

А. Восводка, доктор-інженер  
Сілезький технічний університет, м. Глівіце, Польща

### ВПЛИВ ВИБРАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДЕТОНАТОРІВ НА БЕЗПЕКУ, НАДІЙНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНІСТЬ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

*Розглянуті можливі ситуації, пов'язані з дефлаграцією та відказами при дослідженні електродетонаторів в зв'язку з відхиленнями в конструкції при їх виготовленні. Дані технологічні рекомендації з метою підвищення безпеки і екологічності при їх експлуатації.*

Електродетонатори (ЕД) являють собою досить складну конструкцію, що потребує старанного дотримання технологічних вимог при їх виготовленні (рис.1, 2), однак в кожному технологічному процесі відбуваються відхилення від встановлених параметрів, що може викликати дефлаграцію та відмову детонаторів. Ці явища не дуже часті, але мають важливий вплив на безпеку та ефективність вибухових робіт. Нормативні акти [2] упускають, що серед 3000 ЕДКС (електродетонаторів короткосповільнених) та 4000 ЕД миттєвої дії один може мати конструктивні вади. При використанні у Польщі 10 млн. штук ЕД на рік близько 3000 ЕД будуть з вадами.

Відмова ЕД призводить до відмови цілого заряду ВР у свердловині чи шпурі, в зв'язку з чим збільшується небезпека випадкового попадання на ЕД бурового інструменту при наступних буровибухових роботах або при ліквідації відказів.

Дефлаграція ЕД у зарядній виробці також становить значну небезпеку, оскільки викликає горіння ВР зі швидкістю близько 1000 м/с, яка залежить від тиску і може швидко зрости в обмеженому об'ємі, викликаючи вибух з неконтрольованим запізненням. Відповідно виникає небезпека для виконавців вибухових робіт та збільшуються втрати енергії заряду. Теплоота вибуху не перетворюється на роботу руйнування масиву, температура полум'я дефлаграції дуже висока і небезпечна, враховуючи присутність метану та вугільного пилу у атмосфері шахтної виробки.

Нами досліджено роль відхилень від основних технологічних параметрів ЕД при їх виготовленні щодо вірогідності їх дефлаграції або відмови. До цих параметрів належать маса азиду свинцю та вміст скріплюючої домішки в сповільнюючій суміші й також стан ініціюючої втулки від заряду вторинної ініціюючої речовини.

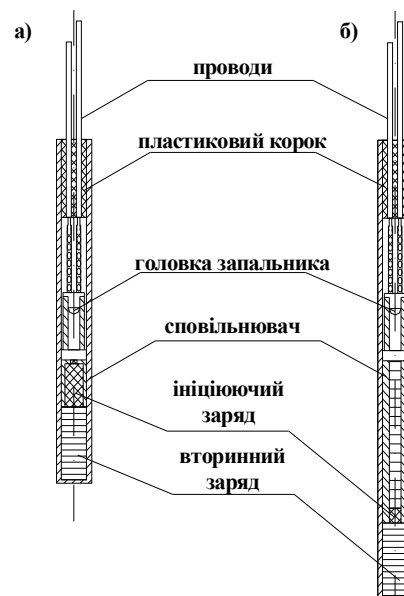


Рис. 1. Конструкція електродетонатора миттєвої (а)  
та короткосповільненої дії (б)

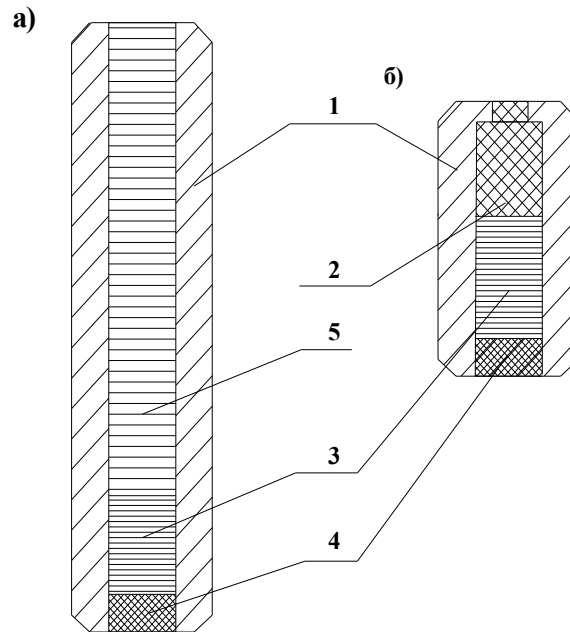


Рис. 2. Конструкція ініціюючого пристрою в ЕДКС (а) та ЕД (б):  
1 – втулка; 2 – вибухова сіль свинцю; 3 – азид свинцю; 4 – пентрит;  
5 – маса сповільнювача

