

2. Гайко, Г.І. Проблеми системного планування підземного простору великих міст [Текст] / Г.І. Гайко // Вісник НТУУ «КПІ». – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – Вип. 25. – С. 35 – 40. – (Серія «Гірництво»).

3. Ресин, В.И. Развитие больших городов в условиях переходной экономики (системный подход) [Текст] / В.И. Ресин, Ю.С. Попков. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 328 с.

4. Гайко, Г.І. Транспортноорієнтована природничо-технічна геосистема «геоурбаністика – геологічне середовище» [Текст] / Г.І. Гайко, В.Г. Кравець, В.П. Булгаков, Ю.І. Гайко // Вісник НТУ «КПІ». – Київ: НТУУ «КПІ», 2015. – Випуск 29. – С. 37-44. – (Серія «Гірництво»).

5. Гайко, Г.І. Типізація геологічного середовища урбанізованих територій при освоєнні підземного простору [Текст] / Г.І. Гайко, Т.В. Кріль: Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях». – Київ, 2015. – С. 173 – 180.

6. Маковский, Л.В. Вентиляция автодорожных тоннелей [Текст] / Л.В. Маковский, Ю.В. Трофименко, Н.А. Евстигнеева. – М.: МАДИ (ГТУ), 2009. – 148 с.

7. Панкратова, Н.Д. Морфологічний аналіз. Теорія, проблеми, застосування [Текст] / Н.Д. Панкратова, Н.Д. Савченко. – Київ: Наук. думка, 2015. – 245 с.

*Стаття надійшла до редакції 19.04.2016 р.*

УДК 622.235:622.276

**О.Г. Драчук**, канд. техн. наук (Дочірнє підприємство «Науково-дослідний інститут нафтогазової промисловості» Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України»)

## **ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ВИКОРИСТАННЯ СВЕРДЛОВИННОЇ ПРОСТРІЛЮВАЛЬНО-ВИБУХОВОЇ АПАРАТУРИ**

---

**O. Drachuk** (Subsidiary enterprise «Scientific-research institute of oil and gas industry» of National Joint Stock Company (NJSC) «Naftogaz of Ukraine»)

## **IMPROVING THE SAFE USE OF BOREHOLE SHOOTING-BLASTING EQUIPMENT**

*На прикладі вдосконаленого корпусного кумулятивного перфоратора запропоновано технічне рішення, що дасть змогу забезпечити безпеку використання свердловинної прострілювально-вибухової апаратури із засобами ініціювання, чутливими до нештатного*

*спрацьовування, відповідно до регламенту безпечного проведення прострілювально-вибухових робіт. Описано особливості конструкції та роботи вдосконаленого кумулятивного перфоратора, що містить конструктивний елемент блокування вибухового ланцюга.*

**Ключові слова:** *свердловинна прострілювально-вибухова апаратура; прострілювально-вибухові роботи; кумулятивний перфоратор; вибуховий ланцюг, електроввод.*

*На прикладі удосконаленого корпусного кумулятивного перфоратора пропонується технічне рішення, яке дозволить забезпечити безпеку використання скважинної прострелочно-взривної апаратури за допомогою засобів ініціювання, чутливими до нестандартного спрацьовування, згідно регламенту безпечного проведення прострелочно-взривних робіт. Описано особливості конструкції та роботи удосконаленого кумулятивного перфоратора, що містить конструктивний елемент блокування взривної цепі.*

**Ключевые слова:** *скважинная прострелочно-взрывная апаратура; прострелочно-взрывные работы; кумулятивный перфоратор; взрывная цепь; электроввод.*

*For example the advanced corps of cumulative perforator of the proposed technical solution which will ensure the safety of the use of borehole shooting-blasting equipment with means of initiation that is sensitive to non-standard deployment, according to the regulations the safe conduct of shooting works. Are the features of the design and operation of the improved cumulative perforator containing the feature block of the explosive train*

**Keywords:** *borehole shooting-explosive equipment; cumulative perforator; shooting-blasting; explosive chain; the power point.*

**Вступ.** Однією зі складових видобування вуглеводнодневої сировини в нафтогазовій галузі гірничої промисловості є проведення прострілювально-вибухових робіт (ПВР) у нафтових і газових свердловинах, під час яких широко застосовується різноманітна свердловинна прострілювально-вибухова апаратура (ПВА) – кумулятивні перфоратори, кумулятивні торпеди, перфоратори-генератори, порохові генератори, вибухові пакери тощо. Її використання, власне, як і використання будь-яких пристроїв, що містять вибухові матеріали, пов'язане з підвищеною небезпекою та потребує дотримання нормативних вимог із техніки безпеки.

