

КИСЛОТНИЙ РОЗРИВ ТЕРИГЕННИХ І КАРБОНАТНИХ ПЛАСТІВ РОДОВИЩ УКРАЇНИ

Ю.Д.Качмар, Ф.М.Бурмич, В.В.Цьомко, Я.О.Заливаха

НДПІ ВАТ "Укрнафта", м. Івано-Франківськ, Північний бульвар ім. Пушкіна, 2,
тел/факс (0342) 776140, 776149, e-mail: grp@cndl.ukrnapfta.ukrtel.net

Описаны особенности взаимодействия кислотных растворов в терригенных и карбонатных породах в трещине и вокруг нее, на основании которых разработаны новые технологии. Технологии в терригенных породах предусматривают развитие тонкой вертикальной трещины кислотным раствором, расширение ее продавливающей жидкостью и самозакрепление отслоенными зернами кварца. Технологии в карбонатных породах построены по тому же принципу, но с учетом замедления скорости реакции кислотного раствора. Показана эффективность новых технологий на глубинах до 5000 м.

Нафтогазові поклади ВАТ "Укрнафта" залягають у широкому діапазоні глибин: 2000-6000 м – у теригенних (переважно слабокарбонатних) колекторах та на глибинах 3000-6000 м – у карбонатних колекторах з високою пластовою температурою (75-150⁰С). Для оброблення свердловин в таких умовах з технічних причин, технологічних і/або економічних міркувань неможливо (або недоцільно) застосовувати потужний гідравлічний розрив пласта (ПГРП). Тому виникла потреба у розробленні нової технології кислотного ГРП (КГРП).

Спочатку розглянемо особливості КГРП, під час якої реакція кислоти з породою відбувається на поверхні тріщини, орієнтація якої приймається вертикальною, і в поровому просторі навколо тріщини.

Особливість реакції соляної кислоти в поровому просторі теригенних слабокарбонатних колекторів полягає в тому, що взаємодія її з карбонатами, які є в нестачі щодо кислоти, завершується майже миттєво - за десятки секунд, ще під час фільтрації в поровий простір. Глино кислота - суміш соляної і плавикової кислот - реагує повільніше: реакція завершується за декілька хвилин. Тобто реакція з глинисто-карбонатним цементом пісковиків і алевролітів завершується під час проведення КГРП, тривалість якого 30-120 хв. [1, 2].

Розглянемо процес розчинення породи під час КГРП у слабокарбонатних колекторах. Розповсюдження активного кислотного розчину (КР) вздовж тріщини відповідає зоні його переміщення по ній, оскільки розчинна частина глинисто-карбонатного цементу в колекторах становить здебільшого від 3 до 7%, тобто існує нестача його вмісту щодо кислоти [3]. Отже, глибина зони проникнення активної кислоти в поровому просторі обмежується не швидкістю реакції, а тільки зоною розповсюдження її вздовж пласта, вмістом розчинних в кислоті складових породи і об'ємом кислоти. Під час

The features of interaction of acid solutions in terrigenous and carbonate rocks in crack and its vicinities, which based of new technologies development are described. The technologies in terrigenous rocks provide development of thin vertical crack by an acid solution, its expansion by punching liquid and self-fastening peeling grains of quartz. The technologies in carbonate rocks are constructed similarly and with allow of speed of acid solution reaction. The efficiency of new technologies for depths up to 5000 m is shown.

нагнітання у тріщині залишається незначна частина об'єму КР, а основний об'єм його фільтрується у породу навколо тріщини. Розчинення породи на поверхні тріщини відбувається, в основному, об'ємом КР, який витікає з тріщини через наявність великих фільтраційних втрат (понад 95%), а також рештою його об'єму (до 5%), що рухається по тріщині. Відфільтрований об'єм КР, реагуючи з породою, створює навколо тріщини клиновидну зону підвищеної проникності. За таких умов не потрібно використовувати засоби сповільнення реакції [1, 2, 4]. Ефективність оброблення слід пов'язувати із збільшенням проникності породи навколо тріщини і проникністю самої тріщини.

