



УДК 622.226

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ БУДІВНИЦТВА ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ ВАЖКОВИДОБУВНИХ І ВИСНАЖЕНИХ ЗАПАСІВ НАФТИ ТА ГАЗУ

М. В. Ткаченко,

асистент, кафедра обладнання нафтових і газових промислів,
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка.

С. М. Жабський,

викладач, Полтавський коледж нафти і газу
Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка

У науковій роботі проведено аналіз технологій і технічних засобів будівництва похилих і горизонтальних свердловин. Розглянуте питання про актуальність і ефективність застосування роторних керованих систем (РКС). Проведено порівняння показників буріння із застосуванням РКС в порівнянні з бурінням аналогічних інтервалів гвинтовим вибійним двигуном. Проведений широкий аналіз досвіду застосування роторних керованих систем на різних родовищах. Зроблений висновок про великі перспективи даної технології не дивлячись на високу вартість і незначні проблеми, що виникають в ускладнених гірничо-геологічних умовах буріння.

Ключові слова: роторна керована система, гвинтовий вибійний двигун, кривий перехідник, горизонтальна свердловина, клиновий відхилювач, силова роторна керована система

ANALYSIS OF TECHNOLOGY AND MEANS OF HORIZONTAL WELLS FOR THE EXTRACTION OF HARDLY RECOVERABLE AND DEPLETION OF OIL AND GAS RESERVES

M. Tkachenko,

assistant, Department equipment oil and gas fields,
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University.

S. Zhabskyi,

lecturer, Poltava oil and Gas College,
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

In a scientific paper analyzes the technologies and means of construction of inclined and horizontal wells. In scientific work the question of the relevance and effectiveness of the rotary steerable systems (RSS). A comparison of drilling using RSS compared with drilling the same interval downhole drilling motors. Conducted a broad analysis of experience with rotary steerable systems on different fields. The conclusion about the great prospects of this technology in spite of the high costs and minor problems in complicated geological conditions of drilling.

Keywords: rotary steerable systems, downhole drilling motors, bent, horizontal completion, whipstock, power rotary steerable systems

Вступ. За доведеними запасами вуглеводнів Україна займає третє місце в Європі, поступаючись лише Великобританії та Норвегії. Промислова розробка нафти під Бориславом почалася ще в 1886 р. У 1908–1910 рр. надра нинішньої Івано-Франківської та Львівської областей давали 1,5...2,0 млн. т

нафти щорічно (третій показник після США та Азербайджану). Із тієї пори в Україні видобуто понад 385 млн. т сировини, в тому числі 95 млн. т – за роки незалежності.

За даними Міністерства енергетики та вугільної промисловості України, початкові потенційні ресурси вуглеводнів в Україні

оцінюються в 9,3 млрд. т умовного палива, у тому числі нафти і газового конденсату – 1,6 млрд. т (17,6 %), вільного газу – 7,3 трлн. куб. м (77,8 %). На державному балансі перебувають 296 родовищ, зокрема 67 нафтових, 10 газонафтових і нафтогазових, 51 нафтогазоконденсатне, 70 газових і 98 газоконденсатних, початкові розвідані запаси яких (категорій А + В + С1) становлять 3,5 млрд. т умовного палива. При цьому початкові ресурси нафти розвідані на 37 %, вільного газу – на 39 %, а частка накопиченого видобутку становить відповідно 27 і 26 %. Інакше кажучи, близько трьох чвертей (6,8 млрд. т у. п.) потенційних ресурсів ще перебуває в надрах (три чверті – на суходолі, чверть – на шельфі Чорного та Азовського морів), причому 5,8 млрд. т у. п. із них важаються нерозвіданими [1].

Маючи в розпорядженні такі ресурси вуглеводнів, національна економіка не повинна відчувати їхню нестачу. І це було б так, якщо технічні й технологічні можливості нафтогазового комплексу країни, закладені в радянський період, не були б майже повністю вичерпані. Та надрокористувачі не поспішають інвестувати в розвідку й пошук, передусім прагнучи експлуатувати запаси, підготовлені ще в кінці ХХ ст.

Між тим, більшість із 236 українських родовищ, що перебувають у промисловій експлуатації, є дуже малими, маючи початкові запаси до 1 млн. т нафти і (88 % розвіданих) і до 1 млрд. куб. м газу (43 %). Понад 57 % запасів (зокрема всі Прикарпатські) є важковидобувними, а 5,0 млрд. т умовного палива припадає на нерозвідані ресурси категорій С2 + С3 + D1 + D2. Із поточних видобутих запасів нафти 71 % (близько 105 млн. т) належать до категорії С1 і лише 29 % – до А + В, при тому що максимальний рівень видобутку, досягнутий в Україні в 1970-х (для нафти з газовим конденсатом – 14.5 млн. т у 1972 р.), було забезпечено завдяки десяти родовищам виснажених сьогодні на 90...98 % [1].

Повніше вилучення багатств з наших надр є найважливішим завданням нафтогазовидобувних підприємств. Але, на жаль, при розробці родовищ внаслідок недосконалості техніки і технології в надрах залишається велика кількість корисних копалини. Сьогодні в Україні майже не використовуються створені закордонною та вітчизняною нафтогазовою наукою технології й технічні засоби для розвідки й розробки родовищ, максимального вилучення важковидобувних і виснажених запасів нафти та газу, підвищення нафто-

газовіддачі пластів. Україна суттєво відстає від інших європейських країн за показниками інноваційної діяльності.