Недостатня кількість азоту свинцю ( $A_3C$ ) в гільзі сповільнювача може призвести до дефлаграції. В звичайних ЕД  $A_3C$  розміщують разом з масою сповільнювача в одній гільзі, чим досягнуто зменшення на  $2/3$  кількості  $A_3C$ , що є досить невеликою, але достатньою для збудження детонації у вторинному заряді пентриту, досить чутливого до дії заряду  $A_3C$ . Однак згідно з [3] для збудження заряду пентриту вистачає 10 мг  $A_3C$ , хоча в капсулах встановлена кількість досягає 100 мг, що видається досить великою. Вважається, що будь-яка менша його кількість може призвести до відмови ініціювання або дефлаграції пентриту.

В'язучий інертний додаток (присадка) при занадто великих кількостях в масі сповільнювача також може призвести до дефлаграції, тобто до меншої швидкості розкладу первинного заряду в ЕД, або взагалі до горіння, що перекинеться на вторинний ініціюючий заряд внаслідок меншої теплоти розкладу.

При правильному складанні детонатора втулка з зарядом  $A_3C$  безпосередньо стикається з вторинним зарядом в ЕД. Однак при недостатній щільності конструкції між втулкою та гільзою ЕД може виникнути зазор, який призведе до вільного переміщення втулки і відповідно до виникнення зазору між первинним та вторинним зарядами ЕД. Внаслідок цього можуть виникнути такі ситуації, як дефлаграція чи відмова вторинного заряду. Подібно до явища передачі детонації між звичайними зарядами ВР в цьому випадку також відіграють роль такі фактори: відстань між зарядами, величина обох зарядів, їх форма, чутливість, щільність, швидкість детонації, матеріал розділяючого середовища та умови перебігу процесу (наявність оболонки, тиск). Здатність до передачі детонації зростає зі збільшенням щільності активного заряду, так само впливає наявність оболонки. Якщо тиск детонації ініціюючого (активного) заряду менший за критичний тиск в пасивному заряді, а також, якщо під час дії тиску час перебігу хімічної реакції у вторинному заряді більший, ніж час розширення газів, тоді можлива дефлаграція вторинного заряду. Якщо ініціюючий імпульс ослабкий для вторинного заряду, найбільш вірогідна відмова частини заряду, що виявляється в розриві оболонки ЕД в області розташування заряду  $A_3C$ . При цьому вторинний заряд не спалюється і знаходиться в оболонці.

Прояви описаних вище явищ досліджувались в різних діапазонах технологічних параметрів (табл. 1). Вони добре видимі на пробах із свинцевими пластинками [1]. ЕД встановлюється вертикально на пластинці та підривається. При нормальній детонації пластина пробивається наскрізь. При дефлаграції вторинного заряду пластина не пробивається, а денце гільзи ЕД разом з розірваними його частинами утворює відбиток у вигляді квітки на пластині.

Таблиця 1

Умови та діапазони досліджень

Технологічний параметр	Діапазон зміни досліджених параметрів	Тип ЕД
------------------------	---------------------------------------	--------

Маса азиду свинцю	12÷100 мг	ЕДКС, сповільнення 15 мс
Вміст скріплюючої суміші	0,4÷2,0 %	ЕДКС, сповільнення 15 мс
Відстань втулки з А <sub>3</sub> С від відмінного заряду	0÷8 мм	Миттєвий

При відсутності детонації вторинного заряду видимий результат подібний до дефлаграції, до того ж видно непрореагований вторинний заряд. Схему вимірювального пристрою наведено на рис. 3.

