

Виробничий досвід

УДК 622.24

DOI: 10.31471/1993-9973-2022-3(84)-67-73

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ БУРІННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН

І. В. Воєвідко, А. І. Васько, І. А. Васько*

*ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727137,
e-mail: drill@nung.edu.ua*

На основі аналізу сучасних публікацій розкрито ряд проблем, які виникають при бурінні горизонтальних свердловин. Зроблено висновок про необхідність обґрунтування вибору для буріння горизонтальних свердловин досконалих технічних засобів та прогресивних технологій. Висвітлено принцип роботи роторно-керованих систем в комплекті з телеметричними системами для успішного проведення такого типу свердловин. Представлено основні характеристики роторно-керованих систем, які характеризують їх роботу загалом. Сформовано основні параметри, які найбільш істотно характеризують роботу таких систем. Проведено морфологічний аналіз роторно-керованих систем і вибрано найбільш універсальні для роботи в різних геолого-технічних умовах. Розглянуто ряд методів для зниження тертя бурильної колони до стінки стовбура свердловини і обґрунтовано ефективність роботи реактивно-акустичної техніки і технології для буріння горизонтальних свердловин. Розглянуто основні характеристики бурових розчинів, які є універсальними і вирішують ряд проблем при бурінні горизонтальних свердловин. Проведено аналіз конструкцій бурових доліт для буріння сильно викривлених і горизонтальних свердловин і рекомендовано породоруйнуючий інструмент компанії Nov Downhole. Детально розглянута концептуальна розробка фірми «Шлюмберже», яка отримала назву «автономне похило-спрямоване буріння».

Ключові слова: породоруйнуючий інструмент, похило-спрямоване буріння, буровий розчин, горизонтальна свердловина, роторно-керована система.

Based on the analysis of modern publications, a number of problems that arise when drilling horizontal wells have been disclosed. The conclusion about the need to justify the choice of perfect technical means and advanced technologies for drilling horizontal wells has been made. The operation principle of rotary-controlled systems complete with telemetry systems for successful horizontal well development has been highlighted. The main characteristics of rotary-controlled systems that characterize their work as a whole have been presented. The main parameters that most significantly characterize the operation of such systems have been formed. A morphological analysis of rotary-controlled systems has been carried out, and the universal ones have been selected for operation in different geological and technical conditions. A number of methods for reducing the friction of the drill string against the walls of the wellbore have been considered, and the efficiency of the reactive-acoustic equipment and technology for drilling horizontal wells has been substantiated. The main characteristics of drilling fluids, universal and solving a number of problems when drilling horizontal wells, have been considered. An analysis of the designs of drilling flights for drilling highly deviated and horizontal wells has been carried out, and a rock-cutting tool from Nov Downhole has been recommended. The conceptual development of the Schlumberger company, called autonomous directional drilling, has been considered in detail.

Key words: rock cutting tool, directional drilling, drilling fluid, horizontal well, rotary steerable system.

Вступ

Україна належить до країн із дефіцитом власних природних вуглеводневих ресурсів, і задовольняє потребу в газі за рахунок власного видобутку на 25-30%, у нафті – на 10-12%. Підвищення видобутку енергоносіїв залежить, в першу чергу, від швидкого розвитку нафтогазового комплексу України за рахунок підвищення ефективності і поліпшення якості буріння. Одним із напрямків розвитку галузі є буріння свердловин із горизонтальними стовбурами (ГС), особливо в покладах зі складно побудованих горизонтів із поганими колекторськими властивостями.

У світовій практиці за останні роки нагромаджено величезний досвід буріння ГС, який слід запозичати і застосовувати в Україні, однак ефективність технічних засобів і технологій, які пропонують різні науково-дослідні інститути, підприємства і фірми, не завжди відповідають рекламним гарантіям і вимогам родовищ конкретного регіону. Тому є потреба в ознайомленні широкого кола нафтовиків з найбільш прогресивними технікою і технологією буріння ГС.

