

УДК 622.243

Д. М. Мартинюк, Я. В. Кунцяк, Я. С. Гаврилов, канд. техн. наук

ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту», м. Київ, Україна

РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОРОДОРУЙ-НІВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ РІЗАЛЬНОЇ ДІЇ ПРИ ВІДБОРІ КЕРНА В ПОХИЛО- СПРЯМОВАНИХ І ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИНАХ

The article is devoted to development of PDC core bits for drilling of inclined and horizon-tal wells. Analytical researches and field tests indicate a necessity of new PDC bit designs for over-all economics improvement of drilling inclined and horizontal wells with a downhole motor appli-cation. Development of the fixed cutter bit designs with low energy consumption is necessary. Four PDC core bit designs with low energy consumption for drilling by downhole motors of inclined and horizontal wells were successfully tested and introduced.

Ефективне застосування породоруйнівних інструментів різальної дії, оснащених полікристалічними алмазними різцями (ПАР), при бурінні нафтогазових свердловин можливе тільки шляхом їх правильного підбору та розробки для заданих геолого-технічних умов, дотримання рекомендованих оптимальних параметрів режиму буріння і чіткої організації робіт. В останні роки підбір, розробка та параметри відпрацювання бурових доліт з ПАР стали більш наближеними до конкретних умов застосування, що вимагає спільних зусиль дослідників, конструкторів, польових інженерів, технічних менеджерів і замовника.

Деякими зарубіжними компаніями створюються спеціальні команди, які здійснюють підбір долота або його проектування відповідно до геолого-технічних параметрів свердловини, бурового устаткування, що використовується, та рекомендованих параметрів робочого режиму [1].

Важливим завданням є розробка і впровадження породоруйнівних інструментів з ПАР для будівництва похило-спрямованих та горизонтальних свердловин (ПС і ГС), де утруднені підведення й контроль величини осьового навантаження на долото, а також існують обмеження з максимальних лінійних розмірів компоновок низу бурильної колони (КНБК). Проведені аналітичні і промислові дослідження показують, що негативний вплив на техніко-економічні показники буріння вибійними двигунами зазначених свердловин із застосуванням доліт різальної дії має їх підвищена енергоємність, зумовлена високим робочим крутним моментом [2]. Високий крутний момент призводить до перебоїв у роботі вибійного двигуна при чергуванні гірських порід за літологічним складом і твердістю або навіть незначному збільшенню осьового навантаження на інструмент.

Одним із перспективних напрямків вирішення даної проблеми вважається створення породоруйнівних інструментів різальної дії з пониженою енергоємністю роботи [3]. Зокрема нами створено ряд типорозмірів відповідних бурильних головок (бурголовок) для буріння вибійними двигунами ПС і ГС із відбором керна.

Як відомо, при бурінні слабозцементованих (пухких), сильно тріщинуватих та піщано-глинистих гірських порід, які досить часто складають продуктивні горизонти, кут нахилу свердловини може спричинити недостатній для наступних досліджень рівень виносу керна [4]. Такі складні геолого-технічні умови вимагають застосування досконалої керновідбірної техніки та породоруйнівних інструментів із ПАР, які мають меншу динамічність роботи й вищий потенціал по стійкості в порівнянні з шарошковими бурголовками.

На відміну від суцільного буріння, ситуація ускладнюється ще й тим, що при ефективно-му осьовому навантаженні потужності вибійного двигуна має вистачати не тільки, щоб перебороти високий крутний момент бурильної головки різальної дії, але й на обертання керноприймального пристрою з масивним корпусом. Як відомо, в свердловинах з великими zenітними кутами КНБК лежить на нижній стінці свердловини, що значно збільшує зусилля тертя.

Слід зауважити також, під час буріння з відбором керна слід обмежувати самовільні зупинки вибійного двигуна, оскільки вони негативно впливають на збереженість стовпчика гірської породи і призводять до його втрат.

Зазначені чинники підтверджують актуальність створення для відбору керна породоруйнівних інструментів, оснащених ПАР, з пониженою енергоємністю буріння. Особливо важлива розробка нових конструкцій бурголовок різальної дії для свердловин малих діаметрів, в яких внаслідок зменшеного поперечного перерізу стовпчика гірської породи ускладнене збереження його цілісності.

