

• збільшення  $\alpha_{кр}$  призводить до зростання чутливості системи щодо варіації параметрів налаштування регулятора, тобто до зменшення робастності.

### Література

1 Ротач В.Я. Автоматизированная настройка ПИД-регуляторов – экспертные и формальные методы // Теплоэнергетика. – 1995. – № 10. – С. 9-16.

2 Волгин В.В., Панько М.А. Расчет настроек автоматических систем регулирования. – М.: Изд. МЭИ, 1973. – 127 с.

3 Панько М.А., Аракелян Э.К., Усенко В.В. Сравнительный анализ классического и нечеткого ПИД-алгоритмов // Теория и практика построения и функционирования АСУТП. – М.: Изд. МЭИ, 1998. – С. 119-126.

4 Юлиус Т.Ту. Цифровые и импульсные системы автоматического управления. – М.: Машиностроение, 1964. – 704 с.

5 Панько М.А., Иванов А.В. К расчету оптимальных настроек ПИД-регуляторов // Теория и практика построения и функционирования АСУТП. – М.: Изд. МЭИ, 1998. – С. 35-43.

6 Семенцов Г.Н. Теория автоматического управления. – Ивано-Франківськ: Факел, 1999. – 610 с.

7 Панько М.А. К расчету оптимальных настроек ПИД-регулятора при цифровой реализации алгоритма // Теория и практика построения и функционирования АСУТП. – М.: Изд. МЭИ, 1993. – С. 45-49.

УДК 622.276.6

## ПРО НОВИЙ ПІДХІД У ТЕХНІЦІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ МЕТОДУ ОЧИЩЕННЯ ПРИВИБІЙНОЇ ЗОНИ ПЛАСТА ДЕПРЕСІЙНО-РЕПРЕСІЙНОЮ ДІЄЮ

Я. Б. Тарко

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42195

e-mail: jart\_b@ukr.net

*Проанализированы основные причины снижения продуктивности скважин и обоснована целесообразность очистки призабойной зоны пласта путем создания циклов высоких депрессий и репрессий давления. Описаны новое устройство для создания гидроимпульсного воздействия на пласт и технология проведения работ в скважинах.*

*The main reasons for the decrease of wells' productivity have been analyzed and the expedience of cleaning of bottom hole zone of the layer by creation of cycles of high depressions and repressions of pressure has been grounded. New device for creation of hydro-impulse influence on the layer and the technology of operation' carrying out on the wells have been described.*

Ефективність функціонування народного господарства країни залежить від ступеня забезпеченості енергоносіями, в першу чергу нафтою та газом. Власний видобуток в Україні нафти становить близько 10%, а газу – 20 % від потреб, тому ця проблема постає особливо гостро. Оскільки перспективи відкриття нових крупних родовищ вуглеводнів ближчим часом невеликі, то пріоритетного значення набуває розроблення нових ефективних технологій та технічних засобів відновлення та збільшення продуктивності діючих свердловин.

Проведений аналіз експлуатації діючого фонду нафтогазовидобувних свердловин ВАТ „Укрнафта” засвідчив, що 61,8% з них працювали з дебітом до 1 т/добу, а кількість тих, які мають дебіт понад 10 т/добу становила лише 16%. Основною причиною низької продуктивності є висока обводненість продуктивних пластів, оскільки 44,4% цих свердловин працюють з вмістом води 90% і більше. Водночас, 20,3% свердловин цієї групи мають обводненість 30% і менше, а 14,1% із них – практично

безводні. Ці результати свідчать про те, що свердловин, в яких необхідно застосовувати методи інтенсифікації припливу нафти та газу є значна кількість і це підтверджує необхідність активізувати розроблення ефективних технологій відновлення дебітів і їх велику перспективність у забезпеченні додаткового видобутку нафти і газу.

Промисловий досвід експлуатації свердловин, а також результати теоретичних та експериментальних досліджень проблем їх гідродинамічної досконалості, свідчать, що зниження продуктивності пластів відбувається через кольматацию привибійної зони, причому це явище є результатом проявів багатьох різних за природою чинників, в тому числі складних фізичних, хімічних і молекулярних процесів.

