

**Чернишов Д.В., студент, курс 2, група 185М-23з-1,
факультет природничих наук і технологій
Науковий керівник: Хоменко В.Л., канд. техн. наук доцент
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»**

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРФОРАЦІЇ СВЕРДЛОВИН

Процес видобутку нафти й газу значною мірою залежить від ефективного зв'язку між продуктивним пластом і внутрішнім простором свердловини. Після буріння, встановлення обсадної колони та цементування свердловина ізолювана від пласта, що робить неможливим приплив вуглеводнів. На цьому етапі й виникає необхідність у перфорації – створенні каналів, які дозволяють флюїдам (газу, нафти, воді) надходити до свердловини для подальшого видобутку. У багатьох випадках правильно виконана перфорація значно підвищує продуктивність свердловини та ефективність усього родовища.

Перфорація забезпечує фізичний зв'язок між пластом і внутрішнім простором свердловини, створюючи відкриті канали, через які вуглеводні можуть рухатися під природним пластовим тиском або під дією методів штучного підйому. Цей процес є важливим не тільки для організації видобутку, але й для оцінки параметрів продуктивного пласта. За допомогою перфорації визначають рівень проникності пласта, його насиченість, тиск, температуру і навіть особливості складу рідин. У випадках, коли тиск пласта недостатній, для стимулювання припливу може застосовуватися гідророзрив пласта (ГРП) або кислотна обробка, що є додатковими методами інтенсифікації після перфорації.

Перфорація є частиною завершального етапу буріння, який називається завершенням свердловини. Завершення має на меті підготувати свердловину для тривалої експлуатації, створюючи міцний і стійкий зв'язок із продуктивним пластом. Завершення також включає операції зі встановлення обсадної колони та цементування, що утворюють герметичну структуру, що захищає пласт від забруднення, а свердловину – від колапсу.

Перфорація виконується після того, як обсадна колона повністю зацементована, оскільки це гарантує захист пласта від сторонніх забруднень. Безпосередньо перед перфорацією проводять оцінку даних щодо товщини обсадної колони, параметрів цементування та відомостей про пласт, щоб оптимально визначити місце для перфорації та уникнути руйнування породи.

Процес перфорації складається з кількох важливих етапів, що потребують точного планування і контролю.

1. Планування перфорації. Основне завдання планування — розробити оптимальний перфораційний дизайн, що забезпечить найвищий приплив флюїдів із пласта. При плануванні враховуються такі параметри, як товщина і проникність пласта, тиск і в'язкість флюїдів, а також особливості буріння та цементування. Також важливо враховувати розмір і розташування перфораційних отворів: від їхньої кількості та діаметра залежить потужність припливу. Чим більше і ширше отвори, тим нижчий гідравлічний опір, що збільшує потенційний об'єм флюїдів, які можуть проходити крізь канали. Однак, надмірно широкі отвори можуть послабити стінки свердловини, тому цей баланс має бути ретельно розрахований.

2. Спуск перфораторного обладнання. Спеціальні інструменти для перфорації, зокрема перфоратори та зарядні пристрої, спускаються у свердловину до визначеного місця, де будуть створені перфораційні канали. Це обладнання забезпечує виконання процесу з високою точністю, мінімізуючи вплив на навколишню породу. В залежності від умов свердловини та параметрів пласта можуть використовуватися різні види обладнання, яке забезпечує виконання процесу з високою точністю.

3. Виконання перфорації. На цьому етапі створюються отвори в обсадній колоні та в породі, що прилягає до свердловини. Найчастіше використовують кумулятивні заряди, які генерують спрямовані струмені, що пробивають породу й створюють канали, через які можуть надходити флюїди. Альтернативно можуть застосовуватися механічні або гідродинамічні методи перфорації.

4. Контроль і оцінка результатів перфорації. Після виконання перфорації проводять тестування свердловини, що дозволяє оцінити пропускну здатність створених каналів і виявити можливі перешкоди для руху флюїдів. Якщо перфораційні канали мають недостатню прохідність, можуть знадобитися додаткові процедури, як, наприклад, очищення або хімічна обробка для забезпечення належного припливу.

Кульова перфорація є вибуховим методом, який використовує спеціальні кулі, що запускаються в стінки свердловини через вибухові заряди. Під час вибуху кулі проникають у товщу породи та обсадної колони, утворюючи канали для флюїдів. Цей метод застосовується для пробивання свердловин у складних геологічних умовах, де породи мають високу міцність. Він дозволяє створити великі стійкі отвори з мінімальним ризиком пошкодження стінок свердловини. Однак, цей метод потребує значних витрат на вибухові матеріали та обладнання. Також можливі проблеми з точністю установки перфоратора та ризик пошкодження цементного кільця.