В результаті проведених нами наукових досліджень було розроблено шість конструкцій породоруйнівних інструментів для відбору керна діаметром 100; 67 та 52 мм (табл. 1). Метою розробок було забезпечення ефективного відбору керна в продуктивних горизонтах ПС і ГС під час застосування вибійних двигунів.

З метою пониження енергоємності роботи профіль різальної частини бурильних головок виконано у вигляді двох форм – круглоступінчастої та обернено-конусної, які формують відповідно периферійну ділянку вибою і керноутворюючу поверхню.

Для буріння з відбором керна діаметром 100 мм в свердловинах, попередньо проведених шарошковими долотами діаметром 215,9 мм, розроблено бурголовки АП-212,7/100 МС із різною кількістю лопатей–8, 6 та 5 шт. (див. табл. 1). Вони сконструйовані для заданих умов використання в ПС і ГС з метою покращання техніко-економічних показників буріння.

Таблиця 1. Бурильні головки, оснащені ПАР, пониженої енергоємності для буріння ПС і ГС з відбором керна

Шифр бурильної головки		АП-212,7/100 МС-8/6/5	АП-144,4/67 МС	АП-123/52 МС	АП-118/52 МС
1		2	3	4	5
Діаметр, мм	Бурильної го- ловки	212,7	144,4	123	118
	Керна	100	67	52	52
Кількість, шт.	Лопатей	8/6/5	6	6	6
Кількість, шт.	ПАР	28/21/18	13	11	11
	Клиновидних вста- вок	28/21/17	11	10	10
	Калібрувальних вставок	56/42/35	51	52	52
	Керноутворюючих вставок	16/12/10	12	12	12
Приєднувальна різьба		3-161 за ГОСТ 28487- 90	МК- 112x4x1:32 за ОСТ39- 226-91	МК- 94x4x1:32 за ОСТ39- 226-91	МК- 94x4x1:32 за ОСТ39- 226-91

У табл. 2 наведено прогнозні енергетичні характеристики роботи серійної ИСМ АП-212,7/100 МС та нових АП-212,7/100 МС-8/6/5 конструкцій бурильних головок, визначених за допомогою розробленої нами математичної моделі [5]. Розрахунки здійснено для умов буріння однорідних м'яких і середньої твердості порід за рекомендованого допустимого максимального осьового навантаження $G = 70$ кН та кутової швидкості обертання $w = 2$ с⁻¹.

Таблиця 2. Прогнозні енергетичні характеристики роботи серійної ИСМ АП-212,7/100 МС та нових АП-212,7/100 МС-8/6/5 конструкцій бурильних головок

Шифр бурильної головки	Гірські породи	A_v , $\times 10^7$ Нм/м ³	M , кНм	v_M , $\times 10^{-3}$ м/с
ИСМ АП-212,7/100 МС	Середньої твердості	23,27	5,61	17,57
	М'які	5,18	5,92	83,27
АП-212,7/100 МС-8	Середньої твердості	17,67	4,54	18,72
	М'які	3,84	5,05	95,93
АП-212,7/100 МС-6	Середньої твердості	16,18	4,58	20,62
	М'які	3,51	5,09	105,63
АП-212,7/100 МС-5	Середньої твердості	15,54	4,60	21,56
	М'які	3,37	5,10	110,49

Як впливає з розрахункових величин, наведених у табл. 2, конструкції бурголовок пониженої енергоємності роботи мають кращі показники у порівнянні з серійним інструментом під час буріння порід м'яких і середньої твердості щонайменше за величиною:

питомої об'ємної роботи руйнування A_v – в 1,32–1,35 рази;

необхідного крутного моменту M – в 1,17–1,24 рази;

механічної швидкості v_M – на 6–13 %.

Зменшення кількості лопатей від 8 до 5 дозволяє досягти при бурінні порід різної середньої твердості:

пониження величини A_v більше, ніж на 12 %;

підвищення v_M не менше, ніж на 13 %.