До 2013 року проведення вибухових робіт, в тому числі і у свердловинах, регламентувалося "Єдиними правилами безпеки при взривних роботах", затвердженими ще в 1988 р. [1]. Починаючи з 2013 р. проведення вибухових робіт в Україні регламентується [2]. Наведені нормативні положення поширюються на суб'єкти господарювання незалежно від їх організаційно-правової форми та форми власності, що здійснюють поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення. Встановлено вимоги безпечного поводження з вибуховими матеріалами на об'єктах, розташованих на земній поверхні, у підземних та підводних умовах. Їх дотримання є обов'язковим.

Як відомо, існують різні способи ініціювання ПВА, які можна умовно розділити на три групи: електричні (за допомогою передавання енергії від

джерела до вибухових патронів та електродетонаторів електричними ланцюгами), неелектричні (за допомогою вогнепровідних шнурів, запалювальних патронів, передавання енергії від зовнішнього джерела до детонатора світоводами тощо), комбіновані.

Варто зазначити, що проведення ПВР у свердловині має особливості, пов'язані, насамперед, з умовами застосування ПВА, що впливає на її конструкцію. Це наявність агресивного середовища (висока температура – до 150 °С, в окремих випадках – вище), високий тиск – до 100 МПа, в окремих випадках – вище), наявність свердловинного флюїду – бурового розчину, нафти, газоконденсату, кислот, лугів тощо), тривале перебування в агресивному середовищі, обмежений свердловинний простір.

Тому найпоширенішим способом ініціювання у свердловинній ПВА є електричний спосіб (з використанням вибухових патронів, електродетонаторів тощо). Незаперечною перевагою цього способу є можливість перевірки цілісності вибухового ланцюга ПВА перед вибухом.

З метою запобігання несанкціонованому вибуху, який може призвести до травмування персоналу, під час спорядження ПВА та її опусканням до свердловин регламентовано перевіряти цілісність (вимірювати електричний опір або провідність) змонтованого вибухового ланцюга (електропідривної мережі) тільки після спуску ПВА на глибину не менше ніж 50 м від устя свердловини (на морських свердловинах – під час спуску до підводного устаткування устя) [2]. Водночас установлювати засоби ініціювання (вибухові патрони, електродетонатори тощо) у ПВА необхідно тільки безпосередньо біля устя свердловини перед її спусканням. Причому встановлення засобів ініціювання в зручніших умовах – в лабораторії перфораторної станції (пересувній зарядній майстерні) дозволяється здійснювати у разі застосування блокувального пристрою, що унеможливує випадкове спрацьовування апарата, або ж засобів ініціювання, захищених від впливу блукаючих струмів.

Аналіз типових конструкцій найрозповсюдженішої промислової свердловинної ПВА (кумулятивних перфораторів, фугасних та кумулятивних торпед, перфораторів-генераторів) показує, що в переважній частині конструкцій не передбачено блокувальний пристрій, який унеможливує нештатне (випадкове) спрацьовування ПВА [3-6].

Звичайно, що на вітчизняному ринку ПВА існує значна кількість засобів ініціювання різного призначення для свердловинної ПВА провідних виробників, в тому числі і з підвищеними вимогами до несанкціонованого спрацьовування, зокрема, внаслідок дії блукаючих струмів, електромагнітних наводок тощо, наприклад, високовольтний електродетонатор типу ЕД-ПН, вибуховий патрон ПГН-150, вибуховий патрон ПВПД-Н з трансформаторною розв'язкою містка розжарювання та решти вибухової лінії та ін. Такі засоби ініціювання потребують застосування спеціальних поверхневих пристроїв ініціювання, є порівняно дорожчими за традиційні з гальванічно

нерозв'язаними містком розжарювання та вибуховою лінією, які ініціюються конденсаторними вибуховими машинками. Останні продовжують широко застосовуватися під час проведення свердловинних ПВР, в тому числі і на вітчизняних нафтогазових родовищах.

Так найпоширенішими вітчизняними засобами ініціювання свердловинної ПВА є герметичний вибуховий патрон ПВГ-170, патрон вибуховий запобіжної дії ПВЗД (блокує ініціювання корпусної ПВА під час аварійної розгерметизації її корпусу) [7, 8]. Ці засоби ініціювання є чутливими до нештатного спрацьовування.