Розбурювання нафтових і газових родовищ похилим способом і особливо горизонтальними (ГС) і розгалужено-горизонтальними свердловинами (РГС) є ефективним методом формування оптимальної системи розробки, а також відновлення продуктивності родовищ, що знаходяться на пізній стадії експлуатації.

Розкриття продуктивної товщі горизонтальними і розгалужено-горизонтальними стовбурами свердловин збільшує площу фільтрації, виключає можливість надходження води в процесі експлуатації та воно особливо ефективно для низькопроникних колекторів, а також колекторів з вертикальною тріщинуватістю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Основні теоретичні положення та практика застосування технології горизонтального буріння при розробці нафтових і газових родовищ висвітлені в працях ряду дослідників: Р. Г. Абдулмзітова, Ф. А. Агзамова, Ю. А. Волкова, А. М. Грігоряна, В. Г. Грігулецького, Р. Р. Ібатулліна, А. І. Ібрагімова, В. А. Іктісанова, Г. Г. Ішбаєва, В. І. Кудінова, Р. Х. Муслімова, Р. С. Хисамова, Н. І. Хісамутдінова, В. Ф. Чекушина, В. В. Черних, Х. Г. Шакірова, І. Г. Юсупова, З. А. Янгуразової, D. K. Babu, R. M. Butler, M. J. Economides, C. A. Ehlig-Economides, K. M. Giger, P. A. Goode, S. D. Joshi, F. J. Kuchuk, G. J. Lichtenberger, A. S. Odeh, R. Raghavan, R. Suprunowicz, R. K. Thambunayagam та інших.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Збільшення об'ємів видобутку вуглеводнів пов'язане з введенням в експлуатацію нових площ, а також дорозробкою раніше відкритих родовищ. Вирішення цих завдань неможливо без будівництва похило-направлених свердловин, відпрацювання методик проектування та коректування їх траєкторії, вдосконалення техніки та технології направленої буріння. При проектуванні свердловин оператори все частіше закладають складні траєкторії для розкриття віддалених об'єктів, розробки декількох покладів однією свердловиною, проникнення вглиб пласта і подолання розривних порушень. Перед компанією-оператором неминуче постає питання вибору найбільш економічної технології буріння таких свердловин. Оскільки похилі та горизонтальні свердловини дорожчі за вертикальні, навіть помірне підвищення

ефективності їх проводки може забезпечити значну економію.

Мета даної праці – узагальнення і аналіз технологій і технічних засобів будівництва горизонтальних свердловин, що сприятиме вибору найбільш прийняттого варіанта комплектування бурового інструменту для ефективного проходження похилих і горизонтальних ділянок.

Виклад основного матеріалу досліджень.

На сьогодні вершиною розвитку похило-скерованого буріння є складні горизонтальні свердловини та свердловини з великим відхиленням від вертикалі.

Навмисне відхилення стовбура свердловини від вертикалі увійшло в практику в кінці 1920-х рр., коли оператори шукали способи зарізати бічні стовбури в обхід перешкодам, бурити похилі свердловини для глушіння інших свердловин і обходити наземні культурні об'єкти; технології похилого

буріння застосовували навіть для запобігання викривлення вертикальних свердловин [2].

Технологія контрольованого похилого буріння розвивалася поступово. Для відхилення компоновки низу бурильної колони (КНБК, англ. ВНА) від вертикалі в свердловині встановлювалися клинові відхилювачі (*whipstock*); буріння проводилося традиційними роторними компоновками. Принцип дії клинового відхилювача простий: він являє собою довгий сталевий клин, увігнутий з одного боку, для утримання та спрямування бурової компоновки. Клиновий відхилювач можна встановити як у відкритому, так і в обсадженому стовбурі (рис. 1). Його спускають на необхідну глибину, орієнтують на бажаний азимут, а потім закріплюють, створюючи направляючу для початку відхилення стовбура від вертикалі. Проте направлені свердловини, створені за такою технологією, часто не досягали цільових пластів, маючи значні відхилення від заданих азимутів [4].