Під час КГРП в карбонатних колекторах, що містять здебільшого понад 60% карбонату кальцію, розчинення соляною кислотою відбувається навпаки, в умовах надлишку породи щодо кислоти. Реакція соляної кислоти з карбонатною породою в тонкій тріщині дуже швидко завершується на її поверхні [5, 6], а за високих температур (понад 70⁰С), коли швидкість взаємодії соляної кислоти з карбонатами значно зростає, реакція завершується майже миттєво. Ефективність оброблення в таких умовах слід пов'язувати з проникністю тріщини. Для збільшення глибини оброблення карбонатних колекторів необхідно застосовувати заходи сповільнення швидкості реакції в тріщині. Також нема потреби витримувати КР у пласті для завершення реакції.

Описані особливості взаємодії кислотних розчинів із породою в тріщині та навколо неї покладено в основу розроблення нових технологій КГРП.

Технологія КГРП слабокарбонатного низькопроникного теригенного пласта. Суть розробленої технології [4] полягає в тому, що послідовно нагнітають у пласт солянокислотний розчин (СКР) і глинокислотний розчин

(ГКР) з невеликою витратою, що викликає збільшення тиску, достатнього для розкриття тонкої тріщини (від 0,3 мм до 0,5 мм). Наявність великих фільтраційних втрат забезпечує те, що 97% КР проникає в пласт навколо тріщини. Глинисто-карбонатний цемент на стінках тріщини і в породі навколо тріщини розчиняється, внаслідок чого зростає проникність навколо тріщини. Тому зерна кварцу, що становлять скелет породи, відшаровуються від стінки тріщини.

Нагнітання протискуючої рідини (ПР), наприклад, пластової води з ПАР, витратою та об'ємом, що перевищує об'єм і витрату КР не менш ніж у 1,5 рази, забезпечує збільшення ширини тріщини і переміщення вздовж неї відшарованих зерен кварцу. Після завершення нагнітання рідин і зниження тиску до величини, меншої за тиск змикання тріщини на відшаровані зерна, тріщина закріплюється. Внаслідок КГРП у пласті створюється самозакріплена тріщина і зона високої проникності навколо неї. Це забезпечує збільшення припливу пластових флюїдів до свердловини.

Для інтенсифікації припливу вуглеводнів під час КГРП теригенних колекторів необхідно:

- вибрати об'єм і витрату КР, які забезпечать розвиток тріщини за зону кольматції порового простору пласта або зону кольматції в тріщинах під час їх розкриття шляхом моделювання, наприклад, за програмою MFrac-II;

- запомпувати КР у свердловину з витратою, достатньою для забезпечення розкриття в об'єкті оброблення тонкої тріщини, ширина якої забезпечить переміщення КР на значну відстань від стовбура;

- під час нагнітання КР розчинити породу і створити в пласті самозакріплену вертикальну тріщину і зону високої проникності навколо неї, щоб забезпечити збільшення припливу пластових флюїдів до свердловини. Півдовжина вертикальної тріщини, розкритої під час нагнітання КР, відповідає зоні розчинення ним стінок тріщини. Розчинення поверхні тріщини найбільше біля стовбура свердловини (тобто біля її устя), і найменше – на верхівці тріщини;

- запомпувати в тріщину протискуючу рідину (ПР), наприклад, пластову воду з ПАР, з витратою і об'ємом, що перевищують витрату і об'єм КР не менш ніж у 1,5 рази;

- закрити свердловину для виконання завершальних робіт.

Розглянемо застосування нової технології КГРП на прикладі однієї зі свердловин Битківського родовища, що експлуатується газліфтним способом. Тут оброблення проведено в теригенному пласті М₂ товщиною 12 м, пористістю 8%, проникністю $2,1 \cdot 10^{-3}$ мкм², температурою 48⁰С, з пластовим тиском – 11,2 МПа.

