

# РОЗРОБКА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ РОДОВИЩ

УДК 622.276.6

## ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКОВАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ БАГАТО- РАЗОВИХ ЦИКЛІВ ДЕПРЕСІЙНО-РЕПРЕСІЙНОЇ ДІЇ НА ПЛАСТ

<sup>1</sup>Я.Б. Тарко, <sup>2</sup>Я.Я. Тарко

<sup>1</sup> ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42195  
e-mail: jart@ukr.net

<sup>2</sup> НГВУ „Охтирканафтогаз” ВАТ „Укрнафта”, 42700, Сумська обл., м. Охтирка, вул. Київська, 119,  
e-mail: yarosl@mail.ru

*Представлен краткий обзор способов гидроимпульсного воздействия на продуктивные пласты. Разработана конструкция устройства для создания многократных циклов высоких депрессий и репрессий давления. Описана технология увеличения проницаемости призабойной зоны пластов созданием знакопеременных импульсов давления на забое с использованием нового устройства. Приведен пример ее успешного применения в скважине.*

Проблеми відновлення та збільшення продуктивності свердловин є надзвичайно актуальними, особливо в умовах, коли процеси розкриття пластів і їх експлуатації супроводжуються інтенсивною кольматацією привибійної зони. Аналіз експлуатації свердловин ВАТ „Укрнафта” свідчить, що поряд з високою обводненістю їх продукції, однією з основних причин низької продуктивності є кольматація привибійної зони. В таких умовах необхідно якомога ширше застосовувати технології впливу на продуктивні пласти з метою відновлення їх проникності. Промисловий досвід застосування технологій інтенсифікації продуктивності свердловин, як на вітчизняних промислах, так і за кордоном, свідчить, що одними з найбільш перспективних у цьому напрямку є методи, що ґрунтуються на створенні на пласт високих циклічних депресій і репресій тиску.

Теоретичні та експериментальні дослідження свідчать, що під час миттєвого створення гідроімпульсів виникають напруження та деформації, які значно перевищують такі ж за статичних навантажень, тому ефективність імпульсних технологій набагато більша [1, 2, 8-10]. Величини депресій та репресій тиску, що діють на привибійну зону пласта, визначають з урахуванням гідростатичного тиску відповідно в затрубному та трубному просторах, а розподіл тиску в пласті – за методиками, описаними в

*The short review of methods of hydroimpulse influence on productive layers has been presented. The construction of device for creation of multiple cycles of high depressions and repressions of pressure, has been developed. The technology of bottom hole zone's permeability increase by creation of symbol change impulses of pressure on the bottom hole with the use of new device has been described. The sample of its successful application in the well has been given.*

роботах [3, 4]. Необхідний перепад тиску встановлюють також з досвіду проведення таких робіт у конкретних геолого-промислових умовах. Наприклад, для очищення перфораційних отворів у свердловинах низки родовищ США він змінюється в межах від 14 до 35 МПа [8-10]. Тривалість дії депресій тиску визначається часом вилучення фільтрату та кольматуючого матеріалу з пласта, швидкістю поширення в ньому гідродинамічних хвиль та відновлення тиску, причому для тріщинуватих гірських порід враховується характерний час запізнення дії імпульсів тиску.

Для проведення гідроімпульсного впливу на привибійну зону пластів застосовують технології з використанням гідроструминних апаратів [1], устаткування типу УСМД [5] та УОП [6]. Технологія підвищення продуктивності свердловин із застосуванням устаткування УСМД є перспективною як з точки зору ефективної дії на привибійну зону пласта, так і відносної простоти процесу. Вона 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 мит-