Аналіз сучасних публікацій

Свердловини з ГС значно підвищують ефективність розробки нафтових і газових покладів, однак в процесі проведення такого типу свердловин виникає ціла низка проблем, нехтування якими може значно ускладнити процес буріння ГС [1,2].

Однією з найбільш складних в техніко-технологічному плані є необхідна точність реалізації проектного профілю ГС [3]. Для цього використовуються керовані вибійні системи як для роторного способу буріння, так і для буріння із застосуванням гідравлічних вибійних двигунів [4,5].

Технологія буріння ГС із середніми і малими радіусами викривлення передбачає використання спеціальних інноваційних конструкцій доліт, які характеризуються значною боковою фрезеруючою здатністю [6,7].

За останні роки розроблено низку технічних засобів, що забезпечують створення необхідного навантаження на вибій ГС при бурінні їх горизонтального інтервалу [5,6,7,8].

В умовах горизонтального буріння погіршуються умови транспортування шлама, виникають проблеми із забезпеченням стійкості стінок свердловини, попередження прихоплень, а також необхідність збереження колекторських властивостей привибійної зони продуктивного

пласта, що накладає додаткові вимоги щодо їх рецептури [5,6,9,10].

Важливою проблемою при бурінні складнопрофільних і горизонтальних свердловин є зменшення сил тертя бурильної колони в стовбурі ГС, які знижують техніко-економічні показники буріння і підвищують небезпеку прихоплення інструменту.

Формулювання цілей статті

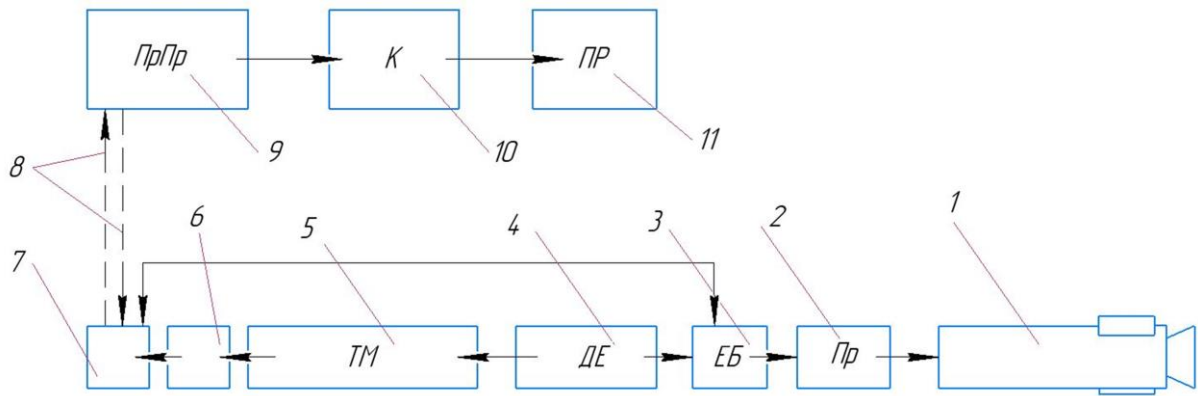
Метою цієї статті є обґрунтування вибору досконалих технічних засобів та прогресивних технологій, застосування яких істотно підвищить вірогідність успішного проведення горизонтальних свердловин.

Виклад основного матеріалу

Успішне проведення горизонтальних свердловин вирішує ряд проблем, пов'язаних з експлуатацією нафтових і газових покладів, підвищуючи дебіти в середньому в 3-5 разів (у багатьох випадках – понад 10 разів) порівняно з дебітом вертикальних свердловин. Однак при цьому з'являються проблеми, пов'язані із буріння горизонтальних свердловин, – складності реалізації проектного профілю свердловини, високий рівень тертя бурильної колони до її стінок та інші, що ускладнює процес доведення навантаження до долота, а колона бурильних труб при цьому працює в аномальних умовах. Крім того, процес буріння горизонтальних свердловин вимагає застосування спеціального породоруйнуючого інструменту та удосконаленої рецептури бурових розчинів. Для реалізації проектної траєкторії горизонтальної свердловини з кінця 1990-х років успішно застосовуються роторні керовані системи (РКС) у комплексі з вибійними телеметричними системами (ВТС).