КГРП провели з поетапним збільшенням витрати і тиску. У пласт послідовно нагнітали: 5,5 м³ 15% НС1 (СКР) і 5,5 м³ 15% НС1+ 3% НГ (ГКР), а потім – 18,5 м³ пластової води з ПАР (ПР). КР запомпували в пласт за 28 хв. із витратою 0,37 м³/хв і протискували пластовою водою з ПАР за 22 хв. Протискування проведе-

но для розширення, промивання і самозакріплення тріщини об'ємом, у 1,6 рази більшим за об'єм кислотних розчинів, і витратою – 1,0 м³/хв, тобто у 2,7 рази більшою за їх об'єм. Під час нагнітання кислотних розчинів тиск на гирлі зростав до 26 МПа, а під час протискування (не зважаючи на значне збільшення витрати) був меншим – 21 МПа, що свідчить про покращання фільтраційних властивостей пласта навколо свердловини з тріщиною.

Аналіз перебігу і результатів випробування нової технології засвідчив, що:

- під час КГРП розкрилася тріщина, оскільки градієнт тиску на вибої становив 0,023 МПа/м;

- коефіцієнт приймальності свердловини збільшився у 2,7 рази – від 0,37 до 1,0 м³/хв. З досвіду проведення ГРП на Битківському родовищі після такого збільшення коефіцієнта приймальності у пласти успішно запомпували пісок, що також свідчить про розкриття тріщини;

- кислотні розчини активно розчиняли матеріал пласта, оскільки тиск на гирлі під час їх нагнітання в пласт і протискування із зростаючою витратою значно знизився (на 11 МПа). Це підтверджує те, що розчинність слабкокарбонатних низькопроникних порід є достатньою для застосування КГРП;

- дебіт свердловини після КГРП нафти збільшився у 2,3 рази, що можливо лише за наявності тріщини з високою провідністю і внаслідок збільшення проникності породи навколо тріщини.

Моделювання розвитку і закріплення тріщини за програмою Meera MFrac-II, яка враховує фізичні властивості і напружений стан породи, фізичні властивості рідин і режими нагнітання в пласт, адекватно описує гідророзрив пласта. Отримано такі результати:

- розміри одного крила вертикальної тріщини, яка розкривалася після завершення нагнітання КР: довжина – 30 м, висота – 12 м, ширина – 0,5 мм, а після нагнітання ПР: довжина – 60 м, висота – 12 м, ширина – 0,7 мм;

- коефіцієнт втрат рідин із тріщини в породу навколо неї дуже великий. У поровий простір фільтрується 10,7 м³ КР (97,2% від запомпованого у свердловину) і 17,9 м³ протискуючої пластової води з ПАР (96,8% від запомпованої у свердловину).

Оскільки тривалість нагнітання КР, 97% яких під час КГРП фільтрується у поровий простір навколо тріщини, майже на порядок більша за час їх реагування з породою, витримувати КР для реагування нема потреби. Це означає, що реакція в тріщині, де знаходилося менше 3% запомпованих КР, практично закінчується під час їх нагнітання.

Розрахунки розчинності свідчать, що під час проведення КГРП у 6 м³ СКР розчиняється 600 кг глинисто-карбонатного цементу породи, а у 6 м³ ГКР – 400 кг.

Отже, на основі проведеного аналізу результатів лабораторних досліджень щодо розчинення поверхні слабкокарбонатних порід КР і експериментального КГРП, зробимо такі висновки:

– за короткий час (30-60 хв.) послідовного руху СКР і ГКР через тонку (до 0,7 мм) вертикальну тріщину відбувається розчинення її стінок на довжину 30 м;

– ширина розкриття тріщини за рахунок розчинення її стінок в середньому складає 0,045 мм;

– після зниження тиску на вибої наприкінці проведення КГРП тріщина не зімкнулася, тому що, по-перше, її стінки розчиняються КР нерівномірно; по-друге, відшаровані від стінок тріщини зерна кварцу переміщуються ПР, що рухається з більшою швидкістю, і самозакріплюють її;

– розрахована проникність незімкнутої тріщини складає 170 мкм²;

– майже весь об'єм КР за час нагнітання в тріщину відфільтровується навколо тріщини в пласт, внаслідок чого відбувається його кислотна обробка. Навколо тріщини створюється клиновидна зона підвищеної в 1,7 рази проникності розрахунковою шириною 5 см біля устя тріщини, яка додатково впливає на збільшення припливу пластових флюїдів.