Основна кольматация пластів відбувається під час їх первинного розкриття і в подальшому поглиблюється при вторинному розкритті та в процесі експлуатації свердловин. Особливо гостро ця проблема постає під час розробки покладів нафти з підвищеним вмістом високомо-

лекулярних парафінів, смол та асфальтенів, які при зміні термобаричних умов у привибійній зоні утворюють стійкі кольматційні структури. Забруднення пластів відбувається і внаслідок привнесення в привибійну зону разом з різноманітними технологічними рідинами твердих механічних домішок, а також випадіння важкорозчинних осадів при взаємодії цих рідин з пластовою водою. Серед основних чинників зниження продуктивності свердловин слід відмітити також формування у пласті зони проникнення фільтрату бурового розчину чи рідин глушіння, що призводить до різкого зниження фазової проникності для нафти та газу і утворення стійких водонафтових емульсій з великою структурною в'язкістю.

Вирішення проблеми відновлення проникності продуктивних пластів у привибійній зоні значною мірою можливе шляхом застосування гідроімпульсних технологій, які ґрунтуються на створенні на привибійну зону пласта високих циклічних депресій і репресій тиску, в тому числі і з використанням устаткування типу УСМД [1, 2, 5, 6]. Ця технологія ґрунтується на створенні високих миттєвих депресій та репресій тиску шляхом витіснення стисненим газом рідини з обладнаного пакером затрубного простору, стравлення у ньому надлишкового тиску та наступним періодичним сполученням і роз'єднанням привибійної зони із затрубним простором з низьким тиском та трубним простором з високим тиском. Під дією високих миттєвих депресій тиску флюїд з великою швидкістю фільтрується з пласта у свердловину, виносячи продукти забруднення, а створення високих репресій тиску ударного типу призводить до відкриття природних і штучних тріщин у породі та руйнує агрегатні структури кольматанту, що полегшує його вилучення з пласта.

Результати промислового впровадження даної технології у свердловинах 14 нафтогазових родовищ ВАТ „Укрнафта”, причому як на виснажених покладах Західного регіону, так і відносно високопродуктивних покладах Дніпровсько-Донецької западини, показали високу успішність, що становить 80-85% [4].

Однак досвід проведення робіт в свердловинах показав, що під час реалізації цієї технології значна частина витрат часу та матеріальних ресурсів пов'язана з витісненням свердловинної рідини із затрубного простору. З цієї метою використовують пересувні компресори типу СД-9/101, СД-25, КПУ-250, азотні установки типу АГУ-8, ПКФА-9/200, ГРАСИС і природний та газліфтний газ високого тиску. Тривалість цієї операції залежить від глибини статичного рівня, інтенсивності поглинання пластами свердловинної рідини та низки інших чинників, і у свердловинах глибиною 2500-4500 м, вона продовжується, як правило, 5-8 і більше годин, тобто практично весь світловий день. Це значно ускладнює подальші роботи через те, що за правилами техніки безпеки частину цих робіт не дозволяється здійснювати в умовах низької освітленості, тому їх доводиться пере-

носити на наступний день, що знижує ефективність робіт.

Отже постає завдання розробити устаткування та технологію, які б дали змогу проводити витіснення свердловинної рідини із затрубного простору без використання джерел стиснутого газу.

Основні конструктивні та технологічні принципи в новому пристрої і технології дії на привибійну зону пласта, практично аналогічні описаним раніше для устаткування типу УСМД [2, 5, 6], однак процес витіснення рідини з затрубного простору радикально змінений. Принципова схема нового пристрою [7], зображена на рис. 1. Для спорожнення затрубного простору свердловини використовується розташований на зовнішньому боці корпусу 1 гідрострумний насос 2, вхід та вихід якого з'єднані радіальними отворами в корпусі з внутрішнім простором насосно-компресорних труб, а камера розрідження – із затрубним простором. Всередині корпусу розміщені послідовно одна над одною дві підпружинені втулки-плунжери 4 і 5, причому жорсткість нижньої пружини, яка розташована на упорі 6, значно більша, ніж верхньої. У верхній втулці-плунжері виконано два ряди радіальних отворів, які в початковому положенні не співпадають з радіальними отворами корпусу та співпадають з ними в нижньому положенні втулки-плунжера. Радіальні отвори в нижній втулці-плунжері в початковому положенні також не співпадають з нижнім рядом радіальних отворів корпусу. На відміну від відомих конструкцій УСМД, в новому пристрої відсутні зворотні клапани, що спрощує конструкцію та робить його більш надійним. У іншій модифікації пристрою верхня втулка-плунжер має свій упор, а нижня втулка-плунжер виконана з окремим сидлом меншого діаметра і вона переміщується після скидання у НКТ ізольованої кулі відповідного розміру.