Породоруйнівні інструменти під шифрами АП-144,4/67 МС, АП-123/52 МС та АП-118/52 МС (див. табл. 1) призначені для буріння з відбором керна у свердловинах малих діаметрів відповідно 146; 124 і 120,6 мм.

Виготовлення всіх дослідних зразків і партій бурильних головок з пониженою енергоємністю проводилось на Експериментальному заводі Інституту надтвердих матеріалів (ІНМ) імені В. М. Бакуля НАН України. Для оснащення породоруйнівних інструментів використано алмазно-твердосплавні пластини виробництва ІНМ. Всього виготовлено п'ять конструкцій бурголовок із запропонованим найменш енергоємним профілем різальної частини для заданих умов буріння ПС і ГС: АП-212,7/100 МС-8, АП-212,7/100 МС-5, АП-144,4/67 МС, АП-123/52 МС і АП-118/52 МС.

Промислові випробування та впровадження розроблених породоруйнівних інструментів здійснювали під час буріння вибійними двигунами ПС і ГС на нафтогазових родовищах ВАТ «Укрнафта» й ВАТ «Татнефть». На даний час отримано результати відпрацювання чотирьох конструкцій бурильних головок із пониженою енергоємністю роботи: АП-212,7/100 МС-8, АП-144,4/67 МС, АП-123/52 МС і АП-118/52 МС (табл. 3).

Усього під час відбору керну в ПС і ГС було використано таку кількість породоруйнівних інструментів за типорозмірами:

АП-118/52МС – 2 шт.;

АП-123/52МС – 3 шт.;
 АП-144,4/67МС – 3 шт.;
 АП-212,7/100 МС-8 – 15 шт.

Сумарний економічний ефект від використання бурильних головок з пониженою енергоємністю роботи під час буріння вибійними двигунами ПС і ГС становив більше 440 тис. грн.

Найвагоміші результати відпрацювання отримано для бурильних головок з пониженою енергоємністю АП-212,7/100 МС-8, які використано при відборі керна в ПС і ГС на родовищах ВАТ «Татнефть» 15 шт. Нами здійснено порівняння техніко-економічних показників роботи – відносної вартості метра проходки і механічної швидкості буріння – для нових АП-212,7/100 МС-8 та серійних ИСМ АП-212,7/100 МС (виробництва ІНМ НАН України) 11 шт.; БИТ-212,7/100 С92 (ТОВ НВП «Буринтех», Росія) 9 шт.; У-212,7/100 СТ-37С (СП ЗАТ «Удол», Росія) 7 шт. конструкцій бурголовок, оснащених ПАР, які застосовувались співробітниками ЗАТ «НДІКБ бурового інструменту» при відборі керна в зазначеному регіоні.

Зважаючи на обмеження проходки за рейс під час буріння з відбором керна, яке визначалось максимальною довжиною керноприймальника і становило не більше 7 м., та широкий часовий діапазон на допоміжні операції (видалення керна з керноприймального пристрою, промивання свердловини тощо), що не залежали від якості породоруйнівного інструменту, вираховували відносну вартість 1 м проходки. Нами прийнято у першому наближенні однакові умови відпрацювання або однакові витрати часу на спуско-підймальні та допоміжні операції для всіх бурголовок, а зазначена відносна вартість визначалась за формулою:

$$V_{мп} = V_{бр.} / П_c,$$

де $V_{бр.}$ – вартість бурильної головки, грн.;
 $П_c$ – середня проходка на бурголовку, м.

В наслідок розрахунків отримано, що відносна вартість 1 м проходки для бурильних головок АП-212,7/100 МС-8 із пониженою енергоємністю роботи в 1,3 – 1,6 разів менша за аналогічні показники серійних породоруйнівних інструментів за вищої в 1,3 – 2,2 разів механічної швидкості буріння.

