

АНАЛІЗ ВІДПРАЦЮВАННЯ ДОЛІТ ТИПУ PDC НА РОДОВИЩАХ УКРАЇНИ І СВІТУ

О.Т.Драганчук, Т.О.Пригородська

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15,
тел. (03422) 45369, e-mail: spring@ifdtung.if.ua

Проанализировано использование и отработка долот типа PDC на месторождениях Украины и мира, построены регрессионные зависимости проходки от некоторых факторов: характеристики буримых пород, диаметра инструмента, осевой нагрузки, числа оборотов, объёма промывочной жидкости, давления на забое.

At this article it was analyzed the PDC drill bit running at domestic and world oil and gas fields, based on these data the regression models of rate of penetration as the function of rocks, drill bits' drilling characteristics were build out.

За даними «Брітш Петроліум–Амоко» об'єми розвіданих запасів газу в Україні становлять близько 1% від світових, тоді як її територія — 0,3% від суходолу планети. Таким чином, потенціал України щодо ресурсів газу майже втричі перевищує середньосвітовий, займаючи третє місце в Європі після Нідерландів і Норвегії. На сьогодні нафта та природний газ є енергоносіями, споживання яких у світі є найбільшим, але вуглеводні є обмеженими ресурсами — отже, рано чи пізно їх виробництво має досягти свого максимуму. В 1989 році темп приросту світового видобутку нафти вперше перевищив відсоток збільшення розвіданих її запасів, тому світовий видобуток нафти має досягти свого максимуму вже в недалекому майбутньому. Згідно з прогнозами експертів світовий видобуток природного газу, споживання якого зростає швидше, ніж інших видів палива, буде збільшуватись значними темпами протягом найближчих десятиліть. Потенціал розробки нових родовищ природного газу є найбільшим на Близькому Сході, адже тут знаходиться 41% розвіданих запасів природного газу, а питома вага регіону в загальносвітовому видобутку становить лише 10%. Щодо родовищ України, то тут спостерігається тенденція до збільшення обсягів експлуатаційного буріння на підприємствах нафтогазової промисловості України (2007 р. порівняно з відповідним періодом 2006 р. на 6,4% — до 200,16 тис. м.) та скорочення обсягів розвідувального буріння на 3,7% (до 129,39 тис. м). Зокрема у вересні 2007 року обсяги експлуатаційного буріння склали 20,53 тис. м, розвідувального — 20,18 тис. м [1].

Прогнозований обсяг видобутого природного газу на території України до 2010 року складе 23,5 млрд.м³, до 2015 р. — 25,5 млрд.м³, до 2020 р. — 26,6 млрд.м³, до 2030 р. — 30,1 млрд.м³. Згідно базового сценарію розвитку, обсяги видобутку нафти з газовим конденсатом будуть збільшуватися, досягши рівня 5,1 млн.т./рік до 2010 року і 5,3 млн.т./рік у 2015 році. Надалі обсяги видобутку нафти на власних родовищах стабілізуються на рівні 5,4 млн.т./рік. Усього за прогнозований період

(2006-2030 pp.) буде видобуто 133,9 млн.т. нафти з газовим конденсатом.

Аналізуючи загальносвітові тенденції щодо відпрацювань доліт різних типів, слід зазначити, що відбувається здорожчання вартості буріння через зростання глибин проектного буріння. Одним з методів підвищення якості бурових робіт є розробка бурового інструменту для буріння конкретних свердловин в конкретних геологічних умовах. Враховуючи значну кількість напрацювань в цій галузі і широке застосування комп'ютерних технологій, час від розробки конструкції нового інструменту до впровадження його у виробництво становить 2-3 місяці. Саме тому є потреба в статистичному аналізі відпрацювань доліт на родовищах України з метою виявлення найбільш істотних чинників впливу на механічну швидкість буріння, час буріння, проходку на долото.