Технологія проведення робіт із застосуванням пристрою УСМД-С реалізується наступним чином.

1. Проводять стандартний комплекс підготовчих робіт, який включає в себе промивання свердловини до штучного вибою та визначення технічного стану експлуатаційної колони, вибою та якості розмежування продуктивних та непродуктивних пластів. Також необхідне здійснення комплексу гідродинамічних та промислово-геофізичних досліджень з метою діагностики стану привибійної зони пласта.

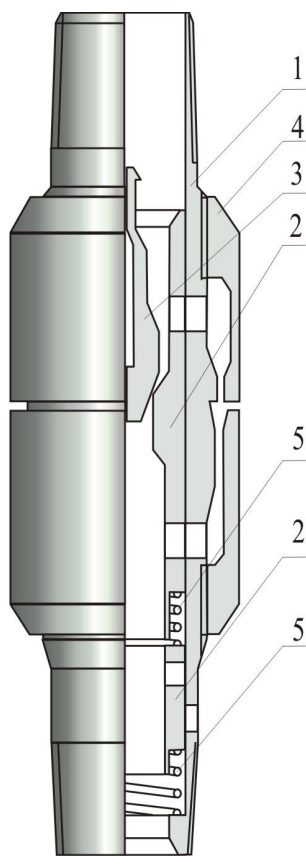
2. Після отримання позитивних результатів вказаних робіт, опускають у свердловину спеціальне підземне обладнання, до якого входять устаткування УСМД-С та пакер.

3. Встановлюють пристрій та пакер над об'єктом експлуатації на проектній глибині та визначають герметичність пакера та всіх наземних комунікацій.

4. Опускають в НКТ на дроті або скидають обладнаний ловильною головою затвор 7, який встановлюється у сидло верхньої втулки-плунжера, герметично перекриваючи її січення, після чого починають запомповування робочої

рідини в труби. Під дією перепаду тиску верхня втулка-плунжер переміщується у нижнє положення і її радіальні отвори суміщаються з вхідними та вихідними отворами гідрострумінного насоса. Рідина проходить через насос і далі знову потрапляє в НКТ та закачується в пласт. Під дією розрідження, яке виникає, рідина із затрубного простору поступає у гідрострумінний насос і також закачується в пласт. У результаті цього, рівень рідини у затрубному просторі знижується і через відповідний час, який залежить від приймальності пластів та конструктивних параметрів гідрострумінного насоса, затрубний простір буде спорожнений до глибини встановлення пристрою.

5. Проводять вимірювання рівня рідини в затрубному просторі, і якщо він знаходиться на проектній глибині, збільшують тиск нагнітання до розрахункової величини. Виникає навантаження на затвор, під дією якого верхня і нижня втулки-плунжери одночасно переміщуються у нижнє положення. В цьому положенні радіальні отвори верхньої втулки та корпусу зміщуються один відносно одного і гідрострумінний насос ізолюється від НКТ. Одночасно в результаті суміщення радіальних отворів нижньої втулки-плунжера з нижніми радіальними отворами корпусу привибійна зона з'єднується зі спорожненим затрубним простором, і на пласт створюється висока миттєва депресія тиску.



1 – корпус; 2 – втулка-плунжер; 3 – затвор;  
4 – гідрострумінний насос; 5 – пружина

**Рисунок 1 — Принципова схема пристрою для створення високих миттєвих депресій і репресій тиску УСМД-С**

6. Відтак за аналогією з технологіями [2, 5, 6], припиняють дію депресії тиску і проводять короткочасну репресію тиску. Повторенням описаних операцій створюють багатократні цикли депресій та репресій тиску, здійснюючи таким чином очищення привибійної зони пласта від кольматації.

Ефективна дія високих депресій і репресій тиску продовжується, в основному, впродовж перших 10-30 хвилин [3], тому цикли депресійно-репресійної дії здійснюють з відповідним періодом гідродинамічних імпульсів, кількість яких залежить від продуктивності та ступеня кольматації пластів.

7. За необхідності більш глибокого очищення привибійної зони пласта проводять повторне спорожнення затрубного простору і продовжують циклічну депресійно-репресійну дію вказаним способом.

8. Після заповнення затрубного простору на висоту, за якої вже неможливе створення ефективних депресій тиску необхідної величини, розгерметизовують пакер, промивають свердловину і вилучають продукти забруднення пласта на поверхню та проводять заключні роботи.