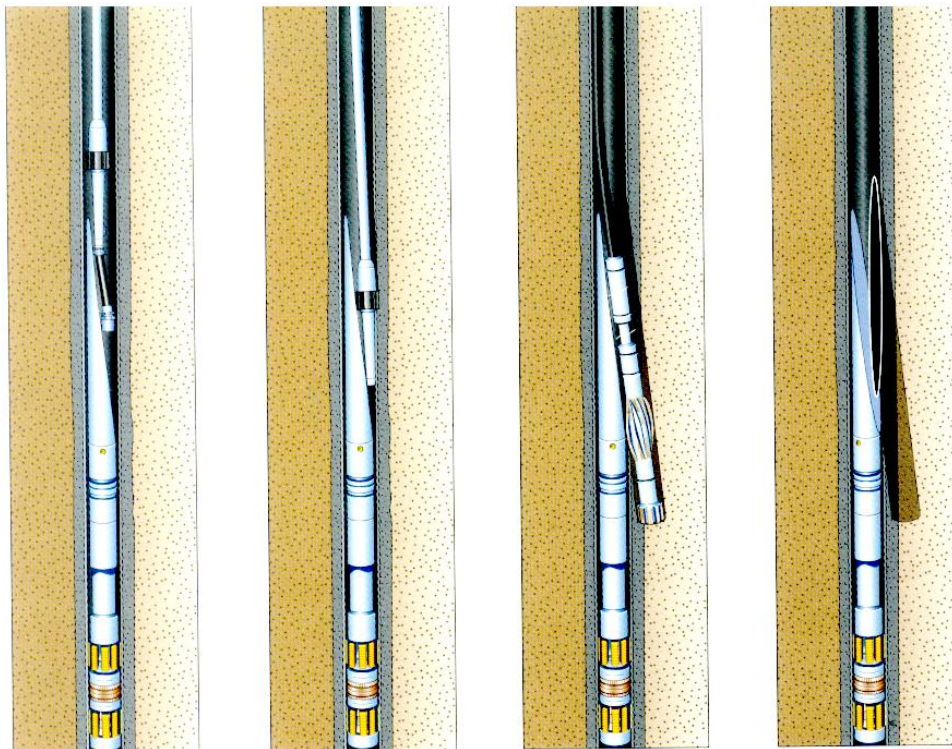


Рис. 1. *Послідовність прорізання «вікна» в обсадженому стовбурі при використанні клина-відхилювача*

У неvertикальних ділянках свердловин з нахилом більше 12 градусів при необхідності подальшої зміни zenітного кута застосовувалася вибійна роторна компоновка із стабілізаторами й обважненими бурильними трубами (рис. 2), яка створює на долоті відхиляюче навантаження.

Опорна компоновка (*build assembly*) застосовується для набору кута. Внаслідок то-

го, що в такій компоновці наддолотний стабілізатор бурильної колони розташовується під декількома ОБТ, вона прагнуче нарощувати кут при наданні навантаження на долото (на рис. 3 ліворуч). У такій конфігурації ОБТ над стабілізатором згинатимуться, а наддолотний стабілізатор відіграватиме роль точки опори, штовхаючи долото до верхньої частини свердловини.

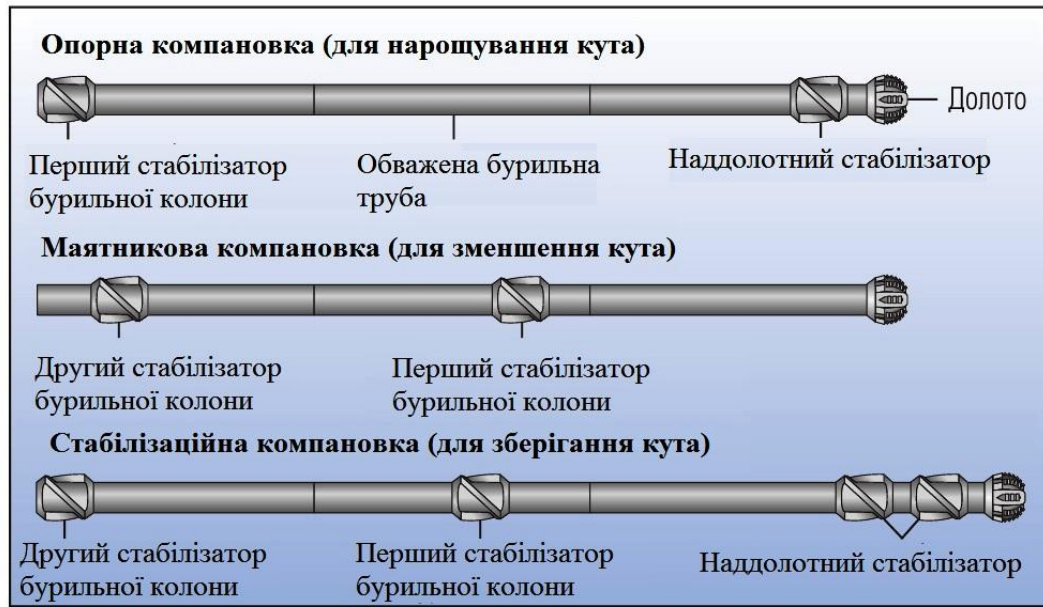


Рис. 2. Компоновки низу бурової колони для зміни нахилу свердловини

Для зменшення кута використовують маятникову (pendulum assembly) компоновку. У ній присутній один або декілька стабілізаторів; ОБТ під нижнім стабілізатором у вибійній

компоновці відіграють роль маятника, що забезпечує прагнення долота до нижньої частини свердловини під дією сили тяжіння (на рис. 3 праворуч).



Рис. 3. Використання опорної та маяткової КНБК для зміни нахилу свердловини

Для збереження набраного кута використовується стабілізована компоновка (tangent, packed assembly). У стабілізованій компоновці є декілька стабілізаторів розташованих рівномірно по всій її довжині, які служать для підвищення жорсткості компоновки.

Ранні методи дозволяли в деякій мірі контролювати нахил стовбура, проте вони практично не давали можливості керувати азиму-

том. Крім того вони були малоефективні, оскільки вимагали численних спусків і підйомів устаткування для установки клинового відхилювача або для зміни конфігурації вибійної компоновки.