Вказані системи є найефективнішим обладнанням, а в комбінації із телеметричними системами та системами геонавігації перетворилися на високодосконалі безпілотні інструменти дистанційного координування напрямком свердловин, що буряться. Потенціал даних систем вражає: при високій точності ($\pm 0,1\%$) та швидкодії вказані системи здатні реалізувати буріння свердловин довільної орієнтації в просторі протяжністю до 13 км безперервними рейсами, які можуть перевищувати 1000 м. Сучасна відхиляюча система - безпілотний електронно-механічний агрегат з дистанційним керуванням. На рисунку 1 наведено схему РКС.

Маючи в складі автономні джерела електроенергії (4), роторно-керовані системи керуються оператором із поверхні через комп'ютер,



1 - механізм викривлення; 2 - привод механізму викривлення; 3 - електронний блок керування приводом механізму викривлення; 4 - джерело електроенергії (гідротурбіна чи акумуляторні батареї); 5 - телеметрія; 6 - електронний блок телеметрії; 7 - блок передачі та прийому інформації, яка передається із поверхні до вибійної системи; 8 - канал зв'язку (гідроімпульсний, електромагнітний); 9 - приймальний пристрій та підсилювач сигналу; 10 - комп'ютер; 11 - прилад для візуального контролю

Рисунок 1 – Принципова схема РКС

який конвертує сигнал, що передається за допомогою бурового розчину або із використанням електромагнітного опромінення (8), до вибійної компоновки, в якій через електронний блок (3) та системи привода (2) відхиляючого механізму (1) відбувається орієнтована зміна напрямку свердловини за вказаним курсом.

Паралельно цьому інтегрована телеметрична система (5) здійснює безперервний моніторинг кутових параметрів свердловини, що розбурюється, й за допомогою електронного блоку (6) та системи трансформації сигналу (7) передає дані на поверхню в приймальний блок та блок підсилення сигналу (9), а потім в комп'ютер (10) та на пристрій візуального контролю процесу буріння (11) безпосередньо до оператора. В таблиці 1 наведено основні характеристики РКС.

На основі даних таблиці 1 проведено морфологічний аналіз роторних систем, тобто був застосований евристичний метод вирішення поставленої задачі.

Черговість дій для аналізу наступні:

1. Визначити конкретну мету.
2. Виділити ключові елементи об'єкту.
3. Занести їх в таблицю.
4. Провести оцінку наявних варіантів.
5. Вибрати оптимальний варіант.

На основі наведених в таблиці характеристик було сформовано основні параметри, які найповніше характеризують роботу РКС. В результаті аналізу було вибрано найбільш універсальні роторно-керовані системи для роботи в різних геолого-технічних умовах.

“Power Archer 475” компанії “Schlumberger”.
“Revolution 675” компанії “Weatherford”.

У зв'язку із складністю траєкторій горизонтальних свердловин виникають проблеми з доведенням навантаження до долота. Досвід буріння горизонтальних ділянок такого типу свердловин показує, що однією з основних причин, які призводять до низьких техніко-економічних показників, є зависання бурильної колони на стінках свердловини, що, зрештою, може призвести до її прихоплення. Основним чинником, який спричиняє вказані проблеми, є значна сила тертя бурильної колони до стінки проміжної обсадної колони або стовбура свердловини.