Таким чином, актуальним залишається питання безпечного спорядження свердловинної ПВА, що містить засоби ініціювання, чутливі до нештатного спрацьовування внаслідок дії блукаючих струмів, електромагнітних наводок тощо, та перевірки цілісності її вибухового ланцюга у свердловині відповідно до регламенту безпечного проведення ПВР.

**Мета роботи** – підвищення безпеки використання свердловинної ПВА, що містить засоби ініціювання, чутливі до нештатного спрацьовування, шляхом запобігання нештатному ініціюванню відповідно до регламенту безпечного проведення ПВР за рахунок вдосконалення типової конструкції свердловинної ПВА.

**Результати дослідження.** Типова конструкція промислової свердловинної ПВА з електричним способом ініціювання включає головку, до якої кріпиться кабельний наконечник з каротажним кабелем, корпус (каркас), в якому розміщуються: робочі конструктивних елементи, що містять вибухову речовину (ВР) – кумулятивні заряди (КЗ), шашки ВР тощо; елементи вибухового ланцюгу – електроввід, електропровід; засоби ініціювання та передачі детонації – вибуховий патрон (електродетонатор), детонувальний шнур (ДШ), електрозапальвач тощо; елементи з'єднання та кріплення. В нижній частині ПВА, як правило, розташовується наконечник.

Дослідження проведено на прикладі корпусного кумулятивного перфоратора (типу ПКО), наведеного на рис. 1.

Корпусний кумулятивний перфоратор містить головку 1, до якої приєднано загерметизований корпус 2 із закріпленими на каркасі 3 КЗ 4. До КЗ 4 прикріплено ДШ 6, кінцем прикріпленим до вибухового патрону 8, що електрично з'єднано запальним проводом 9 з герметичним електроввідом 7, до якого приєднано центральну жилу каротажного кабелю (ЦЖК). До головки 1 перфоратора приєднано кабельний наконечник 10.

Вибуховий ланцюг таким чином включає ЦЖК, електроввід, запальний провід, вибуховий патрон (місток розжарювання), корпус та головку перфоратора, "броню" каротажного кабелю. Вибуховий ланцюг замикається або підривною машинкою (під'єднується безпосередньо перед ініціюванням ПВА в інтервалі проведення ПВР) або спеціальним вибухобезпечним естером

чи пробником (під час перевірки цілісності вибухового ланцюгу після спуску ПВА у свердловину відповідно до регламенту безпечного проведення ПВР).

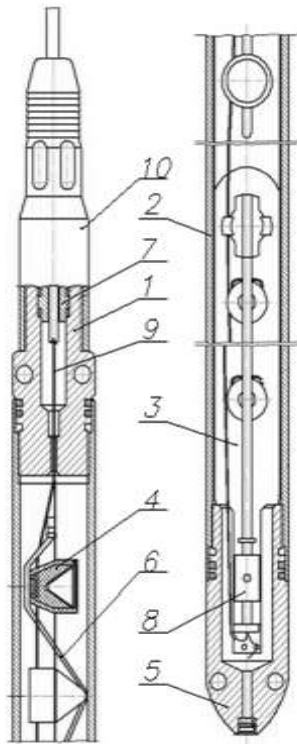


Рис. 1. Корпусний кумулятивний перфоратор:

1-головка перфоратора; 2-корпус перфоратора; 3- каркас; 4-кумулятивний заряд; 5-наконечник; 6-детонувальний шнур; 7-електроввод; 8-вибуховий патрон; 9-запальний провід; 10-кабельний наконечник

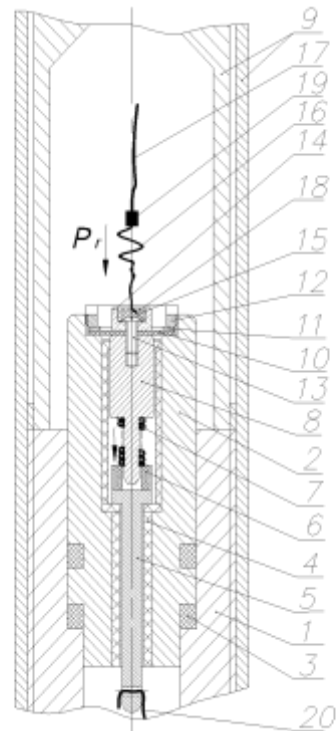


Рис. 2. Вдосконалений корпусний кумулятивний перфоратор (фрагмент) з електровводом нової конструкції:

1-головка перфоратора; 2-корпус електроввода; 3-ущільнювальні кільця; 4-ізолююча втулка; 5-нижній контактний стержень; 6-опорна втулка; 7-пружина; 8-верхній контактний стержень; 9-кабельний наконечник; 10-еластична діафрагма; 11-шайба; 12-гайка; 13-гвинт М3; 14-ізолюючий стакан; 15-контактний «пелюсток»; 16-гнучкий провід; 17-центральна жила кабелю; 18-компаунд; 19-ізоляційна стрічка; 20-запальний провід

Запропоновано вдосконалити конструкцію наведеного корпусного кумулятивного перфоратора за рахунок електровводу нової конструкції без зміни посадкових поверхонь під нього на головці перфоратора та без зміни решти конструктивних елементів перфоратора, що забезпечить розімкнення вибухового ланцюгу під час спорядження перфоратора та його спускання у свердловину до регламентованої [2] глибини – не менше 50 м. Тобто нова конструкція електровводу виконує блокувальну функцію.

Особливістю електровводу нової конструкції є те, що його центральний контакт складається з розділених опорною втулкою і пружиною нерухомого контакту та металевого поршня, встановленого з можливістю зворотно-поступального переміщення вздовж власної вісі під дією зовнішнього свердловинного тиску до утворення між ними електричного контакту, причому поршень через з'єднувальні елементи приєднано до жили кабелю.

Електроввід нової конструкції, розміщений у корпусному кумулятивному перфораторі (в положенні "вибуховий ланцюг розімкнено"), наведено на рис. 2.

Кумулятивний перфоратор містить головку 1 перфоратора, прикріплену до корпусу перфоратора (на рис. 2 не показано), в якому розташовано корпус 2 електровводу, що герметизується за допомогою ущільнюючих кілець 3 в місці його з'єднання з головкою 1 перфоратора. В корпусі 2 електровводу розміщено ізолюючу втулку 4, в нижній частині якої розташований нерухомий металевий нижній контактний стержень 5. На ньому встановлено опорну втулку 6, виготовлену з електроізоляційного матеріалу, наприклад, з термостійкої пластмаси, на яку одним кінцем опирається пружина 7, інший кінець якої підпружинює металевий верхній контактний стержень 8.

Відстань між кінцем верхнього контактного стержню 8 та нижнім контактним стержнем 5 (розрив вибухового ланцюгу) становить 1,5-2 мм. Верхній контактний стержень 8 герметично відділений від порожнини кабельного наконечника 9 еластичною діафрагмою 10, наприклад, з термостійкої гуми, закріпленої на корпусі 2 електровводу за допомогою шайби 11 та гайки 12 із зовнішньою різьбою М24.

Через отвір у діафрагмі 10 до верхнього контактного стержню 8 через з'єднувальні елементи (гвинт 13 з різьбою М3, який притискає до діафрагми ізолюючий стакан 14, контактний «пелюсток» 15 та прикріплений до нього гнучкий провід 16) приєднано ЦЖК 17. Порожнина ізолюючого стакана 14 заливається компаундом 18, а місце з'єднання гнучкого проводу 16 з ЦЖК 17 герметизується термостійкою ізоляційною стрічкою 19.

До нижньої частини нижній контактний стержень 5 приєднано запальний провід 20, з'єднаний з вибуховим патроном (на рис. 2. не показано). Решта конструктивних елементів перфоратора, їх кріплення та з'єднання відповідає наведеним на рис. 1.

Вдосконалена конструкція кумулятивного перфоратора типу ПКО працює наступним чином.

Після спорядження перфоратора та приєднання до кабельного наконечника 9 відповідно до регламенту безпечного проведення свердловинних ПВР його транспортують у свердловину на глибину не менше ніж 50 м від устя свердловини, де необхідно провести перевірку цілісності вибухового ланцюгу.

Під час цього в порожнині негерметичного кабельного наконечника 9 встановлюється свердловинний тиск  $P_r$ . Під його дією (відбувається прогинання еластичної діафрагми 10 та стискання пружини 7, внаслідок чого

відбувається рух верхнього контактної стержню 8 вздовж власної осі разом зі з'єднувальними елементами (гвинтом 13, ізолюючим стаканом 14 та залитими компаундом контактний «пелюстком» 15, з частиною гнучкого проводу 16) в напрямку нижнього контактної стержню 5 (на рис. 2 показано стрілкою).