З 1960-х років для направлено буріння почали застосовуватися компоновки з кривим перехідником і вибійним двигуном. Поєднання двигуна (вибійний гвинтовий двигун або тур-

бобур) і кривого перехідника дозволило набагато більш точніше контролювати напрям нахилу, ніж попередні вибійні компоновки, одночасно значно збільшивши кут можливого набору кривизни. Перші вибійні компоновки мали фіксований кут нахилу (від 0,5 до 1 градуса) [3]. Напрямок в таких компоновках задавався поворотом бурильної колони, проте для зміни кута нахилу було потрібне підняття на поверхню та заміна перехідника.

Пізніше були винайдені та впроваджені перехідники з керованим вигином (рис. 4), що задається з поверхні без підняття компоновки зі свердловини. Вони також використовувалися спільно із вибійними двигунами, утворюючи керований двигун (*steerable motor*).



Рис. 4 Перехідник з керованим вигином

Стандартний керований двигун (рис. 5) включає силовий блок, через який закачують буровий розчин для приведення в рух ротора, що обертає несучий вал і долото. Вигин, що задається з поверхні, можна встановити в діапазоні від 0° до 4° дозволяючи направити долото під зовсім невеликим кутом відходу від осі стовбура; таке, здавалося б, незначне відхилення відіграє визначальну роль у швидкості нарощування кута. Значення кри-

визни стовбура, що задається в місці вигину, залежить від його кута, зовнішнього діаметру та довжини двигуна, місця розташування стабілізатора та розміру ОБТ відносно діаметра свердловини [5-7].



Рис. 5. Керований гвинтовий вибійний двигун

Керовані двигуни здійснюють буріння в одному з двох режимів: у обертальному та направленому (ковзаючому). При обертальному режимі роторний стіл або верхній привод бурової установки обертає всю бурильну колону для передачі зусилля на долото. У ковзаючому режимі бурильна колона не обертається; замість цього потік бурового розчину спрямовується на вибійний двигун для приведення долота у дію. У ковзаючому режимі обертається тільки долото, а частина бурильної колони, що не обертається, просто слідує за спрямовуючою компоновкою. У ковзаючому режимі поворотом колони задається азимутний кут відхилення, а зенітний кут задається вигином керованого перехідника. Вимірювання нахилу й азимута здійснюється у режимі реального часу за допомогою інструментів інклінометрії в процесі буріння, повідомляючи бурільника про всі відхилення від наміченого курсу [7].

Основними виробниками гвинтових вибійних двигунів (ГВД) на сьогодні є: російські ВАТ НВО «Бурова техніка» (минулий ВНДІБТ і Пермська філія ВНДІБТ), Кунгурський машинобудівний завод, Павлівський машинобудівний завод, ТОВ «Фірма «Радіус-Сервіс», ТОВ «Гідробур-сервіс», канадська «Wenzel Downhole Tools Ltd», американська «BICO Drilling Tools», китайська «DONGCHEN». Вибійні гвинтові двигуни фірм «Сміт Тул» і «Кристенсен» відомі під торговими марками «Дайна-Дрілл» і «Неві-Дрілл». Ведуться також промислові випробування гвинтових двигунів, розроблених фірмами «Бейкер Ойл Тулі» (США) і «Шлюмберже» (Франція) [7].

При бурінні похилих і горизонтальних ділянок стовбурів свердловин з використанням гвинтових вибійних двигунів виникають певні труднощі й ускладнення, а саме:

1. Буріння довгих горизонтальних ділянок за допомогою вибійного двигуна вкрай складне, оскільки в міру збільшення довжини ділянки контролювати положення відхилювача двигуна стає все складніше.

2. При слайдуванні (ковзанні) за допомогою ГВД бурильна колона не обертається, буровий розчин знаходиться в статичному стані, тому буровий шлам належним чином не виноситься на поверхню та може скупчуватися навколо бурильної колони, внаслідок чого відбувається прихват.

3. При проштовхуванні долота двигуном без обертання колони сила тертя збільшується.

4. При обертальному бурінні вигин бурильної компоновки примушує долото обертатися з відхиленням від осі вибійної компоновки, внаслідок чого стовбур свердловини має дещо більший діаметр і спіралеподібну канавку. Стінки стовбура виходять

шорсткішими, що підвищує крутні й осьові навантаження на бурильну колону, а також можуть викликати проблеми при спуску у свердловину устаткування закінчення – особливо на довгих горизонтальних ділянках.

Деякі з перерахованих проблем були вирішені в кінці 1990-х років із створенням роторної керованої системи (РКС). Найважливіша особливість РКС в тому, що вона забезпечує безперервне обертання бурильної труби, тим самим виключаючи необхідність ковзання в ході похило-спрямованого буріння [8]. Інструменти РКС практично миттєво реагують на команди з поверхні, коли бурильникові необхідно змінити траєкторію вибою. На ранньому етапі такі системи використовували, головним чином для буріння свердловин з великим відхиленням від вертикалі, в яких можливість протягання керованих двигунів обмежується тертям в стовбурі свердловини. Їх застосування часто забезпечувало покращену швидкість проходження і якість стовбура свердловини в порівнянні з минулими системами. Сьогодні РКС набули широкого використання завдяки можливості буріння прямолінійних свердловин, промивання стовбура та точного контролю параметрів буріння.

Роторні керовані системи за способом управління відхиленням долота щодо осі свердловини можна розділити на два основні типи [9]:

1. «Push the bit» (рис. 6) – відштовхування від стінки свердловини всієї компоновки або більшої її частини щодо осі, що викликає тиск на бічну поверхню долота в певному напрямі. До цього типу можна віднести системи «Autotrak» компанії Baker Hughes INTEQ і «PowerDrive» компанії Schlumberger.