Буріння на обсадній колоні – один із перспективних напрямків удосконалення технології буріння сильно викривлених ділянок свердловини. Такий підхід дозволяє вирішити проблеми, пов'язані із втратою стійкості стінок свердловини, а також покращити умови просування низу бурильної колони [12]. Однак такий специфічний спосіб буріння не пройшов промислової апробації в повному обсязі, тож про його ефективність говорити, поки що зарано.

В результаті фундаментальних і прикладних досліджень в області гідродинаміки і нелінійної гідроакустики вдалося встановити цілий ряд принципово нових ефектів [13]. Суть полягає в тому, що при малих енергозатратах відбувається перетворення енергії гідроакустичних хвиль в енергію інших видів.

На основі вищезазначених ефектів розроблена реактивно акустична техніка і технологія

Таблиця 1 – Основні характеристики РКС

Характеристики	«PowerDrive X6 475» компанії «Schlumberger»	«PowerDrive Archer 475» компанії «Schlumberger»	«Revolution 675» компанії «Weatherford»	«Suresteer» компанії «APS technology»	«Wellguide RSS» компанії «Gyrodatta»	«DART» компанії «Андергейдж»
Управління зміщенням долота	Push the bit	Hybrid	Point the bit	Push the bit	Point the bit	Point the bit
Діаметр стовбура, мм	139,7-172	149,2-171,5	146-171,5	152,4-171	152,4-171	149,2-171,5
Тип бурового розчину	РВО/РУО	РВО/РУО	РВО/РУО	РВО/РУО	РВО/РУО	РВО/РУО
Максимальна робоча температура, °С	150/175	150	149	150	150	150
Максимальний тиск на вибої, МПа	137	137	172	137,9	138	137
Максимальна просторова інтенсивність, °/30м	8	18	10	6,5	12,5	3
Максимальна швидкість обертання, об/хв.	220	350	300	200	250	220
Максимальний крутний момент на долоті, Н·м	5420	12500	13558	12150	10846	13600
Максимальне осьове навантаження, т	22,3	24,3	11,3	-	11,4	13,6
Діапазон витрати, л/с	6,3 – 24	13,9 – 22	22	18	18	9,5 – 18,9

для буріння горизонтальних свердловин, яка дозволяє підвищити техніко-економічні показники буріння горизонтальних свердловин, в тому числі через суттєве зниження сил тертя бурильної колони, і забезпечення потрібного навантаження на долото. Процес буріння здійснюється із застосуванням реактивно-акустичних модулів (РАМ) розміром 215,9, 190 і 124 мм.

Одним із реальних методів пониження тертя при контакті бурильної колони із стінками свердловини є хімічний метод, який ґрунтується на підвищенні мастильних властивостей бурових розчинів.

При додаванні в буровий розчин 5-10% нафти з графітним компонентом в кількості 0,6% сила тертя між металевою поверхнею і глинистою кіркою зменшується на 20-30%, а проходка на долото збільшується на 5-10% [14]. Такий метод досить доступний, оскільки не передбачає використання дефіцитних і високоякісних компонентів бурового розчину.

Конструкція бурильної колони при проведенні ГС повинна забезпечувати доведення осьового навантаження і обертового моменту

до породоруйнуючого інструменту, а також не заважати процесу очищення горизонтального стовбура від вибуреної породи. При цьому бурильні труби повинні бути зносостійкими як по тілу, так і по замкових з'єднаннях та надійними в експлуатації при значних напруженнях, що виникають при роботі в сильно викривлених ділянках стовбура свердловини.

За останній час в багатьох країнах при бурінні ГС застосовують алюмінієві бурильні труби (ЛБТ). Труби ЛБТ значно легші від сталевих бурильних труб (СБТ) і відносно міцні. Включення труб ЛБТ в бурильну колону дозволяє зменшити динамічну складову їх роботи. При цьому напруження, які виникають в стінках труб при викривленні стовбура свердловини, майже в три рази менші в порівнянні із СБТ. Ось чому такого типу труби підходять для буріння ГС з високими темпами набору кривизни свердловини [15].

