

**В.Г. Кравець, д.т.н., проф.**

Національний технічний університет України "КПІ"

**Д.Восводка, інж.**

Сілезький технічний університет (Польща)

**ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ Й АСПЕКТИ БЕЗПЕКИ  
РУЙНУВАННЯ ВИБУХОМ ВИСОТНИХ СПОРУД**

*Розглянуто економічну доцільність та питання безпечного виконання вибуховим способом робіт з руйнування цегляного димаря коксокомбінату в м. Забже (Польща). Наведено основні технологічні параметри робіт та встановлено радіуси безпеки з низки вражаючих факторів. Обговорено переваги вибухового методу в порівнянні з традиційним.*

**Вступ.** Необхідність розбирання промислових об'єктів на території Верхньосілезького промислового округу тісно пов'язана з його цивілізаційним і технологічним розвитком. У свій час розвиток металургії заліза, в якій деревне вугілля замінили кам'яним вугіллям і коксом, сприяло швидкому зростанню кам'яновугільної галузі. Верхньосілезький промисловий округ – це найбільший у Польщі міський промисловий конгломерат, що являє собою скупчення 14 великих міст із прилягаючими промислово розвиненими територіями загальною площею близько 2,7 тис. км<sup>2</sup> з 3,0 млн жителів, з яких більше 92 % – городяни, кілька десятків шахт, коксових комбінатів і металургійних підприємств.

Сьогодні економічне значення регіону поступово слабшає. Багато шахт і металургійних підприємств перебувають на грані банкрутства, ліквідуються часом цілі промислові об'єкти. При цьому виникає проблема розбирання об'єктів, що не підлягають модернізації й технічній переорієнтації.

**Постановка проблеми.** У період масової ліквідації вугільних і металургійних підприємств виникла потреба в аналізі доцільності й ефективності методів знесення об'єктів важкої промисловості, у тому числі із застосуванням підривних робіт.

Підривні методи в будівництві знаходять у Польщі все більше поширення завдяки технічним й економічним перевагам. Явища, пов'язані з вибухом, звичайно так добре відомі, що існує можливість пристосування відповідної підривної техніки до найбільш жорстких вимог, пов'язаних з безпекою й точністю виконання завдання [1]–[4].

Проблеми в області знесення споруд із застосуванням вибухових речовин досить широкі й розглядати їх треба стосовно кожного типу об'єкта. В рамках тематики варто обговорити методи руйнування промислових об'єктів із застосуванням традиційних технологій, звернувши особливу увагу на способи розбирання цегляних труб.

**Основний матеріал.** У зв'язку із цим, необхідно представити основні положення безпечного ведення робіт з розбирання промислових об'єктів з використанням вибухових речовин, порівнявши їх із традиційними методами, на прикладі обвалення цегляної труби на території коксокомбінату "Макошов" у м. Забже. Особливу увагу варто приділити безпечному веденню робіт, розпізнанню й мінімізації небезпек при використанні підривного методу, економічному й екологічному аспектам проблеми.

Розбирання з використанням вибухових речовин (ВР) можуть стосуватися всього об'єкта або його конструктивної частини. При виборі технології розбирання даного об'єкта з використанням ВР варто брати до уваги такі фактори:

- тип, будова й розташування технічної інфраструктури поблизу об'єкта, що підлягає розбиранню;
- концепція розбирання об'єкта (напрямок обвалення, обвалення в міських умовах, розбирання частинами);
- концепція реалізації підривних робіт;
- руйнівна дія вибуху;
- технічні можливості обмеження небажаних наслідків вибуху;
- тип конструкції й конструктивних матеріалів об'єкта;
- можливість застосування машин і пристосувань;
- повна безпека виконання робіт;
- вимоги до габаритів розвалу.

Розбирання будівельного об'єкта вибухом може бути виконане обваленням конструкції на місці, обваленням у заданому напрямку, почерговим демонтажем конструктивних елементів об'єкта, що розбирається.