Торпедна перфорація є також вибуховим методом, при якому вибухові заряди зруйнують породу за допомогою торпедного пристрою, що створює численні тріщини та канали. Цей метод дозволяє збільшити приплив флюїдів завдяки великій кількості тріщин, проте його ефективність знижується при роботі з твердішими породами або при низькій проникності пласта. Крім того, він менш точний, ніж кумулятивна перфорація, і може не бути достатньо ефективним для порід з високою міцністю.

Кумулятивна перфорація є одним із найпоширеніших вибухових методів, який використовує спрямований струмінь вибуху, що прорізає стінку обсадної колони та породу, створюючи чітко визначені канали. Це забезпечує високу точність і ефективність при створенні великих каналів для переміщення флюїдів. Цей метод є найбільш контрольованим серед вибухових способів, однак він потребує точних розрахунків і високих витрат на матеріали і обладнання.

Гідродинамічна перфорація використовує струмені води, газу або іншої рідини під високим тиском для створення каналів в обсадній колоні та породі. Цей метод забезпечує високий рівень точності, не застосовуючи вибухових матеріалів, і є екологічно чистим. Він часто використовується для свердловин із м'якими або пористими породами, однак його ефективність знижується при роботі з твердими породами. Крім того, для його використання необхідне спеціальне обладнання для створення високого тиску.

Механічна перфорація включає використання різальних або свердильних інструментів для пробивання стінки свердловини. Цей метод має високу точність і дозволяє контролювати процес, але займає більше часу порівняно з вибуховими методами. Механічна перфорація застосовується для порід з низьким і середнім рівнем міцності та є менш ефективною при роботі з твердими породами. Вона вимагає високих витрат на обладнання і підтримку, але є кращим вибором у випадках, коли потрібно уникати вибухових методів через обмеження по безпеці або екологічним вимогам.

Хімічна перфорація використовує хімічні реагенти для розчинення породи навколо свердловини. Це дозволяє створювати канали без механічного або вибухового впливу, що дає можливість точного контролю за процесом. Однак цей метод має високу вартість хімічних реагентів і обмежений спектр застосування, оскільки він менш ефективний при високій проникності пласта.

Вибір методу перфорації залежить від кількох ключових факторів. Перш за все, слід враховувати геологічні умови свердловини, зокрема міцність породи, рівень проникності пласта і тип рідин, що переміщуються. Методи вибухової перфорації, такі як кульова, торпедна та кумулятивна перфорація, є ефективними для твердих або високоміцних порід. Однак якщо потрібно мінімізувати вплив на навколишнє середовище або точність розташування отворів має критичне значення, доцільно вибирати механічну або гідродинамічну перфорацію. Вибір методу також залежить від економічних чинників, таких як вартість обладнання і матеріалів, а також технічні вимоги до проведення робіт.

Правильно проведена перфорація дозволяє значно підвищити ефективність експлуатації свердловини та забезпечує високий рівень видобутку. За допомогою перфорації створюються оптимальні умови для руху флюїдів із пласта в стовбур свердловини, знижуючи гідравлічний опір і підвищуючи приток вуглеводнів. Якісна перфорація допомагає зберегти цілісність обсадної колони, підвищити об'єм видобутку та зменшити потребу в подальшій інтенсифікації.

Висновки

Перфорація свердловин є ключовим етапом процесу завершення свердловини, від якого залежить ефективність подальших операцій видобутку вуглеводнів. Вона забезпечує необхідний зв'язок між продуктивним пластом і стовбуром свердловини, дозволяючи досягти високого рівня припливу флюїдів і зберігаючи ресурс свердловини. Вибір методу перфорації, точність виконання та ефективний контроль є критичними факторами успішного використання цього процесу в сучасній нафтогазовій індустрії.

Список використаних джерел:

1. Togasheva, A., Bayamirova, R., Sarbopeyeva, M., Bisengaliev, M., & Khomenko, V. L. (2024). Measures to prevent and combat complications in the operation of high-viscosity oils of Western Kazakhstan. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, 1(463), 257–270. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-170X.379>
2. Ratov, B., Borash, A., Biletskiy, M., Khomenko, V., Koroviaka, Y., Gusmanova, A., Pashchenko, O., Rastsvietaiev, V., & Matyash O. (2023). Identifying the operating features of a device for creating implosion impact on the water bearing formation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(1 (125)), 35–44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.287447>
3. Zhobassarova, A. T., Bayamirova, R. Y., Ratov, B. T., Khomenko, V. L., Togasheva, A. R., Sarbopeyeva, M. D., Tabylganov, M. T., Saduakasov, D. S., Gusmanova, A. G., & Koroviaka, Ye. A. (2024). Development of technology for intensification of oil production using emulsion based on natural gasoline and solutions of nitrite compounds. *SOCAR Proceedings*, 2, 48–55. <https://doi.org/10.5510/OGP20240200965>
4. Khomenko, V., Pashchenko, O., Ratov, B., Kirin, R., Svitlychnyi, S., & Moskalenko, A. (2024). Optimization of the technology of hoisting operations when drilling oil and gas wells. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1348(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1348/1/012008>