Таблиця 3. Показники роботи бурильних головок із пониженою енергоємністю руйнування гірських порід під час відбору керна в ПС і ГС

Шифр і номер бурголовки / номер свердловини, родовище	Інтервал буріння		Параметри стовбура свердловини		Показники поглиблення				
	Від	До	Зенітний кут, град.	Відхилення від вертикалі, м	Проходка, м	К-сть рейсів, шт.	Мех. швидкість буріння, м/год.	Вихід керна	
								м	%
АП-118/52 МС № 33316 / 155, Качанівське	2117,0	2169,0	44–45	55	23,9	17	0,92	21,7	91
	2197,0	2197,7	91	120	0,7	1	1,4	0,7	100
Усього на бурильну головку АП-118/52 МС № 33316			44–91	55–120	24,6	18	0,92	22,4	91
АП-123/52 МС № 33167 / 4583г, Бавлинське	1531,0	1557,0	89,5–90,5	520–540	20,0	20	4,2	20,0	100

Окончание таблицы 3

АП-144,4/67 МС № 33165 / 38288г, Куакбашське	924,8	931,8	90,0	375	7,0	3	5,18	7,0	100
АП-144,4/67 МС № 33165 / 37805г, Куакбашське	1027,0	1067,0	88,7	447	21,2	10	3,76	18,4	86,8
АП-144,4/67 МС № 33165 / 38151г, Куакбашське	851,0	861,0	39,0	281	10,0	4	2,4	10,0	100
Усього на бурильну головку АП-144,4/67 МС № 33165			39,0–90,5	281–540	38,2	17	3,6	35,4	92,7
АП-212,7/100 МС-8 № 32783 / 1073г, Ашалчинське	1361,0	1461,0	88–91	1020	100,0	21	1,9	99,0	99,0
АП-212,7/100 МС-8 № 33491 / 38275г, Куакбашське	939,0	1010,0	72	710–737	71,0	19	1,42	71,0	100

Висновки

1. В результаті проведених аналітичних і промислових досліджень визначено, що для покращання техніко-економічних показників відбору керна в похило-спрямованих та горизонтальних свердловинах під час використання вибійних двигунів, необхідне створення породоруйнівних інструментів різальної дії з пониженою енергоємністю буріння.

2. За результатами проведених досліджень розроблено й виготовлено п'ять конструкцій бурильних головок із запропонованим найменш енергоємним профілем різальної частини для заданих умов буріння похило-скерованих та горизонтальних свердловин.

3. Успішно випробувано і впроваджено при відборі керна в похило-спрямованих та горизонтальних свердловинах такі конструкції бурильних головок з пониженою енергоємністю буріння: АП-118/52 МС, АП-123/52 МС, АП-144,4/67 МС та АП-212,7/100 МС-8.

4. Найбільш вагомі результати відпрацювання отримані для бурильних головок з пониженою енергоємністю роботи АП-212,7/100 МС-8, яких використано при відборі керна в похило-спрямованих і горизонтальних свердловинах на родовищах ВАТ «Татнефть» 15 шт. Відносна вартість 1 м проходки для них в 1,3 – 1,6 разів менша за аналогічні показники серійних породоруйнівних інструментів за вищої в 1,3 – 2,2 рази механічної швидкості буріння.

Література

1. Cory C., Turner E. Case-specific designs improve drill bit performance // Oil & Gas Journal. – Mar. 17, 2003. – P. 56 – 59.
2. New PDC design process solves challenging directional application in Abu Dhabi onshore fields / Al-Suwaidi A., Abou Soliman A., Klink Z., Isbell M., Dykstra M. and Jones C. // Paper SPE 79796 presented at the SPE/IADC Drilling Conference, The Netherlands. – 19-21 February, 2003.
3. Мрозек Р. Є. Удосконалення техніки та технології відбору керна в похило спрямованих та горизонтальних свердловинах: Дис. канд. техн. наук: 05.15.10 / Івано-Франківський нац. техн. університет нафти і газу. – Івано-Франківськ, 2004. – 127 с.
4. Кунцяк Я. В., Мартынюк Д. М., Молодило В. И. Повышение эффективности бурения на-

клонно-направленных и горизонтальных скважин // Нефтяное хозяйство. – 2007. – № 1. – С. 36–39.

5. Кунцяк Я. В., Мартинюк Д. М. Математична модель для розрахування раціональної форми різальної частини долота // Нафтова і газова промисловість. – 2006. – № 3. – С. 12 – 16.

Поступила 19.06.07.