Основні вимоги до конструкції легкосплавних бурильних труб висунуті в міжнародному стандарті ISO-15546:2007 «Бурильні труби із алюмінієвих сплавів для нафтової і газової промисловості», який введений в дію з 2007 р.

Широко застосовуються комбіновані бурильні колони – за типорозміром і границею плинності, тобто поєднують СБТ і ЛБТ.

Є інформація, що включення в склад бурильної колони ЛБТ призводить до зниження опору обертанню і переміщенню бурильної колони і, як результат, до зменшення крутного моменту на приводі ротора і навантаження на гаку при підніманні в 1,7 рази. При цьому збільшується мінімальний запас міцності всієї бурильної колони на 50-60% [16].

Буровий розчин є надзвичайно важливим елементом, який визначає якість і техніко-економічні показники будівництва горизонтально спрямованих свердловин. При цьому його основні функції аналогічні промивальним рідинам, що застосовуються при бурінні вертикальних свердловин, але вимоги до них дещо жорсткіші. Це пов'язано із необхідністю профілактики прихоплення бурильної колони, а також зміни певних параметрів розчину для підвищення його транспортної ефективності.

Вище ми вже розглядали ефективний метод зниження тертя між бурильною колоною і стінками свердловини за рахунок покращення мастильної здатності бурових розчинів.

Вважаємо необхідним зазначити високу ефективність біополімерної системи Біокар-МТ, яка розроблена компанією ТОВ «Геосинтез інженіринг» (м. Полтава). Розроблена технологія керування властивостями цієї системи забезпечує стійкість стінок свердловини при термічній стійкості таких біополімерних систем до 150°C [17]. Такі властивості зазначеної біополімерної системи.

Аналіз бурових розчинів, що пропонує міжнародна нафтосервісна компанія «Акрос» [18], зокрема MAX-FLOW, MAX-FLOW SL, MAX-FLOW SF, H-FLOW, UNIDRIL показали, що вони, в основному, призначені для якісного розкриття продуктивних пластів, які оптимізовані під різні геологічні умови.

Однак буровий розчин UNIDRIL є універсальним і може вирішити ряд проблем при бурінні горизонтальних стовбурів. Зазначений буровий розчин на вуглеводневій основі практично ідеально підходить для буріння в схильних до осипання породах, характеризується низьким коефіцієнтом тертя і рівнем фільтрації, а також відрізняється високою стабільністю параметрів і толерантністю до вмісту вибуреної породи і забруднюючих речовин.

Аналіз конструкцій бурових доліт для буріння сильно викривлених і горизонтальних ділянок свердловин показав, що принципових відмінностей в їх конструктивному виконанні

немає в порівнянні із буровими долотами в традиційному виконанні.

Однак, на особливу увагу заслуговують розроблені для похило спрямованого буріння долота компанії NOV Downhole. Зазначені бурові долота призначені для використання в складі роторно-керованих систем [19]. В першу чергу, це долота типу PDC серії Seeker™. Зазначена серія має ряд переваг: наявність системи контролю реактивного моменту і пониження ударних коливань, а також те, що вони можуть бути оснащені так званими калібрами, які уможливають викривлення свердловини з різним ступенем інтенсивності.

В компанії розроблено спеціальну систему System Matched™ для оптимального підбору доліт, який представляє собою інтерактивний мережевий інструмент. Унікальна система аналізує ключові параметри долота, такі як довжина, геометрія калібру, конструкція основних і калібруючих різців за допомогою алгоритмів роботи інструменту із врахуванням траєкторії свердловини.

Вказана система знаходиться у відкритому доступі для співробітників NO Downhole, які працюють у всіх нафтогазовидобувних державах, і дозволяє оперативно підібрати найбільш придатне долото із всієї продуктової лінійки.