Таким чином, підвищення продуктивності свердловини, яке досягається після проведення КГРП, викликане не тільки залишковою розкритістю тріщини після її змикання на переміщені зерна кварцу, але й створенням зони підвищеної проникності породи навколо тріщини.

Технологія КГРП карбонатного пласта.

КГРП, як різновидність гідророзриву без закріплення тріщин, найчастіше застосовується в карбонатних колекторах для створення тріщини і розчинення її стінок. Класична схема проведення процесу така. Тріщину створюють КР або в'язкішою рідиною, яку нагнітають перед кислотою, за тисків, більших від тиску розриву пласта. Кислота реагує з карбонатною породою, розчиняючи стінки тріщини. Рухаючись тріщиною карбонатної породи, кислота не тільки розчиняє її стінки, а й може створювати канали розчинення. Далі за кислотою нагнітають ПР, яка протискує кислоту тріщиною до завершення її хімічної активності. Все це забезпечує неповне змикання тріщини після зниження тиску нагнітання, і виникає провідність тріщини. Ефективність КГРП залежить від розмірів і проникності тріщини, на які, у свою чергу, впливають технологія обробки і розчиняюча здатність КР.

Розчинення поверхні вапняків Північного Кавказу в КР досліджено Е.М.Тосуновим і Д.Н. Кузьмичовим [5]. Методики проектування КГРП у карбонатних породах враховують ширину тріщини, швидкість нейтралізації кислоти в ній [5, 6]. Об'єм кислотного розчину для КГРП визначають так:

$$V_{\text{к.р.}} = t_{\text{к.р.}} \cdot q_{\text{к.р.}}, \quad (1)$$

де: $V_{\text{к.р.}}$ – об'єм кислотного розчину для КГРП, м³;

$t_{\text{к.р.}}$ – час нейтралізації кислоти в тріщині, заданої ширини розкриття, хв;

$q_{\text{к.р.}}$ – витрата кислотного розчину, м³/хв.

Тривалість нейтралізації $t_{\text{к.р.1}}$, $t_{\text{к.р.2}}$ змінюється пропорційно до ширини розкриття тріщини:

$$t_{\text{к.р.1}} / w_1 = t_{\text{к.р.2}} / w_2, \quad (2)$$

де w_1 , w_2 – ширина розкриття тріщини.

Отже, витрата КР під час КГРП повинна бути якнайбільшою, особливо під час дії на об'єкти з високою пластовою температурою, оскільки від неї залежить глибина проникнення активного кислотного розчину і розміри зони оброблення. Витрата обмежується допустимим тиском на гирлі свердловини, для визначення якого враховують конструкцію НКТ, пакера, обсадної колони і тип наявних насосних агрегатів. Час нейтралізації КР у пласті визначають за даними лабораторних експериментів, проведених в умовах, що імітують пластові. Наприклад, за даними ГрозНДІ (1965 р.) СКР вапняком родовища Карабулак-Ачалуки нейтралізується 75% від його початкової активності у тріщині шириною 16 мм і за температури 150⁰С – за 60 хв., за $T = 100^{\circ}\text{C}$ – за 90 хв. і за $T = 50^{\circ}\text{C}$ – за 130 хв. Ці дані наведено в табл. 1. Вони використовуються для розрахунку часу нейтралізації кислоти залежно від ширини тріщини за формулою (2).

Таблиця 1 – Час нейтралізації кислоти 15% HCl у тріщинах, хв.