9. Пускають свердловину в роботу і після її виходу на режимні параметри експлуатації, повторюють комплекс гідродинамічних і промислово-геофізичних досліджень і визначають ефективність проведених робіт.

Перевага розроблених нового устаткування УСМД-С та технології в тому, що витіснення рідини із затрубного простору відбувається без застосування будь-якої спеціальної техніки, крім того, у фонтанних та водонагнітальних свердловинах цей пристрій можна залишати у свердловинах і на час подальшої експлуатації і роботи з очищення привибійної зони пласта проводити періодично у міру необхідності без встановлення піднімального агрегату та проведення спуско-піднімальних операцій з трубами і їх підняття на поверхню.

Нову технологію та устаткування УСМД-С можна застосовувати в свердловинах різних категорій практично за однією схемою. Особливістю технології є те, що в нафтогазовидобувних свердловинах після встановлення устаткування необхідно замінити рідину глушіння на легку нафту чи конденсат, а як робочу рідину також слід використовувати легкі вуглеводневі рідини чи інші неводні розчини, що не тільки не завдасть шкоди пластові, але й, завдяки розчиненню органічних компонентів продуктів кольматації, зменшенню їх консистенції та в'язкості нафти, збільшить ефективність дії депресій тиску, які будуть створені в подальшому. У водонагнітальних свердловинах технологія ще більше спрощується і здешевлюється, оскільки пониження рівня рідини в затрубному просторі проводиться під час закачування води, яку нагнітають в звичайному режимі в продуктивні пласти.

Конструкція розробленого обладнання уможливує проведення комплексних оброблень пласта із попереднім застосуванням інших

## Література

фізико-хімічних методів, наприклад, кислотної чи теплової дії на колектор, причому, завдяки пакеру, технологічні рідини можна запомповувати за значно більших тисків нагнітання. Поєднання різноманітних реагентних оброблень та методів гідроімпульсної дії забезпечує високу ступінь відновлення проникності пластів, оскільки за будь-якого способу хімічної чи теплової дії, після розчинення або розплавлення кольматанту кінцева ефективність оброблення цілком залежить від повного і своєчасного вилучення продуктів реакції та кольматациї з пласта. Промисловий досвід свідчить, що під час реагентних оброблень свердловин незначна затримка у вилученні продуктів реакцій призводить до їх повторного випадання в осад та утворення в пласті ще більш стійких кольматацийних структур. Тому ці технології необхідно доповнювати застосуванням методів очищення привибійної зони, причому, як перед так і після проведення основних робіт.

Результати виконаного аналізу експлуатації свердловин ВАТ „Укрнафта” засвідчили, що найбільш перспективним для застосування методів гідроімпульсної дії з метою відновлення та збільшення проникності привибійної зони пластів є Охтирський нафтопромисловий район. Тут зосереджені найбільш крупні родовища нафти, розробка яких знаходиться в стадії, що характеризується відносно добрим енергетичним станом покладів та невисокою обводненістю свердловин. В той же час, при ретельному виборі об'єктів, можна очікувати високих результатів і на виснажених родовищах інших нафтопромислових районів. У високообводнених свердловинах, потрібно використовувати комплексний підхід з попереднім проведенням водоізоляційних робіт, використовуючи технології селективної дії з тимчасовою або постійною ізоляцією високообводнених інтервалів та пластів, що, звичайно, ускладнює проведення робіт, але є необхідним.

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

2 Тарко Я.Б. Розробка устаткування для проведення циклічної депресійно-репресійної дії на привибійну зону пласта. // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. – 2004. – №4 (13). – С. 15-19.

3 Тарко Я.Б. До питання визначення розподілу тиску в пласті під час проведення депресійного впливу в свердловині // Нафтова і газова промисловість. – 2004. – № 6. – С. 28-30.

4 Тарко Я.Б. Лилак М.М. Результати впровадження технології депресійно-репресійного впливу в свердловинах НГВУ „Охтирканафтогаз” // Науковий вісник Національного технічного університету нафти і газу. – 2004. – № 3(9). – С. 35-38.

5 А.с. 1218081 СССР, МКИ Е 21 В 43/25. Устройство для очистки призабойной зоны пласта / Я.Б. Тарко, И.Н. Купер, Р.В. Грибовский (СССР). – № 3780353/22; Заявл. 08.06.84; Опубл. 15.03.86, Бюл. №10.

6 А.с. 1238446 СССР, МКИ Е 21 В 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, ДСП.

7 А.с. 1605621 СССР, МКИ У 21 В 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, ДСП.