Вважаємо за необхідне зупинитися на концептуальній розробці фірми «Шлюмберже», яка отримала назву «автономне похило-спрямоване буріння» (АПБ). Компанія представила і описала АПБ не як інструмент, не як послугу, а як об'єднання всіх технологій, інженерних розробок і експертних знань в області буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин [20]. Ця об'єднуюча концепція формує певний код, який керує обладнанням, що будує свердловину автономно.

Автономне похило-спрямоване буріння – це смілива ідея, що перетворилась у реальність, над якою компанія «Шлюмберже» працювала близько 20 років. Кінцевий результат цієї розробки – впровадження повністю автономної компоновки низу бурильної колони (КНБК), яка спроможна бурити кожен інтервал стовбура свердловини. Передбачено, що автономна КНБК буде постійно аналізувати своє розташування, характеристики пласта, умови і траєкторію буріння для оптимізації керування свердловиною. По суті, АПБ дозволяє нафтогазовій галузі знизити затрати на пробурений метр і досягнути оптимального розташування свердловини для підвищення ефективності буріння.

Досягнення цього означає відмову від різноманітних, незалежних один від одного робо-

чих процесів. АПБ – це повністю інтегрована база даних, яка гарантує повну гармонію всіх задач, які необхідні для досягнення цілей скерованого буріння незалежно від родовища, бурової установки, або траєкторії свердловини найбільш ефективним способом. Це можливо досягнути тільки за рахунок використання останніх досягнень в області обчислювальної техніки.

Звичайно, абсолютна автономія ще попереду, але те, що вже зробила компанія «Шлюмберже» на сьогоднішній день – можна констатувати як розвиток надзвичайно важливих можливостей. Слід зазначити, що компанія тільки в 2020 році провела апробацію комплексу розробок в області автономного буріння на 10 свердловинах в різних регіонах на суходолі і на морі в басейнах від Північного моря до Близького Сходу і Північної Америки. Результати промислового впровадження АПБ показали високу ефективність цього автономного комплексу.

Компанія «Шлюмберже» задекларувала також свій шлях до повної автономії в найближчій перспективі. Вони структурували свою розробку навколо шести ключових рівнів автономних можливостей. Ці рівні служать загальною структурою в «Шлюмберже» і узагальнені з другими галузями, щоб допомогти розвитку технологій, які можуть бути розгорнуті та реалізовані для досягнення кінцевої мети АПБ.

Перші три рівні, від 0 до 2 забезпечуються моніторингом і підтримкою системами автоматизації, дають можливість забезпечити відстеження траєкторій свердловин, а також спеціальних алгоритмів автоматизації для стабілізації її нахилу.

Рівень 3 об'єднує декілька функцій з «інтелектуальною» системою, яка підтримує прийняття аналітичних рішень з автоматизації процесу керування.

Рівень 4 суміщає робочі процеси будівництва свердловин з автоматизацією бурової установки. Саме в цьому є основна перевага АПБ, оскільки воно з самого початку вмонтоване в систему автоматизації бурової установки.

Рівень 5 дає оцінку характеристик підземних пластів, щоб оптимізувати методи геонавігації і розташування вибоїв свердловин в реальному часі. Власне на цьому етапі система повністю автономна.

Таким чином, можна вважати, що розроблення автономного похило-скерованого буріння – це істотний крок вперед в плані майбутнього будівництва нафтогазових свердловин.

Висновки

1. Найефективнішими роторними системами, що дозволяють дистанційно координувати напрямок свердловини, слід вважати обладнання “Power Drive Archer 475” компанії «Schlumberger” і “Revolution 675” компанії “Weatherford”.

2. Для істотного зменшення сил тертя між бурильною колоною і стінками свердловини та підвищення техніко-економічних показників буріння горизонтальних свердловин загалом, доцільно застосовувати реактивно-акустичні техніку і технології, які базуються на принципово нових ефектах в області гідродинаміки і нелінійної гідроакустики.