Пластова температура, ⁰ С	Ширина тріщини, мм			
	16	3	1	0,1
50	130	24	1	0,8
100	90	17	8	0,6
150	60	11	6	0,4

Наприклад, в тріщині шириною 3 мм час нейтралізації кислоти становить:

за температури 150⁰С

$$t_{\text{к.р.2}} = (w_2 / w_1) t_{\text{к.р.1}} = (3/16) \cdot 60 = 11 \text{ хв.}$$

за $T = 100^{\circ}\text{C}$

$$t_{\text{к.р.2}} = (w_2 / w_1) t_{\text{к.р.1}} = (3/16) \cdot 90 = 17 \text{ хв.}$$

за $T = 50^{\circ}\text{C}$

$$t_{\text{к.р.2}} = (w_2 / w_1) t_{\text{к.р.1}} = (3/16) \cdot 130 = 24 \text{ хв.}$$

В тонших тріщинах перебіг реакції ще швидший: для $w_2 = 0,1$ мм нейтралізація КР відбувається (як і в поровому середовищі [1]) майже миттєво.

Довжина одного крила розкритої КР тріщини залежить від фізичних властивостей кислоти і її витрати під час нагнітання. Відстань розчинення КР вздовж крила тріщини карбонатного колектора завжди є меншою за віддаль його проникнення по ній, тому що КР дуже швидко нейтралізується.

Технології КГРП карбонатних колекторів здебільшого спрямовані на сповільнення швидкості розчинення породи на стінках і в пласті. Для забезпечення глибокого проникнення активної кислоти по тріщині збільшують в'язкість кислоти, застосовують нафтокислотні емульсії або нагнітають перед кислотою високов'язкі розчини полімерів чи гелі.

Наприклад, час нейтралізації КР, загущеного 0,5-3,0% КМЦ (деструкція якого настає за температури 60 °С) збільшується майже у двічі [6]. Час нейтралізації нафтокислотних емульсій приймають рівним часу їх стабільності за пластової температури [5]. Він може досягати 60 хв. У високопроникному пласті фільтраційні втрати КР з тріщини в пласт обмежують розвиток останньої. Для забезпечення створення тріщин, що розповсюджуються за зону кольматації пласта, застосовуються додаткові заходи: збільшення в'язкості КР, попереднє нагнітання високов'язких рідин, збільшення витрати під час нагнітання КР.

За запропонованою нами технологією, що впроваджена на свердловинах Липово-Долинського родовища, КР протискували в пласт великими об'ємами ПР. ПР розвиває тріщину, відтісняє КР за межі проникнення КР по тріщині, забезпечує повне використання хімічної активності кислоти, промиває тріщину від продуктів реакції. Довжина одного крила розкритої нагнітанням ПР (безпосередньо після КР) тріщини визначається моделюванням (МFгас-II) за параметрами нагнітання: їх об'ємом, витратою та фізичними властивостями КР і ПР.

Для інтенсифікації припливу вуглеводнів під час КГРП карбонатних колекторів необхідно:

- розрахувати об'єм КР, який можна запомпувати по тріщині перед втратою основної частини, (понад 75%) активності кислоти;

- визначити об'єм і витрату КР, які можуть забезпечити розвиток тріщини такої довжини одного крила, щоб вона проникла за зону кольматації порового простору пласта або тріщин, розкритих під час буріння пласта;

- визначити глибину проникнення активного КР і продуктів реакції по довжині тріщини моделюванням за програмою MFгас-II. Глибина залежить від часу його нейтралізації. Завдання вирішується шляхом вибору рецептур КР чи нафтокислотних емульсій з різним часом нейтралізації або стабільності;

- запомпувати КР і/або загущені КР у свердловину через НКТ з пакером (чи без пакера) з найбільш можливою витратою для розкриття тріщини якомога більшої ширини;

- запомпувати в тріщину ПР із витратою та об'ємом, не меншими ніж для кислотного розчину;

- закрити свердловину для виконання заключних робіт.

Розглянемо застосування нової технології КГРП на прикладі Липово-Долинського родовища. Відклади нижньовізейської вапнякової "плити", розкриті перфорацією в інтервалі 4750-4667 м, які оцінюють як нафтонасичені, представлені тріщинуватими вапняками пористістю 3-7% з прошарками аргілітів. Під час освоєння свердловини 35-Липово-Долинської отримано нефонтануючий приплив нафти густиною 832 кг/м³. Пластовий тиск – 57,7 МПа, температура – 117 °С.