Розбирання із застосуванням ВР супроводжується рядом складностей, проблем і небезпек, що вимагають розпізнання й оцінки. До них відносять: розліт кусків, сейсміку, повітряну ударну хвилю,

шум, неконтрольоване витікання нафтопродуктів при експлуатації машин і під час виконання робіт, важко контрольований напрямок падіння при обваленні, особливо при обваленні труб, небезпеку отруєння підіривними газами й продуктами руйнування. Частина наведених небезпек і проблем належало взяти до уваги при підіривному розбиранні цегляної труби на території коксокомбінату. Відповідно до проекту розбирання вибухом передбачалося, крім складання проекту ведення робіт, розробка способу утилізації продуктів обвалення.

Призначена до обвалення труба була виконана як конструкція із зовнішньою оболонкою з клінкерної цегли товщиною 0,75 м при зовнішньому діаметрі поблизу підстави 5,9 м і внутрішньої частини із шамотної цегли товщиною 0,25 м на цементному розчині при висоті 67,6 м. Загальний обсяг клінкерної цегли за розрахунком склав 435 м<sup>3</sup> при масі 826 т, об'єм шамотної цегли склав 70 м<sup>3</sup> при масі 137 т.

Ліквідацію труби вирішено виконати підіривним способом із спрямованим обваленням. З цієї метою необхідно було створити вруб обвалення, максимальна висота якого прийнята 1,2 м (рис. 1). З погляду технології створення врубу, кількість затрачуваної ВР залежить від необхідних розмірів врубу й питомої витрати ВР, яку варто вибирати таким чином, щоб забезпечити дроблення матеріалу в межах врубу й переміщення його на задану відстань. Середня кількість ВР для повного руйнування одиниці об'єму матеріалу (питома витрата) склала 1,5 кг/м<sup>3</sup>, величина заряду в шпурі змінювалася від 0,3 кг у нижньому ряді до 0,15 кг у верхньому ряді шпурів.

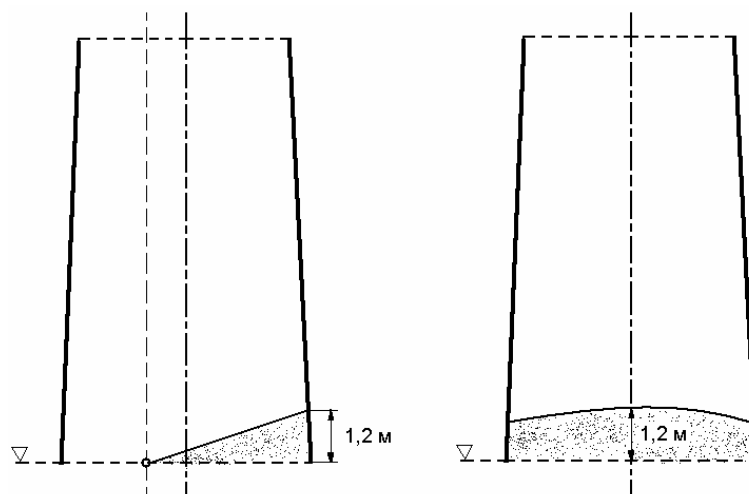


Рис. 1. Схема виконання врубу

Під час виконання підіривних робіт треба було враховувати такі фактори: сейсмічні коливання, розкидання шматків, акустичні коливання, пилова хмара. Способи попередження цих небезпек пов'язані з ретельним розрахунком параметрів висадження.

Для визначення дії парасейсмічної хвилі використано формулу Кузнецова [4], відповідно до якої при масі заряду в серії  $Q = 22,4$  кг і припустимій швидкості коливань промислових споруд  $v = 10$  мм/с розрахункова безпечна відстань становить  $r = 24$  м.

Під час детонації 1 кг ВР виділяється до 1 м<sup>3</sup> вибухових газів при нормальних умовах [3], [4]. Спочатку цей газ перебуває під досить високим тиском, а при виконанні роботи руйнування середовища розширюється в атмосферу з великою швидкістю, що зменшується пропорційно відстані в третьому ступені. Рух повітряної ударної хвилі може призвести в результаті акустичного тиску до руйнування, заклення або ушкодження об'єктів, що перебувають на шляху потоку повітря. Величина тиску потоку повітря є функцією маси заряду в одній серії і відстані до охоронюваного об'єкта. Прийнято вважати цілком безпечним тиск повітряної хвилі на рівні 600 Па [4]. Для визначення її інтенсивності використано залежність [4]:

$$\Delta p = (1865 \div 5895) \left( \frac{r}{Q^{\frac{1}{3}}} \right)^{-1,2}, \quad (1)$$

де  $\Delta p$  – тиск повітряної хвилі, Па;  $r$  – відстань, м;  $Q$  – величина заряду, кг.