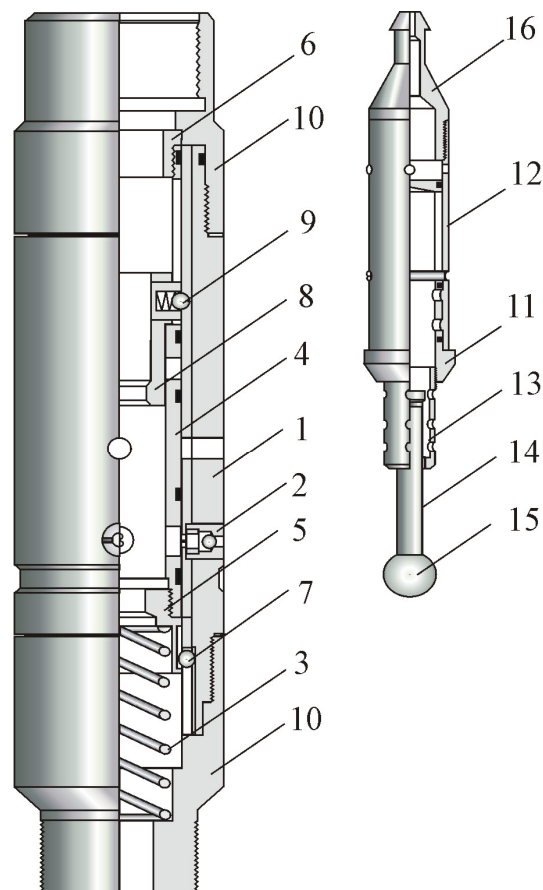
тевих депресій тиску флюїд з великою швидкістю фільтрується з пласта у свердловину, виносячи продукти забруднення, а створення високих репресій тиску ударного типу призводить до відкриття природних і штучних тріщин у породі та руйнує агрегатні структури кольматанту, що полегшує його вилучення з пласта.

Незважаючи на низку відомих технічних рішень у цьому напрямку, на вітчизняних нафтогазових родовищах ці технології практично не застосовувалися. Технологія та устаткування [7] випробовувались в окремих свердловинах, однак через неврахування у конструкціях пристроїв усіх факторів складних процесів, які мають місце на вибої під час створення гідродинамічних імпульсів тиску та значне гідростатичне навантаження на рухомі елементи пристрою, також не були впроваджені в широких масштабах. Технічні рішення [5] дали змогу зняти гідростатичне навантаження на затвор і на їх основі було розроблено нове устаткування і технологію створення високих миттєвих депресій та репресій тиску, які пройшли успішні міжвідомчі експлуатаційні та приймальні випробування і були впроваджені на підприємствах галузі. Однак застосування цього устаткування в свердловинах глибиною 3000 м і більше засвідчило, що відрив затвора від сідла пристрою все ж таки відбувається зі значним навантаженням на привод. Тому для продовження створення депресійно-репресійних циклів необхідно очікувати більшого заповнення пластовою рідиною затрубного простору, що зменшує величину та кількість імпульсів тиску і знижує ефективність очищення привибійної зони пласта. Проведений аналіз засвідчив, що це навантаження виникає в результаті швидкого напору рідини під час її руху з великою швидкістю через затвор і особливо проявляється під час дії перших циклів високих депресій тиску.

У зв'язку з цим, поставлено завдання розробити устаткування і технологію з максимальним зменшенням навантаження на привод керування пристроєм, що дало б змогу створювати значно вищі депресії тиску на пласт, підвищити надійність і безпечність проведення робіт.

На рис. 1 зображено принципову схему удосконаленого пристрою УСМД-3М. Пристрій включає корпус 1 зі зворотними клапанами 2, встановлену в ньому підпружинену пружиною 3 втулку-плунжер 4 з двома рядами радіальних отворів, причому нижній ряд в початковому положенні втулки-плунжера співпадає зі зворотними клапанами корпуса, а верхній ряд в її нижньому положенні співпадає з радіальними отворами корпуса. Крім того, втулка-плунжер має верхнє і нижнє посадочні сідла 5 і 6. Для запобігання радіальному переміщенню втулки-плунжера 4 відносно корпуса в пристрої встановлено напрямляч осевого руху 7. Основною перевагою нового пристрою є встановлення у втулці-плунжері 4 додаткового вузла, який складається з втулки 8, у верхній частині якої розміщені підпружинені фіксатори 9, які через вертикальні пази у верхній частині плун-

жера, входять у виїмки корпуса 1. Нижня частина втулки 8 звужена, що створює перепад тиску під час руху рідини, котрий переміщує її в нижнє положення. Необхідне зусилля зриву фіксаторів 9 регулюють зміною сили стиснення їх пружин, а також діаметра звуженої частини втулки 8. Довжина осевих пазів у втулці-плунжері 2 забезпечує перекриття рухомою втулкою 8 в її нижньому положенні радіальних отворів втулки-плунжера і відкриття їх у верхньому положенні втулки.