3. Для вирішення ряду проблем при бурінні горизонтальних стовбурів слід використовувати буровий розчин UNIDRIL, який пропонує міжнародна сервісна компанія «Акрос».

4. Аналіз конструкцій бурових доліт для буріння сильно викривлених і горизонтальних ділянок свердловини показав, що заслуговують на особливу увагу долота компанії NovDowhole, які підбираються за допомогою System Mathead, враховуючи максимальну кількість параметрів буріння і траєкторію свердловини.

5. Істотним кроком вперед стосовно будівництва свердловин з сильно викривленими ділянками є система автономного похило-спрямованого буріння компанії “Schlumberger”, тобто самоорієнтована компоновка низу бурильної колони (КНБК). Автономна КНБК постійно аналізує своє розташування, характеристики пласта, умови буріння і траєкторію буріння.

Література

1. Практика буріння і експлуатації свердловин з горизонтальними стовбурами / Оганов К.О., Кунцяк Я.В., Гаврилов Я.С., Дубленич Ю.В., Наритник І.І. К.: Наукова думка, 2002. 197 с.

2. Технологический регламент на строительство скважин с горизонтальным окончанием ствола на месторождениях ООО «Лукойл – Западная Сибирь». Кагалым, 2007.

3. Булатов А.И., Просёлков Е.Ю., Просёлков Ю.М.. Бурение горизонтальных скважин. Краснодар: Совет. Кубань, 2008. 424 с.

4. Анализ работы роторно-управляемых систем в различных геолого-технических условиях. Томск: кандидатская диссертация, 2020. 110 с.

5. Офіційний ресурс компанії NOV URL: <http://nov.com>.

