

УДК 622.276.6

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПЛАСТА ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ ВИСОКИХ МИТТЄВИХ ДЕПРЕСІЙ ТА РЕПРЕСІЙ ТИСКУ

Я. Б. Тарко, докт. техн. наук (Івано-Франківський Національний технічний університет нафти і газу), Я. Я. Тарко, інж. (НГВУ „Охтирканафтогаз” ВАТ „Укрнафта”)

Проанализированы конструкторские и технологические особенности оборудования для очистки пласта созданием высоких мгновенных депрессий и репрессий давления. Описаны новые технические решения, позволяющие повысить эффективность работ по восстановлению и увеличению проницаемости призабойной зоны пласта. Представлена технологическая схема проведения работ с использованием разработанного оборудования в нефтегазодобывающих скважинах.

The design and technological features of equipment for cleaning of layer by creation of high instantaneous depressions and repressions of pressure have been analyzed. The new technical decisions which enable to increase efficiency of works on renewal and increase of permeability of bottom hole zone of layer have been described. The technological chart of works' carrying on with the use of the developed equipment in oil and gas producing wells has been given.

Результати гідродинамічних досліджень показують, що ефективність експлуатації нафтогазовидобувних свердловин значною мірою залежить від стану привибійної зони продуктивних пластів. У більшості свердловин у привибійній ділянці пласта, як правило, наявна зона кольматації, яка створює значний додатковий фільтраційний опір під час руху флюїдів. Це приводить до суттєвого зменшення дебіту нафти та газу і до зниження ефективності процесу розробки покладів в цілому. Особливо гостро ця проблема проявляється під час розробки родовищ важковидобувних вуглеводнів, тобто за наявності високопарафіністих чи високов'язких нафт, низьких колекторських характеристик продуктивних пластів, різкої неоднорідності цих параметрів по вертикальному розрізу об'єкта експлуатації і т.п.

На цей час розроблено низку різних за способом дії методів впливу на привибійну зону пластів, спрямованих на руйнування зони кольматації та відновлення в ній початкової проникності порід. Як показує промисловий дослід впровадження таких технологій у свердловинах, одними з найбільш ефективних є гідроімпульсні методи, які ґрунтуються на дії циклів високих миттєвих депресій і репресій тиску на привибійну зону пласта [1].

До цієї групи методів відносяться технології, які здійснюються з використанням устаткування типу УСМД. Вплив на привибійну зону пластів за даною технологією проводять шляхом почергового з'єднання привибійної зони

з попередньо осушеним затрубним простором з низьким тиском та заповненим рідиною трубним простором з високим гідростатичним тиском.

Досвід випробування устаткування за технічним рішенням [2] показав, що йому притаманні недоліки, які практично привели до неможливості його ефективного застосування у свердловинах. Першим недоліком було те, що у свердловинах з низьким пластовим тиском (а вони становлять основний об'єкт застосування даних технологій) при витісненні рідини з затрубного простору значна її частина надходила у продуктивні пласти, що не тільки не покращувало стану привибійної зони пласта, а й призводило до отримання негативних результатів. Поглинання пластами рідини глушіння, як правило, технічної чи пластової води або розчинів на їх основі призводить до гідрофілізації породи, проявлення капілярних сил, різкого зменшення фазової проникності для нафти і газу, утворення стійких водо-нафтових емульсій з підвищеною в'язкістю та до інших негативних явищ, які перешкоджають фільтрації вуглеводнів.

Іншим недоліком було те, що після встановлення в пристрої верхньої кулі, що скидається з поверхні, остання сприймала на себе весь гідростатичний тиск свердловинної рідини у насосно-компресорних трубах (НКТ), котрий створював навантаження, яке не дозволяло проводити подальші цикли депресійного впливу. Розрахунки показали, що для свердловин глибиною, наприклад, 2000 м гідростатичне навантаження під час реалізації даної технології становить 38...40 кН. Це призводило до ускладнень під час роботи приводу пристрою, тим більше що гідростатичне навантаження зростає з глибиною розташування продуктивних пластів. Спроби опускати ізолюючу кулю на дроті чи канаті та управляти роботою цих пристроїв, періодично піднімаючи та опускаючи кулю, і тим самим припиняти чи відновлювати дію депресій та репресій тиску за цих умов виявилися безуспішними. Практично в усіх нечисленних випадках застосування пристроїв управління їх роботою не проводилося, а у ряді свердловин мали місце обриви дроту, що призводило до аварійних ситуацій.