1 – корпус; 2 – втулка-плунжер; 3 – зворотні клапани; 4, 5 – посадочні сідла; 6 – пружина; 7 – напрямляч осевого руху; 8 – рухома втулка; 9 – фіксуючий механізм; 10 – перехідники під НКТ; 11 – корпус затвора з верхнім посадочним елементом; 12 – перекриваюча втулка; 13 – перфорований патрубок; 14 – шток; 15 – нижній посадочний елемент 16 – головка для приводу

### Рисунок 1 — Принципова схема пристрою для створення циклів багаторазових високих депресій і репресій тиску на пласт

Встановлення нового вузла змінює характер гідродинамічних процесів, які відбуваються під час руху рідини через пристрій. У початковому положенні рухома втулка 8 знаходиться зверху, її фіксатори 9 входять у виїмки корпуса 1 і вона перекриває радіальні отвори втулки-плунжера 4, який, у свою чергу, перекриває радіальні отвори корпуса. Після витіснення рідини із затрубного простору та стравлення у ньому

тиску в пристрій встановлюють затвор і створюють надлишковий тиск у насосно-компресорних трубах, під дією якого втулка-плунжер переміщується у нижнє положення. Завдяки фіксаторам 9 та відповідній довжині осьових пазів у втулці-плунжері, рухома втулка 8 залишається у початковому положенні і вже не перебиває радіальні отвори плунжера. У нижньому положенні втулки-плунжера її радіальні отвори співпадають з радіальними отворами корпусу, що призводить до з'єднання привибійної зони із затрубним простором та створення високої миттєвої депресії тиску на пласт.

У новому технічному рішенні також спрощено конструкцію затвора і зменшено його зовнішній діаметр, що знизило швидкісний напір на 25-30%. Корпус затвора 11 в нижній частині має посадочний елемент 12, який встановлюється у верхньому сідлі 5 пристрою. Знизу до корпусу приєднано перфорований патрубок 13, в якому міститься шток 14 з нижнім посадочним елементом 15, котрий встановлюється в нижньому сідлі 6 пристрою. Потовщення в кінці штока 14 і звуження в кінці патрубку 13 утворюють захват, який забезпечує одночасне підняття запірних елементів і, крім цього, довжина привода на вході штоку в патрубок менша, а при виході штоку з патрубку – більша відстані між сідлами.

Для припинення дії депресії тиску натягають привод, що з'єднаний із головкою 16 затвора, і переміщують перекиваючу втулку 12 у верхнє положення, відкриваючи радіальні отвори в корпусі 11 затвора. Як і у випадку реалізації технології [5], починається інтенсивне перетікання рідини з насосно-компресорних труб у затрубний простір, однак відразу в момент виникнення руху рідини на втулку 8 створюється перепад тиску та навантаження, що зриває її з фіксаторів 9 і переміщує у нижнє положення. В цьому положенні втулка 8 перекиває суміщені радіальні отвори втулки-плунжера та корпусу, що призводить до припинення перетікання рідини та зникнення швидкісного напору на затвор. Це дає змогу без ускладнень припідняти затвор і повернути втулку-плунжер у верхнє положення. Разом з ним піднімається і рухома втулка 8, яка знову фіксується у початковому положенні. В момент відкриття радіальних отворів затвора на пласт діє ударна репресія тиску, спричинена стовпом рідини, яка заповнює насосно-компресорні труби, а в подальшому впродовж запланованого проміжку часу на пласт діє висока репресія тиску, створена гідростатичним тиском в трубах. Здійснення подальших циклів депресій та репресій тиску здійснюється аналогічним чином.

Реалізація технологічного процесу із застосуванням устаткування УСМД-3М полягає в облаштуванні свердловин спеціальним наземним та підземним обладнанням і поетапному здійсненні операцій зі створення циклів миттєвих високих депресій і репресій тиску, які практично не відрізняються від попередніх технологій з використанням устаткування УСМД-1 та УСМД-2. Незначні відмінності пов'язані зі удо-

сконаленням конструкції нового устаткування. Вони зводяться до того, що для опресування підземного обладнання та експлуатаційної колони в пристрій опускають затвор, нижній запірний елемент якого встановлюється в нижнє сідло пристрою і герметично розмежує трубний простір від затрубного простору та привибійної зони пласта. В процесі опресування або створення циркуляції за кільцевою (зворотною) схемою завдяки тому, що довжина штоку затвора більша за відстань між його запірними елементами, нижній запірний елемент герметично перекиває нижнє сідло, не допускаючи фільтрацію свердловинної рідини в пласт, а верхній запірний елемент в той же час під дією тиску рідини, яка поступає з затрубного простору, припіднімається, що забезпечує рух рідини в насосно-компресорні труби.