Для очищення привибійної зони від забруднень і збільшення проникності пласта проведено КГРП через НКТ із пакером. Витиснули з НКТ в пласт 17,3 м³ пластової води витратою 0,3-0,6 м³/хв за тиску в НКТ до 56 МПа і нагнітали в пласт 13 м³ 10% HCl з витратою 0,45 м³/хв при тиску до 60 МПа. Пластовою водою (30 м³) протиснули в пласт КР витратою від 0,65 м³/хв до 1,2 м³/хв за тиску від 64 МПа до 60 МПа, тобто під час проникнення КР в пласт тиск знизився на 4,0 МПа.

Моделюванням визначено, що під час КГРП створено тріщину висотою 10 м і стан привибійної зони покращився, оскільки втрати тиску в привибійній зоні зменшились удвічі. За даними гідродинамічних досліджень після КГРП на неусталених режимах встановлено гідропровідність пластів на рівні 0,002 мкм²·м/(МПа·с).

В привибійній зоні наявне погіршення фільтраційних характеристик пласта: втрати депресії становили 11,1-12,1 МПа, тому проведено повторний КГРП загущеною КМЦ кислотою.

Під час повторного КГРП витиснули з НКТ в пласт 17,3 м³ пластової води витратою 0,5 м³/хв за тиску в НКТ до 53 МПа і нагнітали в пласт 28 м³ 14% HCl+0,75% КМЦ витратою 0,8 м³/хв за тиску до 63 МПа. Пластовою водою (17 м³) протиснули в пласт КР витратою 0,8 м³/хв за тиску 61-63 МПа і 33 м³ пластової води витратою 1,2 м³/хв за тиску 64 МПа. За меншої витрати спостерігається зниження тиску на 2,0 МПа. Термометричними дослідженнями виявлено зону поглинання рідини, якій відповідає висота тріщини 10 м.

Здійснено моделювання розкриття і розвитку тріщини за програмою Маєра MFгас-II, півдовжина якої становить близько 100 м, висота – 10 м і ширина – від 0,8 до 1,2 мм. Зона обробки тріщини КР становить близько 40 м від стовбура свердловини.

Свердловину ввели в роботу і провели гідродинамічні дослідження. Виявлено покращення гідропровідності пласта до 0,003 мкм²·м/(МПа·с) і зниження втрати депресії в привибійній зоні пласта до 3,75 МПа. Свердловину введено в експлуатацію фонтанним способом із дебітом 2,6 т/д. Додатковий видобуток нафти після КГРП становить 373 т нафти. Таким чином, вперше в Україні успішно здійснено кислотний гідророзрив пласта на відклади вапнякової "плити".

За останні чотири роки на родовищах України проведено 28 КГРП, внаслідок чого додатково видобуто 12608 т нафти і 6401 млн. м³ газу. Середня тривалість роботи свердловин з підвищеним дебітом після їх проведення становить одинадцять місяців.

Таким чином, застосування нових технологій кислотного розриву пласта значно розширило можливості гідравлічного розриву пласта на родовищах України.

Література

- 1 Качмар Ю.Д. Кислотна обробка силікатних колекторів. Механізм і кінетика соляно-кислотної обробки // Нафтова і газова промисловість. – 1993. – № 2. – С. 28-32.
- 2 Качмар Ю.Д. Кислотна обробка силікатних колекторів. Механізм і кінетика глиноокислотної обробки // Нафтова і газова промисловість. – 1994. – № 1. – С. 29-33.
- 3 Качмар Ю.Д., Єгер Д.О. Дослідження розчинення поверхні піщаноалевролітових порід кислотними розчинами // Проблеми нафтогазової промисловості: Збірник наукових праць. – К., 2006. – Вип.3. – С.149-155.
- 4 Пат. 18091 Україна, МПК E21B 43/26. Спосіб кислотного розриву пласта / Качмар Ю.Д., Цюмко В.В., Бурмич Ф.М. та ін. - Опубл. 16.10.2006, Бюл. № 10.
- 5 Тосунов А.М., Кузьмичев Д.Н., Мирошниченко Ю.П. Повышение эффективности солянокислотных обработок в глубоких скважинах // Труды ГрозНИИ, Вып.ХІХ Разработка нефт. месторождений. – М.: Недра, 1965. – С.29-34.
- 6 Добыча нефти. Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений / Под ред. Ш.К. Гиматудинова. – М.: Недра, 1983. – 455 с.