У даній роботі аналізуються відпрацювання доліт типу PDC як іноземного, так і власного виробництва. Сьогодні долота такого типу застосовуються, переважно, для буріння порід середніх за твердістю і неабразивних, проте даний тип доліт є надзвичайно перспективним для буріння твердих порід. На даний час співвідношення між обсягами буріння шарошковидами і долотами типу PDC становить приблизно 75% і 25% відповідно, проте найближчим часом (на думку фірм-виробників доліт) становитиме і 50% на 50%.

Сьогодні бурові долота на ринку України представлені долотами власного і закордонного виробництва. Долота типу PDC виготовляються Інститутом надтвердих матеріалів (м. Київ) та Дрогобицьким долотним заводом, що є власністю компанії "Волгабурмаш". Частка імпортних бурових доліт на українському ринку доліт для нафтогазової промисловості складає близько 12%, а гірничорудних - 14%. Основний обсяг імпорту доліт для нафтогазових компаній здійснюють великі міжнародні корпорації: Huges Christensen, Smith Bits, ReedHycalog, Security DBS.

Закордонні виробники постачають на український ринок фактично весь спектр бурових доліт, покриваючи цілком потреби нафтогазо-

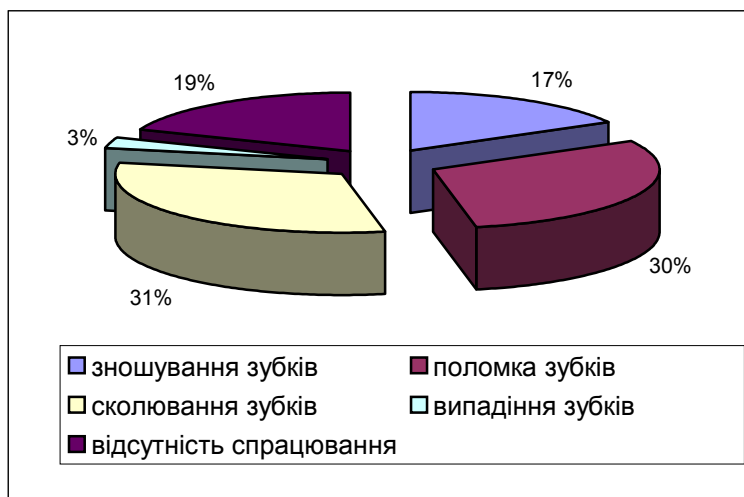


Рисунок 1 – Основні характеристики спрацювання PDC-доліт

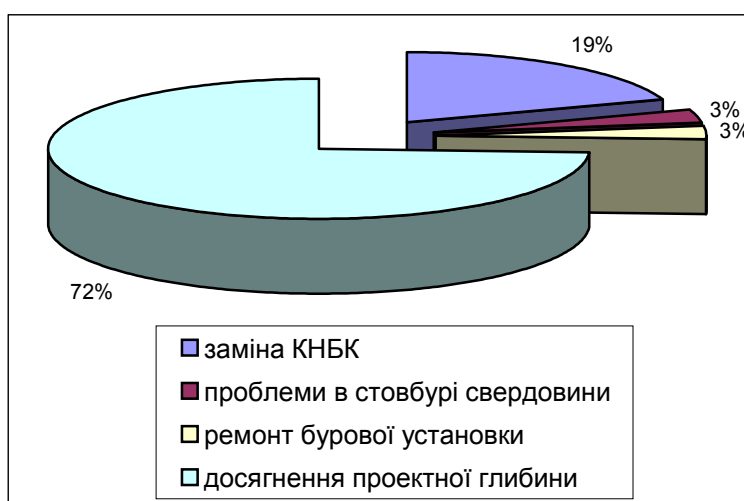


Рисунок 2 – Основні причини підймання доліт

вої галузі за типорозмірами і експлуатаційними характеристиками. Закордонні бурові долота часто не перевершують нові вітчизняні розробки за якістю, однак їх ціна значно вища (від 30% до 3 разів). Широке представництво закордонних виробників бурових доліт на українському ринку пов'язано з їх активною маркетинговою політикою. Закордонні компанії проводять агресивну конкурентну політику, спрямовану на створення регіональних сервісних центрів і залучення висококваліфікованих фахівців з вітчизняних компаній шляхом забезпечення більш вигідних умов праці.