Незважаючи на незначні зміни в технології гідроімпульсної дії на привибійну зону пласта, завдяки новим технічним рішенням виключено статичні та динамічні навантаження на затвор в момент його відриву від верхнього сідла, чим забезпечується можливість створення багаторазових циклів високих депресій та репресій тиску на пласт. Нова конструкція затвора, в якому верхній і нижній запірні елементи з'єднані приводом, забезпечує їх одночасне підняття зі свердловини, що виключило необхідність використання скидуваної з поверхні ізолюючої кулі та зробило непотрібним промивання свердловини після закінчення робіт з очищення привибійної зони пласта для вилучення її з свердловини.

Розроблена технологія успішно впроваджена на підприємствах ВАТ „Укрнафта”. Значимо, що в багатьох випадках роботи проводять у свердловинах, які знаходяться в експлуатації десятки років і стан їх підземного обладнання не завжди відповідає встановленим вимогам, крім того часто мають місце проблеми, пов'язані з незадовільною роботою допоміжного устаткування та спеціальної техніки. Через це технологічний процес деколи ускладнюється і доводиться проводити додаткові операції, що призводить до збільшення витрат часу та матеріальних ресурсів, а в окремих випадках і до зниження ефективності робіт.

Як приклад наведемо роботи, проведені у нафтогазовидобувній свердловині 77 Бугруватівського родовища НГВУ „Охтирканафтогаз”. Свердловина вступила в експлуатацію з горизонту Т-1 фонтанним способом з дебітом нафти 71,7 т/добу і приблизно на такому ж рівні видобутку експлуатувалася наступні три роки. Однак після її переведення на експлуатацію за допомогою електровідцентрового насоса та аварії, в результаті якої насос залишився на вибої, перекивши нижню частину інтервалів перфорації, дебіт свердловини знизився до 5-7 т/добу. Після цього її перевели на експлуатацію штанговим глибинним насосом, і протягом наступних двох років дебіт змінювався в межах 8-13 т/добу за обводненості 2-5%. У подальшому дебіт нафти знизився до 2,2 т/добу, заміна підземного експлуатаційного обладнання та роботи з відновлення продуктивності пластів пози-

тивного результату не дали і згодом свердловина перестала працювати через відсутність припливу нафти.

З метою покращання гідродинамічного зв'язку свердловини з пластом застосували технологію гідроімпульсного впливу на привибійну зону з використанням устаткування УСМД-3М. Спочатку свердловину промили за прямою схемою нагнітанням  $35 \text{ м}^3$  пластової води. Після цього опустили спеціальне підземне обладнання, яке включало пристрій для створення високих миттєвих депресій та репресій тиску, а також пакер ПВМ-118/500. Встановивши пакер на глибині 3494 м і провівши опресування підземного обладнання, послідовно запомпували в свердловину  $3 \text{ м}^3$  конденсату,  $6 \text{ м}^3$  соляної кислоти і знову  $6 \text{ м}^3$  конденсату. В процесі закачування виявилось, що приймальність продуктивних пластів різко знизилася і під тиском 15 МПа пласт прийняв лише  $1 \text{ м}^3$  солянокислотного розчину, тому решту реагентів вимили на поверхню. Протягом двох наступних днів одночасною роботою компресора та насосного агрегату через аератор за технологією запомповування водогазових „подушок” нагнітанням води загальним об'ємом  $9 \text{ м}^3$  з додаванням піноутворюючої поверхнево-активної речовини знизили рівень рідини у затрубному просторі до 1720 м. Керуючи роботою пристрою за допомогою затвора, створили цикли високих депресій та репресій тиску на пласт з витримкою на приплив протягом 30 хвилин. Результати ехометрії показали, що рівень свердловинної рідини в затрубному просторі піднявся на глибину 1115 м.