Рис. 6. Система Push-the-bit (Xtra, X5)

2. «Point the bit» (рис. 7) – позиціонування долота. Досягається відхиленням приводного валу щодо компоновки, або зміною його кривизни, що викликає зміну кута. До цього типу можна віднести: «Geo-pilot» (рис. 8) компанії

Halliburton Sperry Drilling Services, «Wellguide» компанії Gyrodata Western Hemisphere. Також до «Point the bit» можна віднести систему «Dart» компанії Andergauge Drilling System.

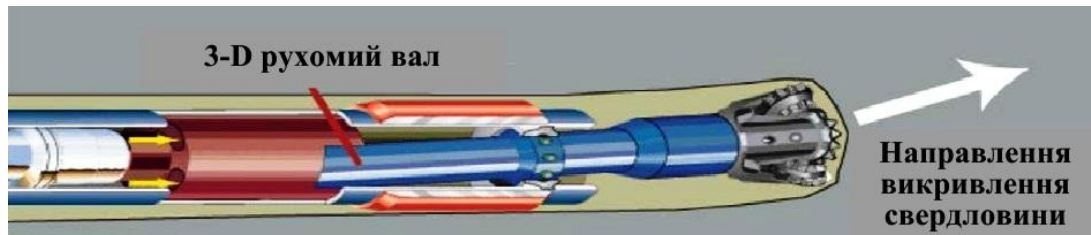


Рис. 7. Система Point-the-bit (Xceed)

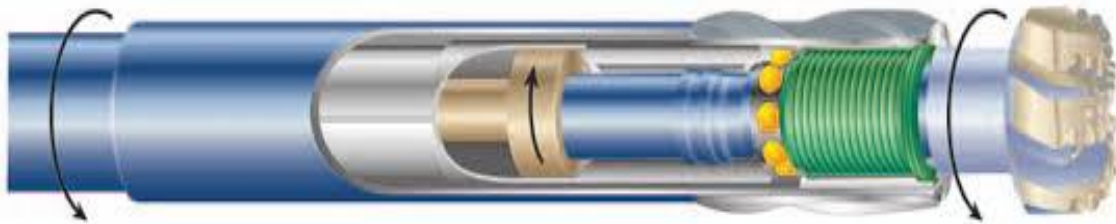


Рис. 8. Роторна керована система «Geo-pilot»

На сьогодні PowerDrive – одна із найбільш простих і надійних моделей РКС пропонованих на ринку, що підтверджується підвищеною більш ніж у три рази тривалістю напрацювання на відмову. Разом з цим ефективність системи постійно покращується. Наприклад, більш ніж у чотири рази збільшився метраж проходки за одну циркуляційну годину.

Основна, але не єдина перевага використання РКС PowerDrive X5 у порівнянні з ГВД при бурінні полягає в якості отриманого стовбура, у відсутності необхідності направленої буріння, при якому бурильна колона не обертається. Крім цього, потрібно відмітити наступні особливості, зокрема:

- краща передача та контроль навантаження і крутного моменту на долото. Можна створювати оптимальні параметри для долота, що використовується;

- відсутність звивистості стовбура. Постійне обертання бурильної колони з достатньою швидкістю призводить до ефективного переміщення шламу та винесення його на поверхню. Це особливо актуально при зенітному куті секції, що перевищує 40°;

- постійне обертання КНБК і бурильної колони відчутно зменшують ризик прихвату, особливо при бурінні по проникному пласту;

- конструкція PowerDrive X5 дозволяє пропрацювати стовбур свердловини як вниз, так і вгору;

- для живлення електроніки використовується високонадійні турбінні генератори замість батарей, що дозволяє не об-

межуватися часом буріння, по цій же причині не потрібно витрачати час на спуско-підйомні операції (СПО) для заміни батарей;

- забезпечується номінальний діаметр стовбура. Стовбур не розширюється понад номінальний діаметр, як це відбувається при бурінні в роторному режимі з ГВД;

- функція автоматичного утримання зенітного кута, дозволяє сконцентруватися на продуктивності буріння та виключити людський фактор.

Система може бути оснащена азимутальним датчиком реєстрації природного гамма-випромінювання, що дозволяє оцінювати буримі гірські породи в безпосередній близькості від долота [10].

Прикладом вдалого використання РКС PowerDrive X5 є буріння чотирьох свердловин на Південно-Хильчуйському родовищі. Для буріння з використанням РКС були вибрані свердловини з найбільшими зенітними кутами (від 50° і вище) та найбільшими відходами від вертикалі (від 1,7 тис. м і більше).

Під час буріння даних свердловин було досягнуто збільшення механічної швидкості проходки в середньому на 35%, не дивлячись на те, що вони мали великий зенітний кут прямолінійних ділянок в порівнянні зі свердловинами, пробуреними за допомогою ГВД. Це дозволило заощадити до семи днів на кожній із пробурених свердловин. На свердловині хх9 за 135,8 години буріння та 215,3 години циркуляції без ускладнень і аварій була пробурена секція діаметром 311 мм від позначки 657 м до 2,839 тис м, що

складає 2,182 тис. м по стовбуру за одне буріння. Такі показники є рекордними при бурінні свердловин у Тимано-Печерському регіоні та раніше були недосяжні [11, 12].