Під час оцінювання відпрацювань доліт порівняльними параметрами є статистичні дані для аналізу представлені витягами з бурових журналів ДП "Укргазвидобування". Буріння відбувалося протягом 2000-2006 років долотами типу PDC як іноземного, так і вітчизняного виробництва. При цьому буріння свердловин здійснювалося, в основному, на глибину до 5000 метрів. Основними розбурюваними породами були породи середньої твердості (кам'яні солі, доломіти, аргіліти, вапняки, пісковики, мергелі тощо); буріння здійснювалося турбін-

ним і роторним способами; максимальне навантаження на долото становило 10 кН, мінімальне – 2 кН; число обертів змінювалося в межах 40-135 об/хв.

Основними характеристиками спрацювання PDC доліт (як власного, так і іноземного виробництва) на родовищах України є: зношування зубків – 17%, поломка зубків – 30%, сколювання зубків – 31%, випадіння зубків – 3% і 19% – відсутність спрацювання (рис. 1).

Основними причинами підймання доліт були: 19% – заміна КНБК, 3% – проблеми у стовбурі свердловини, 3% – падіння швидкості проходки, 3% – ремонт бурової установки, 72% – досягнення проектної глибини (рис. 2).

Для розрахунків включалися відпрацювання доліт PDC тільки на родовищах України. Результати відпрацювань доліт такого типу на світових родовищах не використовувалися для побудови моделі через суттєву розбіжність між даними. Наприклад, за кордоном величина проходки доліт типу PDC, що використовуються для буріння на нафту і газ (за даними фірми Smith Inc), складає в середньому 1067,5 метрів.

Таблиця 1 – Деякі результати відпрацювань доліт типу PDC

Типорозмір долота	Родовище	Породи	Інтервал буріння, м	Середня проходка на долото, м	Середній час буріння, год	Середня механічна швидкість, м/год
Показники роботи алмазних доліт у процесі буріння похилоспрямованих свердловин (родовища Західного Сибіру, дані – “Волгабурмаш”, режимні параметри не представлено)						
220,7 FD220,7 368МН- А80-01	Східно-Сургутське, св. № 2211, 2210, 2220, 2217, 2219, 2212, 2213, 2209	доломіти, аргіліти, мергелі	733-2877	3454,75	98,27	35,16
220,7 FD220,7 368МН- А80-01	Конітлорське, св. № 2120, 3354, 1967, 3308, 3304, 3326, 3322, 1971, 3326, 2143, 3283, 2095, 2097		714-3064	3973,45	142,9	28
220,7 FD220,7 368МН- А80-01	Федорівське, св. № 6909, 5929, 6908, 6828, 1324, 6909, 6813, 4744, 4769		716-2688	3187	98,8	32,3
Показники роботи алмазного долота виробництва Reed-Hycalog на родовищах України (дані ДК “Укрбургаз”), G= 4кН, N= 135 об/хв, Q=35 л/с, P=90 атм						
11 5/8 DS 66	Ново-українка 121	кам’яна сіль	1470-1608	138	26,1	5,28
11 5/8 DS 66	Ново-українка 121	кам’яна сіль	1608-1708	138	43,45	3,17
11 5/8 DS 66	Ново-українка 121	кам’яна сіль	1815-2287	316	135	2,34
11 5/8 DS 66	Ново-українка 121	кам’яна сіль	2620-2682	62	21	2,952
11 5/8 DS 66	Ново-українка 121	кам’яна сіль	3021-3066	45	19,1	2,356
11 5/8 DS 66	Чугово-60	кам’яна сіль	1650-1950	300	183	1,694
11 5/8 DS 66	Чугово-60	кам’яна сіль	1950-2393	443	183	2,42
Долота в-ва ІНМ, України (дані –ІНМ), G= 7кН, N= 80 об/хв, Q=17 л/с, P=90 атм						
ІНМ АП 175/140 С	Кобзівська-51	аргіліт, глина	3331-3374	43	66	0,65
ІНМ АП 214.3 МС	Кобзівська-51	алевроліт	3171-3216	45	10,3	4,37
ІНМ АП 214.3 МС	Кобзівська-59	алевроліт	3014-3060	46	73	0,63
ІНМ АП 214.3 МС	Тарасівське-200	пісковик, аргіліт	4537-4547	16	80,3	0,2
ІНМ АП 214.3 МС	Тарасівське-200	пісковик, аргіліт	4455-4462	7	26,4	0,27
ІНМ АП 214.3 МС	Кобзівка-51	кам’яна сіль	2626-3171	545	197,15	2,76
ІНМ АП 165.3/67 С	Керносівка-1	доломіт, мергель	3809-3822	13	71,15	0,18
ІНМ АП 165.3/67 С	Керносівка-1	доломіт, мергель	3860-3863	3	15,3	0,2

