях нарушения конструкционной целостности строения (особенно в зимнее время), использование дорогостоящей техники и ручного труда, необходимость проведения газосварочных работ в закрытых помещениях, что связано с попаданием в атмосферу вредных газов, высокая стоимость работ.

Наиболее перспективным, на наш взгляд, является технология разрушения аварийных зданий и сооружений с помощью взрыва. Сущность данного метода состоит в специально организованном процессе, включающем разрушение несущих конструкций здания (сооружения) взрывом, при этом обеспечивается дробление панелей и других элементов на части. Для этого применяются разнообразные формы и типы зарядов взрывчатых веществ (ЗВВ), например, с точки зрения положения по отношению к подрываемым элементам АЗС заряды могут быть: внешними контактными; внешними неконтактными; внутренними размещенными в нишах, бороздах, рукавах, скважинах, шпурах и других пустотах, а

относительно формы: сосредоточенные; удлиненные; кумулятивные [3].

Однако большинство работ, которые рассматривают этот способ, не в полной мере учитывают механизм воздействия ударных воздушных волн на АЗС. Поэтому целью данной работы является анализ существующих способов разрушения элементов конструкций аварийных кирпичных зданий и сооружений с помощью взрыва, а также обоснование формы ЗВВ для разрушения кирпичных элементов конструкций.

### Основной раздел

**Постановка задачи и ее решение.** Исходя из выше сказанного наиболее эффективным и экономически целесообразным, с учетом проведения защитных мероприятий для окружающих зданий и сооружений, является взрывной способ, который включает в себя:

1. Общие условия проведения работ (краткая характеристика объекта, который подлежит разрушению, наземных зданий, подземного и воздушного хозяйства, расположенных в непосредственной близости к объекту).
2. Разбивку здания или сооружения на секции, если в этом есть необходимость.
3. Очередность подрывных работ.
4. Направление разрушения здания или сооружения.
5. Расположение зарядов и их величины.
6. Схему взрывной сети, ее расчет, порядок составления и правила безопасности.
7. Организацию и меры безопасности при буровзрывных работах.
8. Расчет необходимых механизмов, материалов, инструмента, транспорта и личного состава.
9. План-график и решение на проведение взрыва по разрушению здания, сооружения или его части [4].

Для создания рациональных конструкций зарядов взрывчатых веществ, необходимы предварительные обширные исследования, включающие в себя математическое моделирование, испытание моделей и натуральных изделий [5].

Основными характеристиками ЗВВ, которые определяют эффективность воздействия заряда на элемент конструкции с целью его разрушения, являются: масса, бризантность, скорость детонации взрывчатых веществ (ВВ), количественной мерой которых является удельный импульс, который формируется при взрыве ВВ.

Для рассмотренных типовых форм ЗВВ, используются следующие выражения для определения массы ВВ и удельного импульса [6]:

*Плоский заряд.* Масса единицы поверхности плоского заряда, определяемая типом ВВ и геометрическими характеристиками самого заряда, определяется по формуле:

$$C_{\Pi} = 2r_0\rho_0, \quad (1)$$

где  $r_0$  – обозначена половина толщины плоского заряда;  $\rho_0$  – плотность вещества. Исходя из формулы (1) удельный импульс  $i$  определяется по формуле:

$$i = (u_0 + w_0) \cdot \rho_0 r_0 \cos^2 \alpha, \quad (2)$$

где  $u_0$  – средняя скорость продуктов взрыва;  $w_0$  – скорость перемещения поверхности разлета;  $\alpha$  – угол расходящегося газового потока к преграде.

Вводя в последнюю формулу массу плоского заряда, получим искомую расчетную формулу:

$$i = 2\pi A_0 C_{\Pi} \cos^2 \alpha, \quad (3)$$

где  $A_0$  – скоростная характеристика заряда.