Великим досягненням в галузі керованих роторних систем є поява РКС PowerDrive

Archer (рис. 9) з високою швидкістю нарощування кута. Це гібридний пристрій, що поєднує в собі характеристики систем з відхиленням і спрямуванням долота [13].



Рис. 9. Роторна керована система PowerDrive Archer

Використовуючи РКС PowerDrive Archer, можна бурити вертикальні, викривлені та бічні ділянки свердловини за допомогою однієї і тієї ж вибіної компоновки, тим самим підвищуючи ефективність буріння, швидкість проходки та якість стовбура. А завдяки можливості відмовитися від постійної зміни режиму буріння з обертального на ковзаючий та навпаки, при бурінні за допомогою РКС знижується звивість свердловини, опір і тертя, пов'язані з низькою якістю стовбура. Це дозволяє бурити бічні стовбури більшої довжини для проникнення глибше в пласт-колектор.

Так, наприклад, фахівці Департаменту бурових робіт ВАТ «Верхньочонська нафтогаз» і Департаменту з геології та розробки родовищ компанії Schlumberger наводять такі дані для Верхньочонського нафтогазоконденсатного родовища: середня механічна швидкість проходки з використанням РКС PowerDrive Archer на чотирьох свердловинах склала 16 м/год (рекорд – 21,85 м/год), що вдвічі вище, ніж при використанні гвинтових вибіних двигунів. Це дозволило скоротити цикл буріння горизонтальних секцій на три дні – до 3,62 діб. Іншими словами, на буріння 100 м з використанням РКС потрібний удвічі менше часу – 0,65 діб замість 1,39 діб. Застосування РКС PowerDrive Archer дозволило ефективніше проводити свердловини з використанням каротажу під час буріння (КЧБ) і розміщувати їх у найпродуктивніших зонах. При цьому ефективна довжина горизонтальної секції

збільшилася більш ніж на 70% (св. 814 – 86%), тоді як на свердловинах, пробурених з використанням ГВД, цей показник складає всього 30%. В результаті, дебіти свердловин збільшилися вдвічі – до 200 – 250 т на добу (св. 814 – 290 т на добу) [12].

Використання технологій РКС і КЧБ стало одним з головних складових успішного буріння на Верхньочонському родовищі. Та якщо раніше цикл будівництва видобувних свердловин з використанням ГВД і стандартній технології похило-скеровано буріння складав в середньому 63 дні, а ефективна довжина горизонтальної секції не перевищувала 30% від її загальної довжини, то, завдяки впровадженню технологій РКС, КЧБ і геонавігації, цикл будівництва свердловини вдалося скоротити до 22,3 діб, а ефективна довжина секції збільшилася до 70%, що привело і до кратного зростання видобутку [11, 12].

Також можна навести приклад роботи компанії Ultra Petroleum родовищі сланцевого газу Марселлус (Marcellus Shale). У 2010 році компанія пробурила першу (контрольну) свердловину на родовищі Марселлус з використанням керованого об'ємного двигуна. Наступні 10 свердловин було пробурено за допомогою РКС PowerDrive Archer. У деяких з них бічний стовбур зарізали довгим поворотом на азимут 90° або більше для виходу на рівень цільового горизонту при одночасному нарощуванні кута з швидкістю до 8°/100 футів (8°/30 м) [1]. Виникнення геологічних невідношеностей біля точки входу в пласт іноді ви-

магало ухвалення корегуючих заходів, наприклад, часто було потрібно збільшити набір кривизни. За одним виключенням, свердловини, пробурені після першої, контрольної, забезпечили істотну економію часу буріння. Крім того, всі колони закінчення були спущені без надзвичайних ситуацій. Гібридна РКС також дозволила глибше проникнути у цільовий об'єкт, що привело до підвищення дебітів видобутку більш ніж удвічі [13].

Компанія Cimarex Energy Company, що здійснює розробку сланцевого родовища Вудфорд (Woodford Shale), штат Оклахома, США, для буріння викривленої ділянки свердловини «Каппус 1-22Ейч» (Karpus 1-22H) вибрала компанію Pathfinder, що належить компанії Schlumberger. Використання РКС PowerDrive при бурінні стовбура діаметром 8 3/4 дюйма з швидкістю набору кривизни 8°/100 футів дозволило операторові збільшити швидкість проходки на 80% у порівнянні зі свердловинами, пробуреними раніше за допомогою об'ємних двигунів. Висока швидкість проходки вигнутого інтервалу в поєднанні з високою швидкістю набору кривизни дозволив скоротити час буріння на 10 днів [13].

Широке застосування та еволюція РКС привела до появи моторизованих роторних керованих систем (рис. 10). Ця система використовує повністю інтегрований силовий привод, представлений високомоментним вибійним двигуном, який перетворює гідравлічну енергію розчину в механічну енергію. У поєднанні з обертанням від верхнього приводу, ця енергія збільшує потужність, що поступає на долото, що дозволяє застосовувати для направленої буріння агресивніші долота PDC (з полікристалічними алмазними вставками) й оптимально використовувати навантаження на долото, що приводить до підвищення механічної швидкості проходки та скорочення циклу будівництва свердловини.