Продовження таблиці 1

Типорозмір долота	Родовище	Породи	Інтервал буріння, м	Середня проходка на долото, м	Середній час буріння, год	Середня механічна швидкість, м/год
ІНМ АП 165.3/67 С	Керносівка-1	доломіт, мергель	3865-3875	10	68,15	0,15
ІНМ АП 165.3/67 С	Керносівка-1	доломіт, мергель	3980-3989	9	65,45	0,14
ІНМ АП 165.3/67 С	Керносівка-1	доломіт, мергель	3896-3906	10	72,45	0,14
ІНМ АП 165.3/67 С	Керносівка-1	доломіт, мергель	3915-3918	3	24	0,13
ІНМ АП 165.3/67 С	Керносівка-1	доломіт, мергель	3924-3931	7	43,3	0,16
ІНМ АП 165.1 С	Кобзівське-31	доломіт, мергель	3569-3598	29	64,15	0,45
ІНМ АП 165.1 С	Кобзівське-31	доломіт, мергель	3618-3762	144	288,15	0,5
ІНМ АП 165.3/67 С	Керносівка-1	доломіт, мергель	3865-3875	10	68,15	0,15

Найвищі показники у біцентричних доліт на родовищах Оману, наприклад, долото ВС75РХ Bicentric 8.375 inc: величина проходки – 4474 м, швидкість буріння – 13,3 м/год.; долото ВС75РХ Bicentric 8.75 inc: проходка – 2310,7 м і швидкість буріння – 24,2 м/год. Решта типів доліт дають результати в межах від 120 до 2250 метрів залежно від оснащення та регіону буріння. Така розбіжність між результатами і режимами буріння пояснюється різницею в технічному рівні інструменту і технічному оснащенні обладнання, у застосуванні нових технологій тощо.

Середня величина проходки для доліт іноземного і вітчизняного виробництва на родовищах України складала 38,4 м./год. у процесі буріння м'яких та м'яких з пропластками середніх за твердістю малоабразивних порід, буріння здійснювалося турбінним і роторним способами, максимальне навантаження на долото становило 14 кН, мінімальне – 1 кН; число обертів змінювалося в межах 40-135 об/хв.

Долота вітчизняного виробництва (як правило, виробництва ІНМ ім. Бакуля) працюють на породах середньої твердості та з пропластками міцних порід (аргіліти, мергелі, доломіти, інтервали понад 2000 м.), тому для них спостерігається значно менші швидкості буріння – до 2 м/год., буріння здійснювалося турбінним і роторним способами, максимальне навантаження на долото становило 10 кН, мінімальне – 2 кН; число обертів змінювалося в межах 40-135 об/хв. Відпрацювання доліт проводилася на Кобзівському, Більському, Східно-Полтавському, Березівському, Святогорському, Абазівському та ін. родовищах).