Перетворюючи формулу (1) і приймаючи в ній середнє значення числового коефіцієнта на рівні 3880, одержимо:

$$r_e = \left( \frac{3880 \times Q^{0,3999}}{Dp} \right)^{\frac{1}{1,2}}. \quad (2)$$

Розрахункове значення небезпечної відстані за дією повітряної хвилі становить  $r_{e0} = 13$  м.

Зона розльоту кусків прийнята [4] для будівельних об'єктів – 80 м, для людей – 150 м.

Для опису динамічного впливу падаючої труби застосовується модифікована формула Кузнецова:

$$v = \sqrt{\frac{KQ}{r^3}}, \quad (3)$$

де  $v$  – швидкість коливань, см/с;  $Q$  – динамітний еквівалент енергії падіння, кг;  $r$  – відстань від центра джерела енергії падіння ліквідованого об'єкта до охоронного об'єкта;  $K$  – загальний коефіцієнт, що складається з добутку трьох коефіцієнтів:

$$K = k_1 \times k_2 \times k_3,$$

де  $k_1$  – ґрунтовий коефіцієнт, для позитивних температур приймається рівним 150, для негативних – 230, для пливунних ґрунтів – 510; тут прийнятий  $k_1 = 150$ ;  $k_2$  – коефіцієнт, що враховує поглинання енергії падіння на охоронні насипи; при падінні безпосередньо на ґрунт  $k_2 = 1$ ; при використанні валів і насипів  $k_2 = 0,5 \div 0,8$ ; тут прийнятий  $k_2 = 1,0$ ;  $k_3$  – коефіцієнт, що враховує жорсткість об'єкта, що обвалюється, й час його падіння, тобто час передачі енергії падіння ґрунтовій підставі; для жорстких конструкцій (міцних веж і залізобетонних труб)  $k_3 = 0,76 \div 1,0$ ; для об'єктів змішаної конструкції, цегляно-залізобетонних,  $k_3 = 0,35 \div 0,45$ ; для цегляних або відповідно підготовлених залізобетонних об'єктів  $k_3 = 0,2-0,3$ ; нами прийнято  $k_3 = 0,4$ . Відповідно  $K = 60,0$ .

Енергія падіння може бути описана добутком маси  $m_c$ , кг, висоти розташування центра ваги цієї маси над рівнем землі  $h$ , м і прискорення земного тяжіння  $g$ , м/с<sup>2</sup>. Для знаходження її динамітного еквівалента треба поділити цю енергію на теплоту вибуху використовуваної ВР,  $E$ , Дж/кг:

$$Q = \frac{(m_c \times g \times h)}{E}. \quad (4)$$

Найчастіше застосовується динамітний еквівалент –  $E = 4,06$  МДж/кг. Для труби, що обвалюється, прийняті значення: маса  $m_c = 963$  кг, висота  $h = 18,4$  м, енергія падіння  $E = 155,7$  МДж, динамітний еквівалент – 38,3 кг ВР.

Використовуючи формулу (3), одержимо:

$$r = \sqrt[3]{\frac{QK^2}{v^2}}. \quad (5)$$

Сфера негативного впливу падіння труби на навколишнє середовище  $r = 55$  м.

На підставі розрахунків прийняті такі відстані:

- за розлітанням окремих шматків: для людей – 150 м, для будівельних об'єктів – 80 м;
- за сейсмічною дією вибуху – 24 м;
- за сейсмічною дією від падіння труби – 55 м.

Відповідно до наведених відстаней безпеку представляють розкидання окремих шматків і частково сейсміка падіння труби.

Як попереджувачі заходи рекомендовано застосовувати:

- для виключення враження осколками – прикриття місць закладення зарядів вживаними транспортними стрічками, сталеву сіткою, солом'яними матами за рішенням керівника робіт;
- для захисту будівельних об'єктів від сейсмічної дії удару – проходження по контуру будинку захисної траншеї глибиною, що перевищує глибину фундаменту, або буріння свердловин такої ж глибини, розташованих у плані в 2÷3 ряди в шаховому порядку при відстані між свердловинами в ряді, що становить  $(3 \div 3) d_{св}$ .