Перший зазначений недолік був усунений завдяки змінам у конструкції устаткування. В новому технічному рішенні [3] було змінено взаєморозташування вузлів пристрою, втулку-плунжер виконано з розташованими між її радіальними каналами та нижнім сідлом отворами, які збігаються у початковому положенні з отворами корпусу, в яких встановлено зворотні клапани. Розміщення нижнього запірнього елемента нижче зворотніх клапанів виключило попадання свердловинної рідини в продуктивні пласти під час її витіснення з затрубного простору в НКТ.

Недолік устаткування, пов'язаний з великим гідростатичним навантаженням на верхній запірний елемент, що обумовлювало неможливість створення повторних циклів високих депресій і репресій тиску на пласт, був усунений в технічному рішенні [4]. Було запропоновано використовувати для управління роботою пристрою привід, виконаний у вигляді затвора, який являє собою заглушений зверху патрубок з радіальними отворами в середній частині і з герметизуючим елементом для посадки в сідло втулки-плунжера та концентрично встановленої відносно патрубка підпружиненої втулки, яка перекидає в початковому положенні радіальні отвори корпусу затвора.

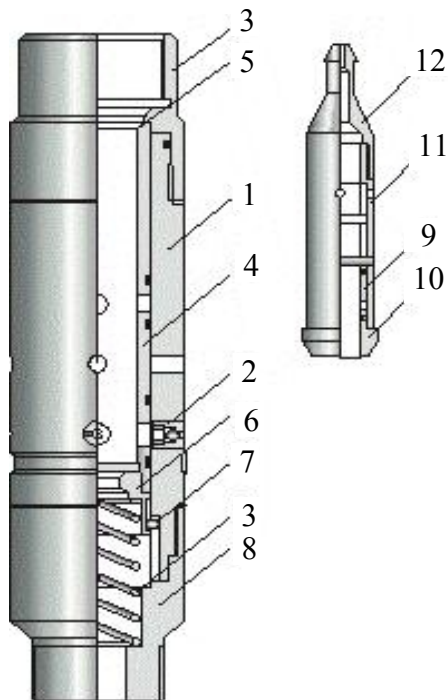
При застосуванні удосконаленого устаткування після осушення затрубного простору в верхнє сідло пристрою встановлюють затвор і створюють надлишковий тиск у НКТ, чим переміщують втулку–плунжер у нижнє положення. Це приводить до суміщення її радіальних отворів з отворами в корпусі пристрою та з'єднання затрубного простору, в якому практично відсутній тиск, з привибійною зоною пласта з пластовим тиском і до створення таким чином першої депресії тиску на пласт. У результаті дії миттєвої високої депресії тиску флюїд фільтрується з великою швидкістю з пласта у свердловину, при цьому одночасно виносяться і продукти його коагуляції. Через визначений час для припинення дії депресії стравлюють надлишковий тиск в НКТ і за допомогою лебідки лабораторії Аз-8 натягують привід. При цьому рухома втулка на зовнішній стороні корпусу затвора, долаючи опір пружини, піднімається у верхнє положення. Під час цього відкриваються радіальні отвори корпусу затвора, простори над і під затвором з'єднуються і тиски в пристрої вирівнюються. У результаті гідростатичне навантаження на затвор зникає і втулка-плунжер під дією пружини повертається в початкове положення. В момент відкриття радіальних отворів затвора на привибійну зону діє гідростатичний тиск свердловинної рідини, яка заповнює НКТ, здійснюючи на пласт високу миттєву репресію тиску.