УДК 622.24.051.004.6

АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ОПОР Р-К-Р ТРИШАРОШКОВИХ БУРОВИХ ДОЛІТ

Є.І.Крижанівський, Р.С.Яким, Л.Є.Шмандровський, Ю.Д.Петрина

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 43024,
e-mail: public@nuing.edu.ua

Качество структуры цементированного слоя, а именно равномерность распределения цемента не выше 3 бала, а также оптимальный градиент твердости в направлении от поверхности к сердцевине рабочих поверхностей дают возможность с достаточным уровнем достоверности в заводских условиях прогнозировать эксплуатационные показатели опор. Изучение влияния физико-механических характеристик сталей 14ХНЗМА-Ш, 19ХГНМА-Ш, 19ХГНМА-В на эксплуатационные показатели опор шарошечных долот показало, что сталь 14ХНЗМА-Ш обеспечивает наилучшую отработку. Сталь 19ХГНМА-Ш, 19ХГНМА-В имеют приблизительно одинаковые эксплуатационные показатели, однако сталь 19ХГНМА-Ш обеспечивает более высокую стабильность наработки.

The quality of the cone-hardened layer structure, that is the distribution evenness of cementite below the third mark and also the hardness optimum gradient in the direction from the surface towards the working surfaces cone, allows to predict bearings operation indices in the factory conditions. The study of influence of 14ХНЗМА-Ш, 19ХГНМА-Ш, 19ХГНМА-В steels physico-mechanical properties on the cone rock bits bearings operation indices showed that 14ХНЗМА-Ш steel was the most effective. Operation indices of 19ХГНМА-Ш and 19ХГНМА-В steels are approximately identical. But 19ХГНМА-Ш steel in comparison with 19ХГНМА-В one provides higher stability of work.

Працездатність опор бурових доліт визначається не тільки конструкцією, але і матеріалами деталей, технологією їх виготовлення та зміцнюючою обробкою. Аналізуючи відпрацювання шарошkových доліт, автори [1] виявили тенденцію до підвищення проходки на долото і його довговічність при зменшенні механічної швидкості буріння. Що стосується доліт, виготовлених компаніями “Сміт”, “Рід”, “Сек’юріті” та ін., то їхня якість забезпечує на порядок вищу стійкість порівняно з долотами, виготовленими в Україні та в СНД. Тому аналіз втрати працездатності шарошkových доліт є важливим елементом науково-дослідних пошуків критеріїв підвищення їх довговічності. Невід’ємним елементом цих досліджень є вивчення впливу фізико-механічних характеристик матеріалів елементів опори на її працездатність.

В цьому напрямку здійснено значний поступ [2-11]. Аналіз цих досягнень свідчить, що

у розв’язанні даної проблеми сформувалися декілька напрямків. Серед них можна виділити: підбір раціонального матеріалу деталей [2, 3, 9, 10], оптимізація технологічного процесу зміцнюючої обробки деталей [5, 6, 7, 11], вдосконалення технології виготовлення долотних сталей [4, 8, 11]. Проте вимоги, які ставляться до фізико-механічних, експлуатаційних властивостей матеріалів елементів опори, є суперечливими, а в деяких випадках – взаємовиключними. Відповідно в роботах наявні суперечності стосовно того чи іншого критерію у виборі фізико-механічних властивостей долотних сталей. Це вимагає виявлення та докладного і всебічного вивчення чинників (в першу чергу, фізико-механічних), які впливають на експлуатаційні показники бурових шарошkových доліт.

Аналіз отриманих в [12] епюр навантаження тіл кочення опори дає можливість стверджувати, що в міру зношування опори зростає на-