



комплексу параметрів, що відображають фізичні властивості рідини і матеріалу ущільнювальних елементів, а також конструктивні параметри клапанів. Для визначення залежності швидкості ерозійного зносу від комплексу параметрів застосовано π -теорему подібності і метод аналізу розмірностей. Визначено зміну товщини ерозійного руйнування ущільнювальних поверхонь в часі. Обґрунтовано значення максимально можливої товщини ерозійного руйнування елементів клапанної пари. Представлено показник відносного зростання витрат, пов'язаного зі зношуванням поверхонь ущільнювальних елементів системи клапан-сідло. Запропоновано алгоритм визначення швидкості зношування елементів системи клапан-сідло на основі розрахунку значення коефіцієнту гідроерозійного зносу елементів конкретної трубопровідної арматури, що дає можливість визначити сумарний об'єм зношування протягом визначеного часу роботи.

УДК 622.24:621.398

КАНАЛИ ЗВ'ЯЗКУ ТЕЛЕМЕТРИЧНИХ СИСТЕМ У БУРІННІ: ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

М.В. Ткаченко

*Кафедра обладнання нафтових і газових промислів
Полтавського національного технічного університету
імені Юрія Кондратюка, 36011, Полтава,
Першотравневий проспект, 24 kafedraongp@i.ua*

Сьогодні одним із способів, що забезпечують високу ефективність видобутку вуглеводнів, є будівництво горизонтальних (похило-скерованих) свердловин з віддаленим вибоєм.

І тут, для досягнення успіху, вибійна телеметрична система (ВТС або ТС) – відіграє найбільш важливу роль в плані реалізації проектних рішень.

Телеметрична система (Measurement While Drilling, MWD) призначена для визначення та передачі в режимі реального часу інформації про процес буріння, наприклад, даних інклінометрії (магнітний азимут і зенітний кут) для встановлення напрямку toolface (перекл. з англ. «обличчя інструмента») або іншими словами визначення траєкторії свердловини.

Всі дані, які ТС реєструє на вибої, можна поділити на кілька категорій: навігаційні, технологічні, геофізичні та специфічні.

Зібрана свердловинна інформація повинна бути передана на поверхню для оперативного прийняття рішень про зміну режимів буріння в разі потреби. За доставлення даних від вибою до гирлі



(включаючи обробку, кодування і декодування) відповідає комплекс елементів ТС під загальною назвою «канал зв'язку».

В результаті багаторічних досліджень і практичного використання в реальних умовах буріння широке застосування знайшли три канали зв'язку: гідравлічний, електромагнітний та кабельний.

У кожного з цих каналів зв'язку є свої переваги і недоліки. Різноманітність умов буріння, а також економічна доцільність визначають кожному каналу зв'язку свою область застосування.

Гідравлічний та гідроакустичний канал зв'язку.

Найбільш широке застосування в Україні за кордоном отримали телеметричні системи з гідравлічним каналом зв'язку, в яких інформація з вибою на поверхню передається гідравлічним сигналом по стовпу бурового розчину, а на поверхні вона розшифровується та представляється бурильникові або оператору-технологу.

Широке поширення цього типу каналу зв'язку для передачі інформації викликано наступними його перевагами:

- гідравлічний канал зв'язку є природним каналом зв'язку, так як в ньому в якості каналу зв'язку використовується стовп бурового розчину в бурильній колоні, а отже, не потрібно додаткових витрат на організацію каналу зв'язку;

- гідравлічний канал зв'язку володіє великою дальністю дії.

Недоліки даного каналу зв'язку – низька інформативність через відносно низьку швидкість передачі, низька стійкість перед перешкодами, послідовність у передачі інформації, необхідність в джерелі електричної енергії (батарея, турбогенератор), відбір гідравлічної енергії для роботи передавача та турбогенератора, неможливість роботи з продувкою повітрям і аерованими рідинами.

Гідроакустичний канал зв'язку є різновидом гідравлічного каналу в якому передача інформаційного сигналу також відбувається по стовпу бурового розчину всередині бурильних труб, а основними його відмінностями від гідравлічного каналу зв'язку є:

- підвищений діапазон робочих частот, що знаходиться в межах від 50 до 5000 Гц;

- збуджувачем коливань у гідроакустичному каналі зв'язку є віброуючий стрижень з п'єзокераміки;

- приймач гідроакустичних коливань являє собою антену орієнтовану на прийом сигналу в напрямку знизу догори, що складається з високочутливої п'єзокераміки.

Електромагнітний (бездротовий) канал зв'язку.

Такі системи використовують електромагнітні хвилі (струми розтікання) між ізольованою ділянкою колони бурильних труб і породою. На поверхні землі сигнал приймається як різниця потенціалів від розтікання струму по гірській породі між бурильною



колоною і прийнятною антеною, що встановлюється в ґрунт на певній відстані від бурової установки.