6. Боголюбов Р.М., Гринёв А.М., Дедов Н.К. Создание инновационных алмазных долот для бурения дополнительных боковых стволов. СГЕУ, 2016.
7. Офіційний ресурс компанії Schlumberger URL: <https://www.slb.com>.
8. Патент РФ №2006563 С1, E21B10/D0. Способ создания осевой нагрузки на забой горизонтальной скважины и устройство для его осуществления.
9. Аксёнова Н.А., Рожкова О.В. Буровые промысловые жидкости и промывка скважин. Тюмень: Тюменский индустриальный университет (ТНУ), 2016.
10. Офіційний ресурс компанії Геосинтез (электронный ресурс). URL: <https://gse.com>.
11. Минаев К.М. Работа роторно-управляемых систем в различных геолого-технических условиях. *Вестник Томского политехнического университета*. Нефтегазовое дело. 2020. №11.
12. Щевелёв А.А., Ишбаев Г.Г. Обзор методов снижения сил трения при бурении горизонтальных скважин. *Геология, геофизика, бурение*, 2019, т.17, №3.
13. Муфазалов Р.Ш. Реактивно-акустическая техника и технология бурения глубоких горизонтальных скважин. *Нефть и газ. Новации*. 2016. №3.
14. Хузина Л.Б., Петрова Л.В., Любимова С.В. Методы снижения сил трения при разработке месторождений горизонтальными скважинами. *Нефтегазовое дело*. 2012.
15. Руководство по эксплуатации и рекомендации по проектированию бурильных колонн. Легкосплавные бурильные трубы ЛБТПН с наружным диаметром 90, 103, и 129 мм. М.: ООО «Бурильные трубы», 2016.
16. Щавелев А.А., Ишбаев Г.Г. Обзор методов снижения сил трения при бурении горизонтальных скважин. *Нефтегазовое дело*, 2019.
17. Лубан С.В. Підвищення ефективності систем біополімерних безглинистих бурових розчинів: Автореферат дисертації канд.техн.наук. Івано-Франківськ, 2017.
18. <https://www.akros-ilc.com/>
19. <https://www.nov.com>.
20. <https://www.schlumberger.com>.
3. Bulatov A.I., ProsYolkov E.Yu., ProsYolkov Yu.M.. Burenie gorizontalnykh skvazhin. Krasnodar: Sovet. Kuban, 2008. 424 p. [in Russian]
4. Analiz raboty rotorno-upravlyaemykh sistem v razlichnykh geologo-tehnicheskikh usloviyakh. Tomsk: kandidatskaya dissertatsiya, 2020. 110 p. [in Russian]
5. Ofitsiyni resurs kompanii NOV URL: <http://nov.com>. [in Ukrainian]
6. Bogolyubov R.M., GrinYov A.M., Dedov N.K. Sozdanie innovatsionnykh almaznykh dolot dlya bureniya dopolnitelnykh bokovykh stvolov. SGEU, 2016. [in Russian]
7. Ofitsiyni resurs kompanii Schlumberger URL: <https://www.slb.com>.
8. Patent RF No 2006563 S1, E21V10/D0. Sposob sozdaniya osevoy nagruzki na zaboy gorizontальной skvazhiny i ustroystvo dlya ego osuschestvleniya. [in Russian]
9. AksYonova N.A., Rozhkova O.V. Burovyie promyvochnyie zhidkosti i promyvka skvazhin. Tyumen: Tyumenskiy industrialnyi universitet (TNU), 2016. [in Russian]
10. Ofitsiyni resurs kompanii Geosintez (elektronniy resurs). URL: <https://gse.com>.
11. Minaev K.M. Rabota rotorno-upravlyaemykh sistem v razlichnykh geologo-tehnicheskikh usloviyakh. *Vestnik Tomskogo politehnicheskogo universiteta*. *Neftegazovoe delo*. 2020. No11. [in Russian]
12. SchevelYov A.A., Ishbaev G.G. Obzor metodov snizheniya sil treniya pri burenii gorizontalnykh skvazhin. *Geologiya, geofizika, burenie*, 2019, Vol.17, No3. [in Russian]
13. Mufazalov R.Sh. Reaktivno-akusticheskaya tehnika i tehnologiya bureniya glubokikh gorizontalnykh skvazhin. *Neft i gaz. Novatsii*. 2016. No3. [in Russian]
14. Huzina L.B., Petrova L.V., Lyubimova S.V. Metody snizheniya sil treniya pri razrabotke mestorozhdeniy gorizontalnyimi skvazhinami. *Neftegazovoe delo*. 2012. [in Russian]
15. Rukovodstvo op ekspluatatsii i rekomendatsii po proektirovaniyu burilnykh kolonn. Legkosplavnyie burilnyie trubyy LBTPN s naruzhnyim diametrom 90, 103, i 129 mm. M.: ООО «Burilnyie trubyy», 2016. [in Russian]
16. Schavelev A.A., Ishbaev G.G. Obzor metodov snizheniya sil treniya pri burenii gorizontalnykh skvazhin. *Neftegazovoe delo*, 2019. [in Russian]
17. Luban S.V. Pidvyshchennia efektyvnosti system biopolimernykh bezghlynistykh burovykh rozchyniv: Avtoreferat dysertatsii kand.tekhn.nauk. Ivano-Frankivsk, 2017. [in Ukrainian]
18. <https://www.akros-ilc.com/>
19. <https://www.nov.com>.
20. <https://www.schlumberger.com>

References

1. Praktyka burinnia i ekspluatatsii sverdlovyh z horyzontalnymy stovburamy / Ohanov K.O., Kuntsiak Ya.V., Havrylov Ya.S., Dublenych Yu.V., Narytnyk I.I. K.: Naukova dumka, 2002. 197 p. [in Ukrainian]
2. Tehnologicheskyy reglament na stroitelstvo skvazhin s gorizontalnyim okonchaniem stvola na mestorozhdeniyah ООО «Lukoil – Zapadnaya Sibir». Kagalym, 2007. [in Russian]