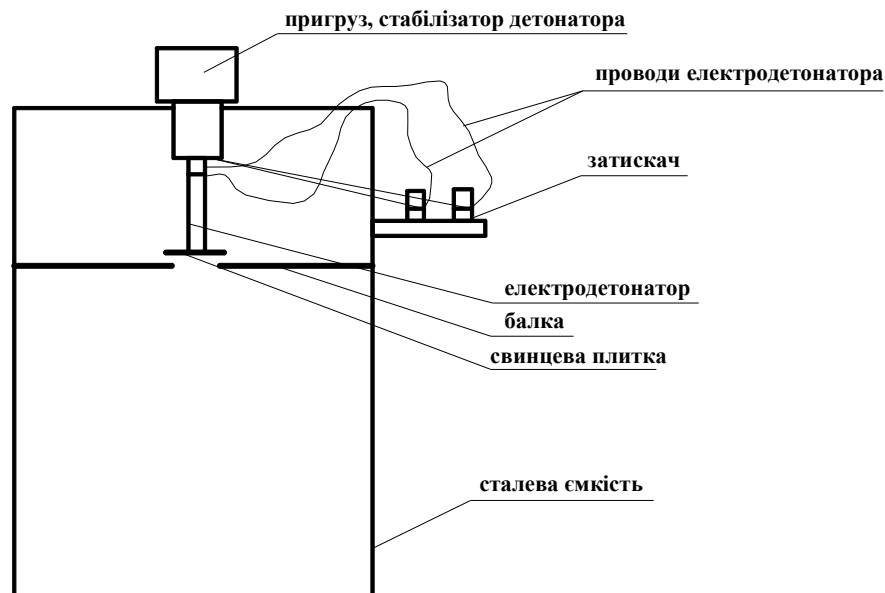


Рис. 3. Схема вимірювань

Результати досліджень впливу маси А<sub>3</sub>С на прояви ЕД такі:

Маса А <sub>3</sub> С, мг	12	16	20	24	30	50	75	100
Кількість дефлаграцій на 100 ЕД	80	65	38	26	7	0	0	0

В суміші відбулось 216 дефлаграцій для маси А<sub>3</sub>С у сповільнювачі від 12 до 30 мг. У випадку дефлаграції не спостерігалось залишків вторинного заряду, пластинки свинцю не пробивались наскрізь, лише мали дрібні деформації поверхні. В інших випадках при масі А<sub>3</sub>С від 50 до 100 мг всі пластинки були пробиті, а діаметр отвору складав не менше 6 мм.

Мідні гільзи ЕДКС з сповільненням  $\tau = 15$  мс наповнювались сповільнювачами із вмістом зв'язуючої суміші від 0,4 до 2,0 % (табл. 2). Для кожного вмісту суміші зібрано 100 ЕДКС, в сумі – 900 штук.

Таблиця 2

Результати підривання ЕДКС з різним вмістом в'язуючої суміші

Досліджувані явища на 100 штук ЕДКС	Результати вимірювання при вмісті суміші, %								
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Кількість дефлаграцій	0	0	0	11	28	52	69	83	–
Кількість відмов	–	–	–	–	–	–	–	17	100

Як видно з наведених даних, дефлаграція починалась при вмісті скріплюючої суміші 1,0 %, при вмісті 2,0 % детонатори взагалі не спрацьовували, а відмови відбувались при вмісті суміші 1,8 % та більше. У всіх інших випадках свинцеві пластини були пробиті, діаметр отвору складав не менше 6,0 мм, що при нормальній детонації ЕДКС. Мідні гільзи миттєвих ЕД заповнювались вторинною ВР – пентритом. Добирались втулки відповідного зовнішнього діаметра, щоб з'єднання з гільзами “втисканням” було стабільним, після чого втулки заповнювались А<sub>3</sub>С та пентритом шляхом підсіпання. Виготовленні втулки вміщувались в гільзу на відстані від 1 до 8 мм від вторинного заряду. Для кожної відстані досліджено по 100 ЕД. Результати досліджень наведено нижче:

Відстань, мм	1	2	3	4	5	6	7	8
Кількість дефлаграцій на 100	0	0	0	0	10	23	38	76

штук ЕД								
---------	--	--	--	--	--	--	--	--

У випадках, якщо зазор складав 1–4 мм, відбувалась детонація вторинного заряду, збільшення зазору призводило до зростання кількості дефлаграцій ЕД із повним згорянням ВР вторинного заряду.