*Удлиненный цилиндрический заряд.* Масса единицы длины удлиненного цилиндрического заряда (расход ВВ, погонная масса)

$$C_y = \pi r_0^2 \rho_0, \quad (4)$$

где  $r_0$  – радиус заряда;

Для такого заряда импульс будет выражен

$$i = \frac{u_0 + w_0}{2} \cdot \frac{\rho_0 r_0^2}{a} \cos^3 \alpha. \quad (5)$$

Заменив в последней формуле  $\rho_0 r_0^2$  через  $C_y/\pi$  из выражения для массы удлиненного заряда и воспользовавшись величиной  $A_0$ , получим

$$i = \frac{2A_0 C_y}{a} \cos^3 \alpha. \quad (6)$$

*Сферический заряд.* Масса сферического заряда

$$C = \frac{4}{3} \pi r_0^3 \rho_0. \quad (7)$$

Удельный импульс можно представить в таком виде

$$i = \frac{u_0 + w_0}{3} \cdot \frac{\rho_0 r_0^3}{a^2} \cos^4 \alpha. \quad (8)$$

Заменив в последней формуле  $\rho_0 r_0^3$  через  $\frac{3C}{4\pi}$  из выражения для массы заряда, получим

$$i = \frac{u_0 + w_0}{4\pi} \cdot \frac{C}{a^2} \cos^4 \alpha \quad (9)$$

или 
$$i = \frac{A_0 C}{a^2} \cos^4 \alpha, \quad (10)$$

где

$$A_0 = \frac{u_0 + w_0}{4\pi}. \quad (11)$$

Выразим максимальное давление, время, действия и удельный импульс через массу заряда [7].

Масса сферического заряда  $C$ , расход взрывчатого вещества на единицу длины удлиненного цилиндрического заряда  $C_y$  и расход взрывчатого вещества на единицу площади плоского заряда  $C_{\Pi}$  можно выразить одной общей формулой

$$C_v = \frac{\sigma_v}{v} \rho_0 r_0^v, \quad (12)$$

$$\text{где } \sigma_v = 2(v-1)\pi + (v-2)(v-3). \quad (13)$$

Выражая радиус заряда  $r_0$  через массу  $C_v$ , получим:

– для плоского заряда ( $v=1$ )

$$\begin{cases} p_{\max} = p_0 \cos^2 \alpha \\ \tau = \left( \frac{1}{\varpi_0} + \frac{1}{u_0} \right) \frac{C_{\Pi}}{2\rho_0}, \\ i = 2\pi A_0 C_{\Pi} \cos^2 \alpha \end{cases} \quad (14)$$

где  $C_{\Pi} = C/F$ ;  $F$  – площадь лицевой поверхности заряда;  $p_{\max}$  – максимальное давление в данной точке на поверхности преграды;  $\tau$  – продолжительность действия нагрузки в рассматриваемой точке.

Для определения радиуса заряда можно воспользоваться формулами:

$$r_0 = \sqrt[3]{\frac{C}{4\pi\rho_0}}; \quad r_0 = \sqrt{\frac{C_y}{\pi\rho_0}}; \quad r_0 = \frac{C_{\Pi}}{2\rho_0}; \quad (15)$$

– для удлиненного цилиндрического заряда ( $v=2$ )

$$\begin{aligned} p_{\max} &= \frac{p_0}{\sqrt{\pi\rho_0}} \cdot \frac{C_y^{1/2}}{r^2} \cos^2 \alpha; \quad \tau = \left( \frac{1}{\varpi_0} + \frac{1}{u_0} \right) \sqrt{\frac{C_y}{\pi\rho_0}}; \\ i &= \frac{2A_0 C_y}{r} \cos^2 \alpha. \end{aligned} \quad (16)$$

где  $C_y = \frac{C}{l_0}$ ,  $l_0$  – полная длина заряда;

– для сферического заряда ( $v=3$ )

$$\begin{aligned} p_{\max} &= \frac{p_0}{(4\pi\rho_0/3)^{2/3}} \cdot \frac{C^{2/3}}{r^2} \cos^2 \alpha; \quad i = \frac{A_0 C}{r^2} \cos^2 \alpha; \\ \tau &= \left( \frac{1}{\varpi_0} + \frac{1}{u_0} \right) \sqrt[3]{\frac{C}{4\pi\rho_0/3_0}}. \end{aligned} \quad (17)$$

где  $A_0 = \frac{u_0 + \varpi_0}{4\pi}$ .

Приведенные аналитические выражения дали возможность построить графические зависимости давления на преграду от времени при взрыве плоского; удлиненного цилиндрического; сферического заряда, изображенные на рис. 1, которые иллюстрируют характер воздействия заряда взрывчатого вещества разной формы на элементы конструкций АЗС.

Анализ зависимостей показывает, что внутренний сферический заряд более эффективно воздействует на окружающую среду (в том числе и твердую, например, кирпичную кладку) по сравнению с другими рассмотренными формами зарядов. Его использование с технико-экономической точки зрения является более привлекательным.