Випробовування нового пристрою показало значно кращі результати, в першу чергу з точки зору технологічності його застосування в свердловинах. Однак під час проведення робіт в свердловинах глибиною більше 3000 м виникали труднощі при підніманні затвора в перших циклах депресійно-репресійної дії. Аналіз гідродинамічних процесів, які відбуваються під час створення репресій, показав, що при високих перепадах тиску свердловинна рідина з великою швидкістю перетікає через отвори в затворі з НКТ в затрубний простір і частково в пласт. Внаслідок цього на затвор діє перепад тиску, зумовлений швидкісним напором рідини, який перешкоджає відриву затвора від сідла. В цих умовах приходилося очікувати більшого заповнення затрубного простору свердловинною рідиною, зменшення різниці в рівнях рідини в НКТ та затрубному простору і відповідно зменшення перепаду тиску та навантаження на затвор. Таким чином, наявність значного швидкісного напору на затвор суттєво знижував ефективність робіт по створенню високих миттєвих депресій та репресій тиску на пласт у глибоких свердловинах.

У зв'язку з цим було розроблено нове технічне рішення, відмінною особливістю якого є удосконалений та конструктивно спрощений затвор [5]. Корпус затвора аналогічний попередній конструкції, але в його середній частині виконано щілиноподібні пази. Перекриваюча втулка має упор, який входить у щілиноподібні пази корпусу, чим обмежується вертикальне переміщення втулки. У верхній частині втулки над заглушеною поверхнею патрубка також зроблено радіальні отвори. Перевагою нової конструкції затвора є і те, що в ньому немає необхідності використовувати пружину, оскільки перекриваюча втулка вверх піднімається приводом, а її переміщення вниз забезпечує наявне навантаження, яке виникає за рахунок швидкісного напору

рідини. Відсутність пружини спростила конструкцію затвора і зменшила його діаметр, що дозволило знизити динамічне навантаження на 25...30 %.

На рисунку показано принципову схему устаткування УСМД-2М, в якому реалізовано технічні рішення [3–5]. Пристрій складається з корпусу 1, який виконаний з радіальними отворами в середній частині і має встановлені нижче зворотні клапани 2, які пропускають рідину та газ із затрубного простору в труби і виключають їх рух у зворотному напрямку. Всередині корпусу розміщена підпружинена пружиною 3 циліндрична втулка-плунжер 4 з двома рядами радіальних отворів, верхні з яких у початковому (верхньому) положенні втулки-плунжера не збігаються з радіальними отворами корпусу і збігаються з ними у нижньому положенні втулки-плунжера, а нижні отвори в початковому положенні втулки-плунжера збігаються зі зворотними клапанами корпусу. Втулка-плунжер 4 у верхній частині має сідло 5, в якому встановлюється затвор, а в нижній частині – сідло 6 під кулю, що скидається з поверхні. Для запобігання радіальному зміщенню втулки-плунжера при її ході вниз-вверх у пристрою встановлений фіксатор, який служить напрямною осьового руху 7. Корпус 1 за допомогою перевідників 8 з'єднується з НКТ. Затвор включає в себе корпус 9, що являє собою патрубок, нижня частина якого виготовлена у вигляді посадочного елемента 10 для герметичного встановлення у сідло 5 втулки-плунжера, а вище має радіальні отвори, які перекриваються встановленою на зовнішній стороні корпусу 9 втулкою 11. До втулки 11 приєднується головка 12, до якої прикріплений привід автолебідки станції Аз-8.



Принципова схема пристрою для створення на пласт високих миттєвих депресій і репресій тиску УСМД-2М: 1 – корпус; 2 – зворотні клапани; 3 – пружина; 4 – втулка-плунжер; 5, 6 – посадочні сідла; 7 – фіксатор, що служить напрямною осьового руху; 8 – перевідники під НКТ; 9 – корпус затвора; 10 – посадочний елемент; 11 – перекриваюча втулка; 12 – головка для приводу

Конструкція розробленого устаткування достатньо проста і забезпечує надійність його роботи в умовах значних глибин, високих тисків та температур. Основною проблемою тут є забезпечення герметичності між корпусом і втулкою-плунжером та їх зносостійкість, що досягається відповідною обробкою поверхонь контакту металу, вибором оптимального зазору між

плунжерною парою та застосуванням ущільнюючих кілець. Ще одне питання, яке потребує особливої уваги – це якісне виготовлення пружини, яка не повинна мати залишкових деформацій за умови багатократного використання.