З виконаних досліджень видно, що для збудження вторинного ініціюючого заряду ВР (пентриту) в ЕД потрібно вживати в кілька разів більше  $A_3C$ , ніж подається в роботі [3], (або 10 мг). Безвідмовне ініціювання забезпечує маса заряду  $A_3C$  – 50 мг, тобто половину маси, що фактично застосовується при продукції ЕД (100 мг). В зв'язку із застосуванням в Польщі близько 10 млн. шт. ЕД, загальна кількість вживаного азиду свинцю становить 100 кг. Це на практиці означає, що фактично виготовляється більше від потрібної кількості цієї небезпечної ВР; створюється реальна загроза безпеці праці та екології внаслідок сильної токсичної дії свинцю. Застосування меншої кількості  $A_3C$  в ЕД, особливо в підземному гірництві, призведе до меншої загрози здоров'ю працівників та екології. Серед багатьох шкідливих компонентів, уживаних для виробництва ЕД, свинець має найнижчу величину допустимого вмісту (ГДК), що становить  $0,05 \text{ мг/м}^3$  [4]. Підривання 20 ЕД дає 1,3 г високошкідливого свинцю, що в момент вибуху відповідає концентрації  $130 \text{ мг/м}^3$  (для зони об'ємом  $10 \text{ м}^3$ ). Отже вміст свинцю перевищує ГДК в 2600 разів.

Вплив скріплюючої суміші в масі проявляється при її вмісті, що перевищує 1 %. Кількість дефлаграцій зростає зі зростанням вмісту суміші та закінчується повними відмовами при вмісті 2 %. На жаль, наявність дефлаграцій та відмов знаходиться в суперечності з технологічними потребами, що диктують необхідність підвищеної кількості суміші для надання масі корисних властивостей під час виготовлення та збирання сповільнювача.

З виконаних дослідів також впливає, що вірогідність дефлаграції ЕД зростає із відстанню між ініціюючою втулкою і вторинним зарядом ЕД, більше 4 мм. При менших відстанях дефлаграція не спостерігається. Внаслідок описаних досліджень встановлено, що з метою уникнення дефлаграції ЕД потрібно:

- застосовувати азид свинцю в кількості не менше 50 мг для забезпечення повної детонації;
- застосовувати не більше 0,8 % скріплюючої домішки до сповільнювача;
- застосовувати втулку сповільнювача і гільзу ЕД узгоджених розмірів, щоб їх взаємне поєднання при втисканні було стабільним і внаслідок цього не відбувалось переміщення ініціюючого елемента від вторинного заряду.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *M. Hobler*. Projektowanie i wykonywanie robót strzelniczych w górnictwie podziemnym, Śląsk, Katowice, 1982. – 472 с.
2. Polska norma PN-C-86024 "Górnictwo zapalniki elektryczne. Podział i oznaczenie", 1994. – S. 3.
3. *T. Urbaski*. Chemia i technologia materiałów wybuchowych T. III. – Warszawa 1955. – 432 с.
4. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 27.06.1998 r., w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, Dz. U. Nr 79 póź. 513. – S. 2961–2991.

ВОЄВОДКА Анджей – доктор-інженер, керівник лабораторії вибухових матеріалів хімічного факультету Сілезького університету (Польща).

Наукові інтереси:

- теорія промислових вибухових матеріалів.

Подано 15.10.2002

**Влияние выбранных технологических параметров изготовления электродетонаторов на безопасность, надёжность и экологичность их использования /Воеводка А./**

Рассмотрены возможные ситуации, связанные с дефлярацией и отказами при испытаниях электродетонаторов в связи с отклонениями в конструкции при их изготовлении. Даны технологические рекомендации с целью повышения безопасности и экологичности при их эксплуатации.

**Influence of the chosen technological parameters of electric detonators manufacturing on safety, reliability and their ecological use /Voevodka A./**

Possibilities of igniter's deflagretion and fuse misfire are obtained for situations when structure deflections in time of produktion are permitted. The article contains recommendations by increasing of electric detonations satety and by their ecological properties improvement.