При розбиранні передбачена утилізація металобрухту – сталевих обручів й устаткування труби (помостів і сходів) загальною масою 13,47 т. Цегельна маса (963 т) не підлягала використанню, у зв'язку з чим вартість її вивезення й складування була віднесена до витрат на розбирання труби.

Порівняння найпоширеніших методів розбирання подібних об'єктів за вартістю й витратами часу виконано інвестором в двох варіантах – підривному й механічному. Як виходить з цих розрахунків, вартість виконання комплексного розбирання цегляної труби підривним методом з вивозом відходів майже в 2 рази нижча, порівняно з традиційною технологією, при однакових розцінках кошторису й обсягах робіт. З погляду витрат часу, підривний метод також поза конкуренцією, оскільки обвалення

вибухом труби з вивозом зруйнованого матеріалу й прибиранням майданчика виконується за 8 робочих днів замість 34, тобто швидше більш ніж в 4 рази, в порівнянні із традиційним методом.

Як правило, розбирання промислових об'єктів рідко пов'язане із плановою реалізацією. Найчастіше ці роботи викликаються або будівельною катастрофою, або стихійними лихами. Але останнім часом ситуація змінилася, на що в основному вплинули фактори фізичного й функціонального старіння об'єктів, а також міркування екологічного характеру. Більш за те, концентрація важкої промисловості часто змушує до закриття багатьох застарілих підприємств, а за цим йде освоєння вивільнюваних територій, що пов'язане з необхідністю зносу численних будівель. В наш час відзначається динамічний розвиток цієї області будівництва.

У цих умовах найбільш ефективним методом знесення будівельних об'єктів є підривний. До головних достоїнств цього методу можна віднести короткочасність і низьку вартість робіт, а також:

- точно встановлений момент і напрямок падіння;
- обмежена площа падіння;
- безпека для оточення й працюючих – переміщений одночасно вниз об'єкт не створює надалі погроз;
- обмежена кількість небезпечних операцій на висоті.

Особливо очевидна застосовність цього методу при знесенні висотних споруд, таких як труби різних типів і розмірів, високі водонапірні й ін. вежі, багатомірні об'єкти вище 22 м, великі бетонні блоки на рівні земної поверхні, фундаменти машин й установок.

Підривні методи не рекомендуються при малогабаритних залізобетонних елементах через їхню низьку продуктивність, а також при знесенні каркасних або збірних залізобетонних споруд.

**Висновки.** Розрахунки й практика знесення цегляного димаря коксового комбінату “Макошов” показали, що застосування підривного методу зменшило майже вдвічі матеріальні й більш ніж учетверо витрати часу на виконання робіт. Оптимальним рішенням при цьому є комплексна технологія, що передбачає ліквідацію вибухом всіх товстостінних елементів, фундаментів або обвалення споруди з наступним механічним обробленням більших шматків, видаленням металу й упорядкуванням робочого майданчика.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. [www.encyklopedia.pwn.pl](http://www.encyklopedia.pwn.pl)
2. *Wieczorek Z.* Bezpieczeństwo pracy – roboty budowlane i rozbiorkowe. Główny Inspektorat Pracy. – Warszawa, 2003.
3. *Lewicki J., Batko P.* Warunki bezpiecznej likwidacji naziemnej czesci kopalni/ VI Konf. Nauk. – Techn. „Profilaktyka oraz usuwanie ujemnych wplywow eksploatacji gorniczej na srodowisko w Rybnickim Okregu Przemyslowym”, Wyd. Gornicze sp. z o.o. – Katowice, 2001.
4. *Technologia wyburzenia sposobem minerskim komina ceglanego w Koksowni „Makoszowy” w Zabrze. Oprac. P. Krzyzowaczka, J. Lewicki, P. Batko, Archiwum AGH, Krarow, 2004.*

КРАВЕЦЬ Віктор Георгійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри геобудівництва та гірничих технологій Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України «КП».

Наукові інтереси:

- прикладна геодинаміка вибуху;
- охорона праці в гірництві;
- інженерна екологія.

ВОЄВОДКА Домінік – інженер, Сілезький технічний університет, м. Глівіце, Польща.

Наукові інтереси:

- будівельна справа;
- вибухові роботи.

Подано 24.03.2006