Необхідно зауважити, що в даній свердловині ремонтні роботи пройшли з певними ускладненнями, які суттєво збільшили їх тривалість. Після підняття насосно-компресорних труб виявили, що гумовий елемент пакера і деякі його металеві частини залишились у свердловині. Для їх вилучення провели ловильні роботи, з неодноразовим проведенням спуско-піднімальних операцій з трубами, в тому числі з фрезеруванням та промиванням вибою водою. На заключному етапі промили свердловину нагнітанням в неї  $100 \text{ м}^3$  технічної води. Після досягнення штучного вибою, підняли спеціальне обладнання, встановили насос НСВ-32 і запустили свердловину в роботу. У зв'язку з ловильними роботами та багаторазовим промиванням вибою в продуктивні пласти було запомповано значну кількість технічної води, що в подальшому негативно вплинуло на продуктивність свердловини та знизило ефективність проведених робіт.

Аналіз роботи свердловини засвідчив, що після застосування гідроімпульсної технології дебіт рідини склав 2,6-3,5 т/добу і впродовж 84 днів експлуатації було видобуто  $167 \text{ м}^3$  води, що пояснюється відбором води, яку запомпували у великій кількості під час ремонтних робіт для глушіння та промивання свердловини. Дані про відсутність води в продукції свердловини протягом перших 30 днів пов'язані, на наш погляд, з неправильним одноразовим визначенням

обводненості. У подальшому свердловина вийшла на нормальний режим роботи з дебітом 5-7 т/добу практично безводної нафти. Отриманий ефект тривав протягом 794 днів і за результатами підрахунку технологічного ефекту, який проведено НГВУ „Охтирканафтогаз” за галузевою методикою, впродовж цього часу в свердловині 77 Бугруватівського родовища за рахунок підвищення продуктивності пластів за допомогою устаткування УСМД-3М додатково видобуто 1355 тон нафти і 198 тис.  $\text{м}^3$  газу.

Результати застосування технології гідроімпульсного впливу в даній та інших свердловинах свідчать про надійність роботи устаткування УСМД-3М в умовах високих тисків і температур та високу ефективність даного методу відновлення проникності привибійної зони пласта та інтенсифікації дебітів нафти і газу, що дає підстави рекомендувати його для широкого впровадження в нафтогазовидобувних підприємствах.

### Література

- 1 Качмар Ю.Д., Світлицький В.М., Синюк Б.Б., Яремійчук Р.С. Інтенсифікація припливу вуглеводнів у свердловині. – Львів: Центр Європи, 2004. – Кн.1. – 352 с.
- 2 Попов А.А. Ударные воздействия на призабойную зону скважин. – М.: Недра, 1990. – 138 с.
- 3 Бойко В.С., Тарко Я.Б. Дослідження розподілу тиску у привибійній зоні пласта під час здійснення технології депресійного впливу // Нафтова і газова промисловість. – 1999. – № 6. – С. 35-37.
- 4 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.
- 5 Тарко Я.Б. Розробка устаткування для проведення циклічної депресійно-репресійної дії на привибійну зону пласта // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2004. – Вип. 4 (13). – С. 15-19.
- 6 Тарко Я.Б. Технологія декольматації продуктивних пластів імпульсно-депресійною дією на привибійну зону свердловин // Вісник Сумського державного університету. Серія „Технічні науки”. – 2004. – № 13(72). – С. 85-88.
- 7 Устройство для обработки призабойной зоны скважин. А.с. 848605 СССР, МКИ Е 21 В 43/18 / Ф.С.Абдулин (СССР). – № 2852676/22; Заявл. 17.12.79, Опубл. 23.07.81, Бюл. № 27.
- 8 Brieger E.F. Treatment of perforatings with reverse pressure impulses World Oil, Vol. 212, No. 7, Juni, 1991. – P. 75-97.
- 9 Monacher M.M., Morris Ch.U., Hill D.D., Branner C.R., Evaluation of perforating well conditions within underbalance reservoir pressure World Oil, Vol. 211, № 5, November, 1990. – P. 47-63.
- 10 Regalbuto J.F. and Riggs R.S. Underbalanced perforating characteristics as affected by differential pressure. SPEPE, February 1988. – P. 83-86.