Слід зазначити, що виробництво доліт ІНМ (долота типу ІСМ) почалося в 1967 році результати їх застосування в багатьох регіонах країни отримано значний техніко-економічний ефект. Долота знайшли широке застосування на Поволжі, Кубані, в Пермській області, респуб-

ліці Комі, Таджикистані, Білорусії, Туркменії. У багатьох об'єднаннях проходка на долото була на порядок вищою, ніж у разі застосування шарошкових доліт. Наприклад, в об'єднанні «Таджикнефть» на одне з ріжучих доліт отримано проходку на долото 2118 м. На інше долото відзначена рекордна проходка – 2600 м. В Україні в районі м. Львова досягнуто величини проходки на долото 2119 м.

Порівнюючи показники роботи доліт іноземного та вітчизняного виробництва, слід зазначити, що долота іноземного виробництва хоч і мають значно вищу вартість, та в деяких випадках мають суттєву перевагу за рахунок скорочення часу СПО і суттєвого зменшення величини спрацювання. Так, наприклад, на родовищах Новоукраїнське, Чутове, Розпашна долото 11 5/8 DS 66Н пробурило 4230 м, відпрацювавши 1442,5 год із середньою швидкістю буріння 2,97 м/год. В той же час на Новоукраїнській площі було використано 29 шарошкових доліт, на Чутовській – 5, на Розпашнянській – 11, всього 35 шарошкових доліт в майже однакових розрізах та інтервалах буріння (долота працювали на м'яких породах і породах середньої твердості (переважно кам'яні солі) на глибинах до 4000 м). Хоча, питання про застосування тих чи інших доліт повинно вирішуватися комплексно і конкретизовано для кожного випадку.

Щодо інформації про відпрацювання доліт на родовищах СНД, де монополістом на ринку виробників доліт є ВАТ «Волгабурмаш» (частка ринку – до 72%), у 2007 році кількість алмазних доліт виробництва ВАТ «Волгабурмаш», що застосовувалися на родовищах Західного Сибіру, збільшилося в 7 разів, а середня проходка на долото зросла утричі.

Крім того, показники роботи таких доліт на аргілітах, доломітах, мергелях (Західно-Оренбурзька площа) за навантаження 8-10 кН склали:

– для партії експериментальних доліт PDC 149,2 FD 353M-A34 середня проходка - 1100 м, середня швидкість - 1,8 м/год, стійкість - 700 годин;

– для партії експериментальних доліт PDC 295,3FD-257M-A27M механічна швидкість -2,38 м/год, величина проходки - 1300 м;

– для партії експериментальних доліт PDC 293,0 FD-388MH-A44 механічна швидкість -4,35 м/год, величина проходки - 2000 м;

– для партії експериментальних доліт 295,3 FD 257M-A27M, 295,3 FD257SM-A47-01 механічна швидкість - не повідомляється, величина проходки - близько 11000 м;

– для партії експериментальних доліт для горизонтального буріння 220,7 FD368 MH-A80-механічна швидкість -15 м/год, величина проходки близько 1810 м;

– партія експериментальних доліт 220,7 FD368 MH-A80-01 (буріння спрямованих свердловин, Федорівське родовище) механічна швидкість - 69,2 м/год, величина проходки - 1358 м;

– на родовищах БК «Євразія» хороші результати показують долота 215,9 FD 368SM-A59, зокрема, 215,9 FD 368SM-A59-05. Ця конструкція відрізняється від попередніх модифікацій зміненою схемою перекриття вибою різцями PDC і профілем лопатей ріжучої частини долота. Було отримано такі результати: проходка - 6444 м, стійкість - 302,8 год., механічна швидкість - 21 м/год. Рекордна проходка для даного типу долота склала 8577 м;

– для партії доліт 215,9 AUL-LSP43ZR-R820, що була відпрацьована на родовищах ВАТ «Славнефть-Мегионнефтегаз» середня проходка на долото - 641,5 м, середня стійкість - 38,54 год., середня механічна швидкість - 16,64 м/год. Завдяки використанню нового металевого ущільнення по проходці показники були вищі на 39% порівняно з показниками доліт раніше застосовуваних конструкцій.