## Выводы

Приведенные аналитические зависимости позволяют оценить эффективность воздействия типовых форм зарядов взрывчатых веществ на элементы

конструкций аварийных зданий и сооружений, что в свою очередь ведет к повышению технико-экономических показателей по осуществлению разрушения указанных зданий и сооружений.

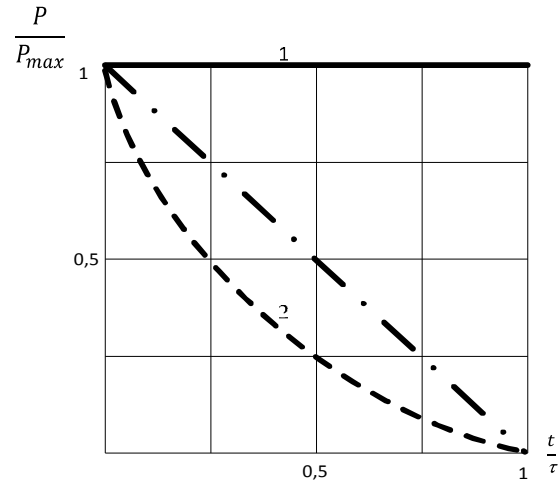


Рис. 1. Зависимость давления на преграду от времени при взрыве зарядов: 1 – плоского; 2 – удлиненного цилиндрического; 3 – сферического

Проведенные исследования показывают, что наиболее эффективной, с точки зрения безопасности и экономии материально-технических ресурсов и трудозатрат на выполнение рассмотренной задачи, является сферическая форма зарядов взрывчатых веществ, которая ранее не применялась в направлении обрушения АЗС.

## Список литературы

1. Державний класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019-2010. (Затверджений наказом Держспоживстандарту України від 11.10.2010р. № 457). – (Нормативний документ Держспоживстандарту України. Державний класифікатор). – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 19 с.
2. Афонин В.Г. Взрывные работы в строительстве / В.Г. Афонин, Л.М. Гейман, В.М. Комир – К.: Будівельник, 1971. – 176 с.
3. Руководство по подрывным работам РПП-69. – М.: ВИ., 1969. – 464 с.
4. Єдині правила безпеки при підризних роботах. НПАОП 0.00-1.17-92. – Х.: Вид. „Форт”, 2008. – 172 с.
5. Физика взрыва / С.Г. Андреев, А.В. Бабкин, Ф.А. Баум, Н.А. Имховик, И.Ф. Кобылкин, В.И. Колпаков, С.В. Ладов, В.А. Одинцов. – Изд. 3-е., Т. 2. – М.: Физматлит, 2002. – 656 с.
6. Саламахин Т.М. Физические основы механического действия взрыва и методы определения взрывных нагрузок / Т.М. Саламахин. – М.: ВИА, 1974. – 256 с.
7. Саламахин Т.М. Пособие для решения задач по теории механического действия взрыва / Т.М. Саламахин. – М.: ВИА. 1967. – 204 с.

Поступила в редколлегию 6.07.2012

Рецензент: д-р техн. наук, доц. С.В. Росоха, Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков.

**ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФОРМИ ЗАРЯДУ ВИБУХОВОЇ РЕЧОВИНИ  
З УРАХУВАННЯМ ЙОГО ВПЛИВУ НА ЕЛЕМЕНТИ ЦЕГЛЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Ю.Н. Убайдуллаєв, Є.І. Стецюк, О.М. Смірнов

*Обґрунтовано найбільш ефективну геометричну форму внутрішнього, контактного, шпурового заряду вибухової речовини для руйнування елементів конструкцій аварійних цегляних будівель і споруд. Приведені і проаналізовані аналітичні залежності тиску на перешкоду від часу при вибуху зарядів вибухових речовин.*

**Ключові слова:** аварійні будівлі і споруди, елементи конструкцій, заряд вибухової речовини, форма заряду, сферична форма заряду.

**GROUND OF CHOICE OF FORM OF CHARGE OF EXPLOSIVE TAKING INTO ACCOUNT  
HIS INFLUENCE ON THE ELEMENTS OF BRICK CONSTRUCTIONS**

U.N. Ubaydullaev, E.I. Stetsyuke, O.N. Smirnov

*It is proved the most efficient geometric shape of internal contact, hole explosive charge to destroy the structural elements of emergency brick buildings. Are presented and analyzed in the analytical dependence of the pressure on the barrier from time to time in the explosion of explosive charges.*

**Keywords:** emergency buildings and buildings, elements of constructions, charge of explosive, form of charge, spherical form of charge.