До сьогодні із застосуванням силової РКС на Верхньочонському родовищі пробурено чотири свердловини – і нова технологія підтвердила свою ефективність. Зменшення звисості стовбура забезпечило зниження осьових і крутних навантажень, що діють на бурильну колону. Підвищені швидкості обертання на долоті та менш інтенсивне обертання бурильної колони привели до зниження рівня вібрацій в бурильній колоні та як наслідок

збільшення проходки – в середньому, на 58 %. При цьому відпрацьовані долота PDC залишилися в гарному стані, що дозволило збільшити час роботи долота та закінчувати секцію за один рейс.

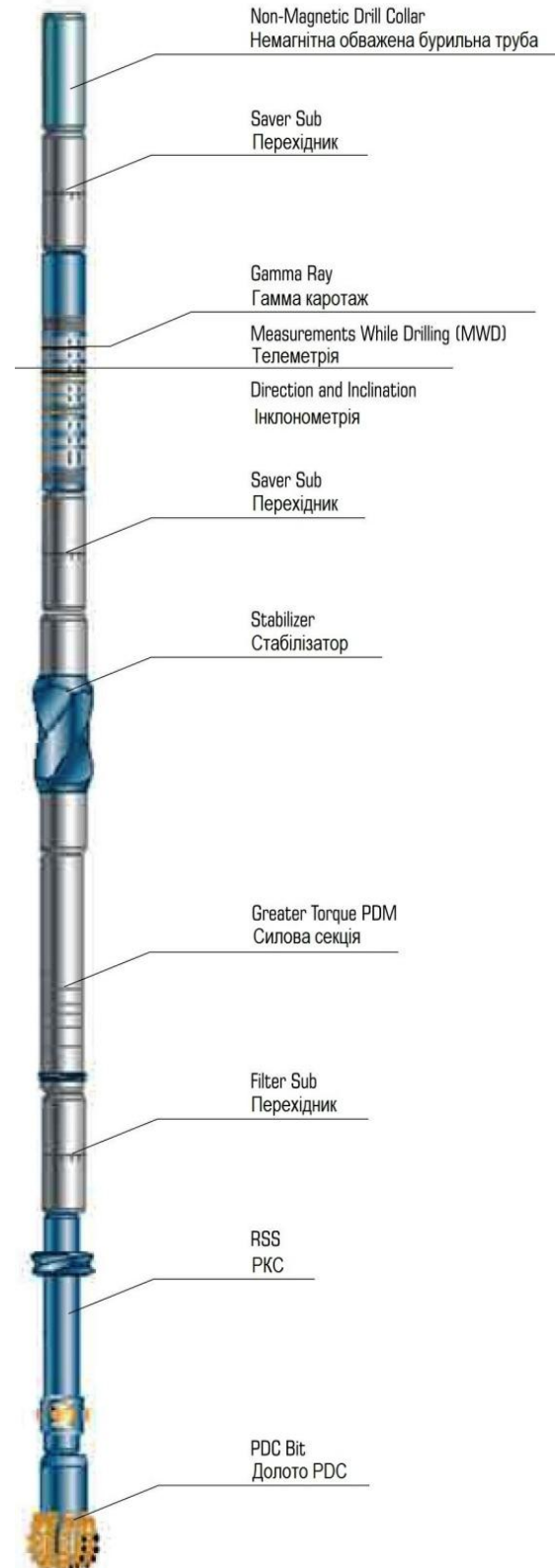


Рис. 10. Моторизована роторна керована система

Одним з найбільш важливих позитивних ефектів застосування РКС із силовою секцією є стабільність КНБК: під час буріння спостерігалися дуже слабкі вібрації за рахунок відділення поверхневого обертання від обертання на долоті. Додатковими перевагами використання моторизованого РКС стали зменшення звивистості та поліпшення очищення стовбура свердловини.

У континентальній свердловині в Австрії моторизована роторна керована система була спущена для буріння на глибині від 1 148 до 1 932 м. Швидкість проходки збільшилася з 5 м/год до 15 м/год в порівнянні з сусідніми свердловинами, в яких використовували традиційні РКС. Застосовуючи дану технологію, компанія пробурила стовбур на 132 м довше від максимально раніше досягнутого відходу, успішно виконавши всі завдання по направленому бурінню та при повному контролі напряму проводки стовбура [13, 16].

Хоча технологія роторного керованого буріння має певні переваги в порівнянні з вибійними двигунами, існують ситуації, коли останні є більш оптимальним рішенням. Також слід зазначити, що порівняльний аналіз практичного застосування РКС і вибійного двигуна не можна вважати гранично об'єктивним, так як обсяги бурових робіт із застосуванням РКС на сьогоднішній день незрівнянно менше, ніж із застосуванням вибійного двигуна [14].

Порівнюючи технології та технічні засоби будівництва горизонтальних свердловин, важливо точно оцінити економію, що отримується від використання тієї чи іншої системи з урахуванням всіх робіт, а також виходу з ладу дорогого устаткування та витрат в результаті втрати інструменту в свердловині.

Висновки.

Обґрунтований та технічно-коректний вибір технології та технічних засобів будівництва горизонтальних свердловин може значно підвищити продуктивність і знизити витрати. Вибір повинен здійснюватися виключно на основі ретельного проектування та розрахунку витрат, при цьому слід враховувати вид долота, характер породи, конструкцію обсадної колони, температуру та тиск в свердловині, технічні характеристики бурової установки й інші аспекти.