Технологія робіт із застосуванням устаткування УСМД-2М полягає у такій послідовності операцій, кожна з яких направлена на реалізацію відповідного процесу в свердловині та пласті.

1. Проводять комплекс підготовчих робіт з визначення придатності свердловини до проведення даного виду робіт, який включає огляд і перевірку технічного стану наземного та підземного обладнання і підтверджує можливість проходження та встановлення пакера. Для цього у свердловину опускають шаблон відповідного діаметра, за необхідності райбують експлуатаційну колону у звужених ділянках і промивають вибій.

2. Опускають у свердловину спеціальне підземне обладнання в такому компонуванні: хвостовик з НКТ, пакер, через одну–дві труби пристрій УСМД-2М та насосно-компресорні труби до гирла.

3. Встановлюють пакер над продуктивним горизонтом на запланованій глибині, яка забезпечує проектну величину створюваної депресії тиску, опускають у нижнє сідло пристрою ізолюючу кулю і проводять опресування. Останню операцію здійснюють шляхом закачування води в затрубний простір за відкритого трубного простору, і після початку переливу води з НКТ закривають центральну засувку на гирловій арматурі та опресовують пакер.

4. У випадку позитивних результатів опресування за допомогою компресора, насосного агрегату та аератора чи ежектора нагнітанням у затрубний простір водо-газових подушок з додаванням піноутворюючих поверхнево-активних речовин, витісняють рідину з затрубного простору до проектної глибини.

5. Припиняють закачування пінної системи, переключають затрубний простір на спеціальну ємність та стравлюють тиск газу, в процесі чого з затрубного простору вилучаються і закачані порції води.

6. Після стравлення тиску за допомогою, наприклад, ехолота визначають рівень рідини у затрубному просторі та, враховуючи глибину розташування продуктивного пласта, пластовий тиск і густину свердловинної рідини, розраховують величину депресії тиску, яка буде створена на привибійну зону пласта. Якщо є необхідність зменшення депресії тиску, у затрубний простір доливають розрахований об'єм води.

7. Опускають у свердловину затвор і встановлюють його в верхнє сідло втулки-плунжера пристрою, після чого створюють в НКТ надлишковий тиск 2...5 МПа. Навантаження, яке діє на затвор, передається на втулку-плунжер і, стискаючи пружину, переміщає її у нижнє положення. В момент суміщення радіальних отворів втулки-плунжера та корпусу пристрою привибійна зона з'єднується зі спорожненим затрубним простором, у якому практично відсутній надлишковий тиск. У результаті цього на пласт створюється висока миттєва депресія тиску, під дією якої пластова рідина з великою швидкістю надходить у свердловину, виносячи з собою продукти кольтатації. З заповненням

затрубного простору вибійний тиск поступово збільшується, що приводить до зменшення депресії тиску на пласт.

8. Через розрахунковий проміжок часу, наприклад 10...30 хвилин, автолебідкою натягають привід, переміщують перекидаючу втулку затвора у верхнє положення і відкривають радіальні отвори корпусу затвора. Гідростатичний тиск у цей момент створює навантаження на нижню частину затвора, який знаходиться у пристрої, і перекидає сідло втулки-плунжера, тому переміщення перекидаючої втулки у верхнє положення проходить без надмірного натягання приводу. Після відкриття радіальних отворів затвора простори над і під ним з'єднуються, гідростатичний тиск в пристрої вирівнюється і навантаження на затвор та втулку-плунжер зникає, в результаті чого остання під дією пружини повертається у початкове верхнє положення. В цей момент відбувається роз'єднання привибійної зони пласта з затрубним простором, і дія депресії тиску припиняється. Одночасно після відкриття радіальних отворів затвора гідростатичним тиском рідини у НКТ створюється миттєва висока репресія тиску на пласт, яка приводить до різкої зміни напрямку руху рідини та розширення пор і тріщин, що полегшує винос продуктів кольтматації з пласта.

9. Через певний проміжок часу, наприклад 10...20 хвилин, знову опускають затвор у сідло пристрою, створюють надлишковий тиск у НКТ і повторюють роботи та процеси, описані в п. 7.