У ході відпрацьовування доліт конструкції 295,3 FD257SM-A47M на родовищах БК «Євразія» проходка склала 7110 м, а механічна швидкість - 59,67 м/годину. Цю конструкцію відрізняє застосування PDC різців діаметром 13 мм на калібруючій частині долота, що забезпечує підвищену зносостійкість на вибої.

Деякі результати відпрацьовування доліт наведені в таблиці 1.

Для аналізу і подальшого моделювання було опрацьовано 200 записів. Було побудовано дві окремі залежності для оцінювання відпрацьовань доліт вітчизняного та іноземного виробництва. ДЗ метою статистичної оцінки і прогнозування величини проходки було використано лінійну багатofакторну регресійну модель у вигляді: ROP (rate of penetration) = $m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3 + \dots + m_i \cdot x_i$ (x_i - аналізований параметр). Всього було визначено 6 чинників впливу, а саме: характеристики розбурюваних порід, згідно [2], діаметр бурового долота, навантаження, число обертів, об'єм промивної рідини, тиск на вибої. Звісно, дані параметри

далеко не повністю описують всі можливі чинники впливу, проте вони були вибрані нами тому, що саме вони фіксуються у бурових журналах. Для доліт вітчизняного виробництва додатковим параметром був тип буріння (1 – роторний, 2 – турбінний).

Для доліт іноземного виробництва маємо:

$$ROP = -10,16 \cdot x_1 - 52,86 \cdot x_2 + 6,71 \cdot x_3 + 150,4 \cdot x_4 + 0,307 \cdot x_5 + 218,2 \cdot x_6 + 972,23$$

Коефіцієнт кореляції побудованої моделі становить 0,9999, що свідчить про її високу достовірність і можливість застосування для подальшого прогнозування. Найбільш істотними факторами впливу є в порядку спадання: навантаження на інструмент, число обертів, тиск на вибої.

Для доліт власного виробництва побудована модель має вигляд:

$$ROP = +1.29344 \cdot x_1 - 1.1684 \cdot x_2 - 0.43727 \cdot x_3 + 2.031 \cdot x_4 - 11.937 \cdot x_5 - 1.6282 \cdot x_6 - 1.1555 \cdot x_7 + 126.1088.$$

Коефіцієнт кореляції побудованої моделі становить 0,3322, що свідчить про її низьку достовірність і неможливість застосування для подальшого прогнозування, а також свідчить про низьку залежність вихідного параметра від аналізованих даних, що не дає змогу визначити ступінь впливу кожного з параметрів. Слід зазначити, що решта моделей (наприклад, логарифмічна, експоненційна і тощо), які застосовувалися для математичного моделювання величини проходки, також давали низький рівень збіжності. Це свідчить про необхідність подальших досліджень в напрямку аналізу і підбору даних буріння, оскільки буріння долотами PDC дає змогу полегшити бурові роботи, скоротити терміни спорудження свердловин, особливо у процесі буріння глибоких свердловин, а відсутність рухомих елементів конструкції доліт виключає виникнення аварійних ситуацій.

Конструкція цього типу доліт забезпечує тривалий ресурс експлуатації і високі швидкості буріння за рахунок високої зносостійкості ріжучих елементів PDC-різців, відсутності підшипникової опори, що підвищує проходку інструменту і зменшує кількість опускально-підіймальних операцій. Незначний вплив динаміки роботи долота на вибої і бурильну колону (порівняно з шарошковими) та висока зносостійкість різців калібруючої поверхні виключають необхідність проробки і калібрування стовбура свердловини перед опусканням обсадної колони.

Література

1 Архипов А.Г. Классификация горных пород для выбора породоразрушающего инструмента / А.Г.Архипов, Г.А.Блинов // Разведка и охрана недр. – 2001. – №1.

2 Сайфутдинов А.Б. Эффективность использования долот PDC / А.Б.Сайфутдинов, М.Ю.Шарнин // Нефтяное хозяйство. – № 9. – 1998.