У порівнянні з гідравлічним каналом електромагнітний канал зв'язку має наступні переваги:

- підвищена надійність деталей вибійних пристроїв, що контактують з абразивним потоком бурового розчину;
- простота в управлінні, можливість зворотного зв'язку.

Разом з тим електромагнітний канал зв'язку володіє і деякими недоліками, такими як обмеження дальності дії властивостями геологічного розрізу, її залежність від матеріалу бурильних труб, а також відсутність можливостей дослідження в морі та соленосних відкладеннях, досить висока складність електронного керуючого блоку.

Кабельний та кабельно-індуктивний канал зв'язку.

Лінією передачі інформації систем цього типу є електричний кабель.

Цей канал має перевагу перед усіма відомими каналами зв'язку – це максимально можлива інформативність, швидкодія, багато-канальність, стійкість, надійність зв'язку; відсутність вибійного джерела електричної енергії та потужного передавача; можливість двостороннього зв'язку; не вимагає витрат гідравлічної енергії; може бути використаний при роботі з продувкою повітрям і з використанням аерованої промивної рідини. До недоліків кабельного каналу зв'язку відносяться наявність кабелю в бурильній колоні і за нею, що створює труднощі при бурінні; витрати часу на його прокладку; необхідність захисту кабелю від механічних пошкоджень; неможливість обертання колоні (не актуально при застосуванні струмозійомника, що встановлюється під вертлюгом); неможливість закриття превентора при знаходженні кабелю за колоною бурильних труб; необхідність доставки (протискання) вибійного модуля або контактної муфти до місця стикування (посадки) при zenітних кутах більше 60° за допомогою протискувального пристрою (є варіанти прокладання кабелю всередині труб через вертлюг).

У 1990-і роки з'явилися проекти, засновані на індуктивному зв'язку між суміжними сегментами кабелю, що не ускладнює процес спуску та підйому колоні бурильних труб. Ці проекти привели до створення кабельно-індуктивної телеметрії відомої в закордонній літературі як *Wired-pipe telemetry*. Хоча вона ще не отримала широкого розповсюдження, її інформаційні можливості набагато перевершують решту систем того ж призначення.

Комбінований канал зв'язку.

Комбінований канал зв'язку це поєднання різних за своєю фізичною сутністю каналів зв'язку. Його використання, незважаючи



на певні додаткові витрати, дозволяє уникнути недоліків, властивих вищезгаданих каналів.

Поєднання гідравлічного й електромагнітного каналу, гідроакустичного та кабельного, електромагнітного та кабельного можуть бути реалізовані в різних телеметричних системах і розширюють область геологічних і технічних завдань, що вирішуються телевимірювальними системами при бурінні похило-скерованих і горизонтальних свердловин.

З огляду на недоліки застосовуваних каналів зв'язку, необхідно їх удосконалити, а також розробляти нові канали, так як різноманітні гірничо-геологічні умови, різні техніко-технологічні аспекти проводки свердловин і економічні фактори висувають більш високі вимоги до інформативності процесу буріння.

Вибір телеметричної системи безпосередньо залежить від вимог замовника до проекту. Які дані після завершення свердловини він хоче отримати від компанії підрядника або від власного оператора-телеметриста. Із цього випливає, що вибір телесистеми залежить від її комплектиності. Але з використанням певного каналу зв'язку, який задовільняє по усім економічним, геологічним і технічним параметрам, може бути не відповідність з вимогами замовника, так як з даним каналом зв'язку є неможливим використання необхідних приладів та датчиків у вибійній частині телесистеми.

Літературні джерела

1 Телеметрические системы в бурении: Учеб. пособие / Т. О. Акбулатов и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 1999. – 65 с.

2 D.V. Ellis, J.M. Singer. Well Logging for Earth Scientists. – Springer, 2008.

3 Tsai C. R. Improve drilling safety and efficiency with MWD sensors: Proceedings of the International Meeting on Petroleum Engineering. – Mar. 1992. – №24. – P. 571 – 578.

4 Аксельрод С.М. Кабельно-индуктивный канал связи для каротажа и технологических измерений в процессе бурения (по материалам зарубежной литературы) // НТВ «Каротажник» – Тверь: АИС, 2011. – № 4. – С. 100-117.

5 Wang Bing, Tao Guo, Wang Hua, Tan Bolei. Extracting near-borehole P and S reflections from array sonic logging data // JOURNAL OF GEOPHYSICS AND ENGINEERING. – 2011. – Vol. 8, № 2 – P. 308-315.

6 Bing Tu, Desheng Li, Enhuai Lin. Research on MWD mud pulse signal extraction and recognition. / International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), 2011. – 2011, P. 2004 – 2008.