Жорсткісні параметри пружини підібрано таким чином, що в разі досягнення перфоратором заданого інтервалу перевірки цілісності вибухового ланцюгу (глибини не менше 50 м), який характеризується визначеним свердловинним тиском (гідростатичним тиском свердловинної рідини чи тиском газу), верхній контактний стержень 8 притискається до нижнього контактної стержню 5, утворюючи між ними електричний контакт та замикаючи тим самим вибуховий ланцюг.

Дана конструкція електровводу передбачає використання набору пружин, параметри жорсткості яких в комплексі з пружними параметрами еластичної діафрагми) забезпечують стискання та замикання вибухового ланцюга за визначеного свердловинного тиску (на визначеній глибині у свердловині – не менше 50 м).

Після цього за регламентом перевіряють електричний опір вибухового ланцюга і, у випадку його наявності, спускають перфоратор до необхідного інтервалу перфорації та проводять штатне ініціювання перфоратора через замкнений вибуховий ланцюг – від підривної машинки ініціюючий імпульс подається через електроввод (ЦЖК 17, гнучкий провід 17, контактний «пелюсток» 15, гвинт 13, верхній контактний стержень 8, нижній контактний стержень 5) та запальний провід 19 до вибухового патрону, ініціювання якого викликає детонацію ДШ та КЗ. Після проведення перфорації перфоратор піднімають на поверхню.

### **Висновки**

У даній роботі на прикладі корпусного кумулятивного перфоратора детально розглянуто особливості вдосконалення конструкції герметичної (корпусної) ПВА, де блокування вибухового ланцюга електровводу забезпечується за рахунок використання електровводу нової конструкції запобіжної дії без зміни інших конструктивних елементів ПВА.

Така конструкція блокування вибухового ланцюга може бути використана також у свердловинній ПВА, що конструктивно не має електровводу, наприклад у безкорпусних кумулятивних перфораторах. В цьому випадку електроввід нової конструкції розташовується в корпусі окремого компактного перехідника, що кріпиться між кабельним наконечником та ПВА.

Запропоноване технічне рішення дасть змогу забезпечити безпечно спорядження типової свердловинної ПВА із засобами ініціювання, чутливими до нештатного спрацьовування, та успішне проведення ПВР відповідно до діючих нормативів з техніки безпеки без суттєвої зміни конструкції промислових зразків ПВА.

**Список використаних джерел**

1. Единые правила безопасности при взрывных работах. – К.: Норматив, 1992. – 172 с.
2. Правила безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення [Текст]: НПАОП 0.00-1.66-13: [Затверджено наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 12.06.2013 № 355, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 5 липня 2013 р. за № 1127/23659] // Верховна Рада України. Офіційний веб-портал. – [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z1127-13>.
3. Фридляндер, Л.Я. Прострелочно-взрывная аппаратура: Справочник [Текст] / [Л. Я. Фридляндер, В.А. Афанасьев, Л.С. Воробьев и др.]; под ред. Л.Я. Фридляндера. – М.: Недра, 1990. – 278 с.
4. Григорян, Н. Г. Вскрытие нефтегазовых пластов кумулятивными перфораторами. Состояние исследовательских работ (по зарубежным данным) [Текст] / Н.Г. Григорян, В.М. Куртинов., И.Б. Фалк, Г.И. Божко. – М.: МГП "Геоинформмарк", 2001. – 43 с.
5. Технические характеристики корпусных и бескорпусных перфораторов ОАО "ВНИПИВзрывгеофизика" [Текст] // Научно-технический вестник "Каротажник". – Тверь, 2002. – Вып. 90. – С. 62–65.
6. Ликутов, А.Р. Разработка нового поколения прострелочно-взрывной аппаратуры [Текст] / А.Р. Ликутов, В.М. Тебякин // Научно-технический вестник "Каротажник". – Тверь, 2003. – Вып. 106. – С. 93–105.
7. Про затвердження переліків допущених до виробництва і реалізації вибухових речовин промислового виготовлення та таких, що виготовляються в умовах самого підприємства, що здійснює гірничі роботи [Електронний ресурс]: [Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 13.06 2000 № 941] // Верховна Рада України. Офіційний веб-портал. – Електронні дані. — Режим доступу <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/941-2000-%D0%BF>.
8. Про затвердження переліку вибухових матеріалів промислового призначення, виробництво яких підлягає ліцензуванню [Текст]: [Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 23.12 2005 № 1137] // Верховна Рада України. Офіційний веб-портал. – [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1137-2015-%D0%BF>.

*Стаття надійшла до редакції 06.05.2016 р.*