10. Цикли депресій та репресій тиску здійснюють необхідну кількість разів. Величина тисків і кількість циклів залежать від ступеня забруднення привибійної зони, заданої тривалості гідродинамічних імпульсів, інтенсивності заповнення затрубного простору, технічних характеристик і поточного стану експлуатаційної колони, якості розмежування пластів цементним кільцем, стійкості порід продуктивного пласта та інш.

11. Заповнення затрубного простору пластовою рідиною контролюють періодичним вимірюванням рівня рідини. Коли депресія тиску досягне величини, близької до робочої депресії тиску, яка має місце під час експлуатації свердловини, депресійно-репресійні цикли припиняють і промивають свердловину шляхом закачування рідини у затрубний простір з витісненням пластової рідини та продуктів кольтматації у НКТ і далі на поверхню.

12. Якщо є необхідність подальшого очищення привибійної зони пласта, проводять повторне зниження рівня свердловинної рідини та осушення затрубного простору і виконують роботи, описані в пп. 7–11.

13. Після закінчення депресійно-репресійної дії на привибійну зону пластів розпакеровують пакер та промивають вибій.

14. Проводять заключні операції, піднімають із свердловини спеціальне устаткування, встановлюють експлуатаційне обладнання і пускають свердловину в роботу. У випадку фонтанування свердловини її експлуатацію здійснюють без підняття спеціального обладнання, а його заміну проводять під час наступного планового підземного ремонту.

15. Після виходу свердловини на режимні параметри роботи проводять заміри дебіту рідини і газу та обводненості продукції, а також гідродинамічні

дослідження для визначення впливу проведених робіт на фільтраційні характеристики та продуктивність пластів.

Висновки

Удосконалена конструкція затвора дає змогу в момент відриву від сідла зняти з нього гідростатичне навантаження та зменшити швидкісний напір і тим самим забезпечити надійну роботу устаткування в глибоких свердловинах та можливість створення циклів депресій та репресій тиску на пласт. Розташування нижнього сідла пристрою з ізолюючою кулею нижче зворотніх клапанів виключає під час витіснення рідини з затрубного простору її попадання у продуктивний пласт і всі негативні наслідки, пов'язані з цим. Крім того, запропонована технологія дає змогу значно скоротити трудоемність і тривалість ремонтних робіт.

Промислові випробування даної технології і устаткування УСМД-2М у нафтогазовидобувних та нагнітальних свердловинах НГВУ „Охтирканафтогаз” показало високі результати, що свідчить про перспективність розробленого гідроімпульсного методу та доцільність його широкого впровадження з метою відновлення та збільшення проникності привибійної зони пластів та інтенсифікації дебітів свердловин.

1. *Тарко Я. Б.* Аналіз гідродинамічних методів впливу на привибійну зону пласта // НТЗ „Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ”. – Івано-Франківськ: ІФТУНГ, 2001. – Вип. 38. – С. 128–133.

2. *А.с. 848605 СССР*, МКИ Е21В 43/18. Устройство для обработки призабойной зоны скважин / Ф. С. Абдулин (СССР). – № 2852676/22; Заявл. 17.12.79; Оpubл. 23.07.81, Бюл. № 27.

3. *А.с. 1218081 СССР*, МКИ Е21В 43/25. Устройство для очистки призабойной зоны пласта / Я. Б. Тарко, И. Н. Купер, Р. В. Грибовский (СССР). – № 3780353/22; Заявл. 08.06.84; Оpubл. 15.03.86, Бюл. №10.

4. *А.с. 1238446 СССР*, МКИ Е21В 43/25. Устройство для создания многократных мгновенных депрессий на пласт / И. Н. Купер, Я. Б. Тарко, И. М. Гой, Я. В. Яцура (СССР). – № 3808170/22; Заявл. 30.10.84; Зарег. 15.02.86.

5. *А.с. 1605621 СССР*, МКИ Е21В 43/25. Устройство для создания многократных депрессий на пласт / Я. Б. Тарко, Р. К. Рапий (СССР). – № 4636948/31; Заявл. 17.10.88; Зарег. 8.07.90.