Останнє покоління роторних керованих систем забезпечує буріння таких траєкторій та відходів від вертикалі, які раніше не можна було собі уявити, паралельно знижуючи витрати та ризики буріння свердловин і

підвищуючи дебіт. Такі траєкторії свердловин постійно зростаючої складності обумовлюють нові підвищені можливості пошуку покладів та видобутку вуглеводнів.

Література

1. Освоєння нетрадиційних вуглеводнів в Україні: шляхи використання соціально-економічних переваг: навч.-наук. видання / Г. Л. Рябцев, В. В. Тертичка, С. В. Сапегін, О. В. Берданова. – К., Псіхея, 2015. – 192 с.
2. Калинин А. Г. Естественное и искусственное искривление скважин / А. Г. Калинин, В. В. Кульчицкий. – М.; Ижевск, 2006. – 640 с.
3. Профили направленных скважин и компоновки низа буровых колонн / А. Г. Калинин, Б. А. Никитин, К. М. Солодкий, А. С. Повалихин. – М.: Недра, 1995. – 305 с.
4. Сулакшин С. С. Направленное бурение. – М.: Недра, 1987. – 270 с.
5. Бурение наклонных, горизонтальных и многозабойных скважин / А. С. Повалихин, А. Г. Калинин, С. Н. Бастриков, К. М. Солодкий; под общ. ред. доктора технических наук, профессора А. Г. Калинина. – М.: Изд. Центр-ЛитНефтеГаз, 2011. – 647 с.
6. Мислюк М. А. Буріння свердловин. Т.3. Вертикальне та скероване буріння. / М. А. Мислюк, І. Й. Рибчин, Р. С. Яремчук. – К.: «Інтерпрес ЛТД», 2004. – 294 с.
7. Балденко Д. Ф. Винтовые забойные двигатели / Д. Ф. Балденко, Ф. Д. Балденко, А. Н. – М.: Недра, 1999. – 374 с.
8. Элизабет Хаттон, Эммануэль Регрейн. «Best of both worlds: a hybrid rotary steerable system». Русский перевод статьи // Нефтегазовое обозрение – М., 2011, 13 с.
9. Кейн С. А. Современные технические средства управления траекторией наклонно направленных скважин: учеб. пособие. – Ухта: УГТУ, 2014. – 119 с.
10. Прохоров Л. В. Преимущества и недостатки РУС. / Л. В. Прохоров, М. М. Гордеев // Oil and gas eurasia. – 2013. – №5. – С. 29 – 30.
11. Заикин И. П., Панков М. В., Исмаилов Н. А., Пушкарев С.В. Применение роторной управляемой системы PowerDrive и системы каротажа PeriScore при бурении горизонтальной скважины // Нефтяное хозяйство. – 2009. – №11. – С. 2 – 4.
12. Уилсон К., Шокарев И., Смолл Дж., Ахунжов Э. Результаты применения новых технологий в бурении при разработке сложного месторождения Восточной Сибири – Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторо-

ждения // Нефтегазовая вертикаль. – 2011. – № 2. – С. 54 – 55.

13. Фелцак Э., Торре А., Годвин Н., Мантл К., Нагнатан С., Хокинс Р., Ли Ке, Джонс С., Слейден Ф. Гибридная роторная управляемая система бурения – сочетание лучшего // Нефтегазовое обозрение. – 2012. – Т.23, №4. – С. 60 – 62.

14. Калинин В. Роторные возможности управляемого бурения // Сибирская нефть. – 2012. – №9. – С. 36 – 41.

15. Kelly K. Rotary steerables. Enable extended-reach and precision control in tight zones // Oil&Gas. EURASIA. – 2012. – №6. – P. 44 – 46.

16. Matheus J., Ignova M., Hornblower P. A hybrid approach to closed-loop directional drilling control using rotary steerable systems // SPE Latin America and Caribbean Petroleum Engineering Conference, 21 – 23 May, Maracaibo, Venezuela. – P. 84 – 89.

В научной работе проведен анализ технологий и технических средств строительства наклонных и горизонтальных скважин. Рассмотрен вопрос об актуальности и эффективности применения роторных управляемых систем (РУС). Проведено сравнение показателей бурения с применением РУС по сравнению с бурением аналогичных интервалов винтовым забойным двигателем. Проведенный широкий анализ опыта применения роторных управляемых систем на различных месторождениях. Сделан вывод о больших перспективах данной технологии несмотря на высокую стоимость и определённые проблемы, возникающие в осложнённых горно-геологических условиях бурения.

Ключевые слова: роторная управляемая система, винтовой забойный двигатель, кривой переходник, горизонтальная скважина, клиновой отклонитель, силовая роторная управляемая система.

Відомості про авторів:

Ткаченко Микола Володимирович, асистент кафедри обладнання нафтових і газових промислів, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Україна, 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24.

E-mail: TkachenkoMykola@pntu.edu.ua.

orcid.org/0000-0002-9527-5300.

ResearcherID: P-8238-2015.

Жабський Сергій Миколайович, викладач спеціальних дисциплін, Полтавський коледж нафти і газу Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, Україна, 36023, м. Полтава, вул. М. Грушевського, 2а.

E-mail: zsm1988@pntu.edu.ua.

orcid.org/0000-0002-3687-6042.