

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра буріння та геології
Спеціальність 184 Гірництво

До захисту

Гарант освітньої програми

Завідувач кафедри

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему Особливості спорудження багатобічних свердловин за
технологією Fishbone / Design aspects of multilateral wells using Fishbone
technology

Пояснювальна записка

Керівник

Доцент, к.т.н. Харченко М.О.
посада, наук. ступінь, ПІБ

підпис, дата,

Виконавець роботи

Чуйко Євгеній Станіславович
студент, ПІБ

група 601-ГР

підпис, дата

Консультант за 1 розділом

к.т.н. Харченко М.О.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом

к.т.н. Харченко М.О.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом

к.т.н. Харченко М.О.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 4 розділом

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту _____

Полтава, 2023

**Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**

Навчально-науковий інститут: Нафти і газу
Кафедра: Нафтогазової інженерії та технологій / Буріння та геології
Освітньо-кваліфікаційний рівень: Магістр
Спеціальність: 185 Нафтогазова інженерія та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

Завідувач кафедри НГІТ

«___» _____ 2022 року

«___» _____ 2022 року

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Чуйко Євгеній Станіславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Особливості спорудження багатовибійних свердловин за технологією Fishbone / Design aspects of multilateral wells using Fishbone technology

Керівник проекту (роботи) к.т.н., доц. Харченко М.О.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навч. закладу від “___” ___ 2023 року №

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) 1. Науково-технічна література, періодичні видання, патенти на винаходи, конспекти лекцій. 2. Проект на спорудження свердловин.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1 Аналіз сучасних технологій спорудження багатовибійних свердловин.

2. Аналіз конструкцій та технологій влаштування свердловин за технологією Fishbone.

3. Впровадження результатів досліджень - аналіз можливості запровадження технології закінчування свердловини методом Fishbone на родовищах України. Загальні висновки по роботі.

5. Перелік графічного матеріалу

Презентація із демонстрацією результатів наукової роботи, вказати мету роботи, задачі, практичну та наукову новизну, типи і види багатовибійних свердловин, суть технології Fishbone, загальні висновки по роботі _____

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1 | Харченко М.О., к.т.н., доц. | | |
| 2 | Харченко М.О., к.т.н., доц. | | |
| 3 | Харченко М.О., к.т.н., доц. | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Етапи підготовки | Термін виконання |
|-------|-------------------------------------|------------------|
| 1 | Інформаційно-оглядова частина | |
| 2 | Експериментальна частина | |
| 3 | Теоретична частина | |
| 4 | Впровадження результатів досліджень | |
| 5 | Оформлення та узгодження роботи | |
| 6 | Попередні захисти робіт | |
| 7 | Захист магістерської роботи | |

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 6 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СПОРУДЖЕННЯ БАГАТОВИБІЙНИХ СВЕРДЛОВИН..... | 9 |
| 1.1. Основні експлуатаційні параметри якості свердловини..... | 9 |
| 1.2. Огляд сучасних технологій закінчування свердловин..... | 12 |
| 1.3. Аналіз видів свердловин та їх продуктивності у порівнянні із технологією гідравлічного розриву пласта..... | 17 |
| 1.4. Історія використання багатовибійних свердловин типу Fishbone | 24 |
| 1.6. Висновки до розділу 1. Постановка задачі та мети дослідження | 29 |
| РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКЦІЯ БАГАТОВИБІЙНОЇ СВЕРДЛОВИНИ ТИПУ FISHBONE..... | 31 |
| 2.1. Досвід використання багатовибійних свердловин типу Fishbone | 31 |
| 2.2. Технологія спорудження багатовибійної свердловини типу Fishbon в карбонатних колекторах | 39 |
| 2.3. Технологія спорудження багатовибійної свердловини типу Fishbon в колекторах, складеними піщаниками..... | 45 |
| 2.4. Переваги та недоліки технології багатовибійної свердловини методом «Fishbone» | 50 |
| 2.5. Висновки до розділу 2 | 53 |
| РОЗДІЛ 3. ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БАГАТОВИБІЙНОЇ СВЕРДЛОВИНИ ТИПУ FISHBONE..... | 56 |
| 3.1. Система класифікації багатовибійних свердловин TAML..... | 56 |
| 3.2 Аналіз геологічних умов родовища, на якому пропонується впровадження технології багатовибійної свердловини типу Fishbone | 65 |

| | |
|---|----|
| 3.3. Обґрунтування конструкції багатовибійної свердловини типу Fishbone для геологічних умов родовища | 73 |
| Висновки до розділу 3 | 75 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ | 77 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 79 |

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні технології буріння і кріплення свердловин дозволяють влаштовувати їх стовбури різної траєкторії в різних геолого-технічних умовах, в т.ч. із горизонтальним розкриттям продуктивного горизонту. Це дає можливість суттєво підвищити відсоток вилучення вуглеводнів із пласта-колектора, також досягти мети буріння в надзвичайно складних умовах, розробляти родовища із складною будовою, високим ступенем фаціальної неоднорідності і великою кількістю тектонічних порушень тощо. Тобто сучасні технології спорудження свердловин дають можливість вилучати важко видобувні вуглеводні, що є надзвичайно перспективним на сьогодні напрямом.

Одним із найбільш ефективних рішень для розробки родовищ складної будови у світовій практиці зарекомендували себе буріння горизонтальних ділянок свердловин і проведення багатостадійного гідророзриву пласта (БГРП). Основним обмеженням застосування технології БГРП може бути викликано високим ризиком прориву тріщини за межі нафтової чи газової зони до заводненої зони, і як наслідок прорив пластової води у привибійну зону, а потім і в свердловинній продукції.

Ефективним вирішенням даної задачі може бути використання технології багатовибійної конструкції свердловини, влаштованої за технологією «Fishbone». Дана конструкція складається з материнського стовбура, від якого в запроектованих напрямках відходять бічні відводи, які збільшують охоплення покладу та призводять до підвищення продуктивності та ефективності розкриття локалізованих покладів.

Мета і задачі досліджень. Метою магістерської роботи є обґрунтування особливостей спорудження багатовибійних свердловин типу Fishbone.

Для досягнення зазначеної мети поставлені такі **задачі**:

- проаналізувати принципи спорудження багатовибійних свердловин і методи оцінювання ефективності їх застосування;
- проаналізувати сучасні технології розкриття продуктивних горизонтів в різних геолого-технічних умовах;

- вивчити практику застосування багатовибійних свердловин типу Fishbone;
- порівняти ефективність багатовибійної свердловини типу Fishbone з свердловиною із горизонтальним закінченням та проведенням багатостадійного гідророзриву пласта.

Об'єктом дослідження є технології спорудження багатовибійної свердловини типу Fishbone в різних геолого-технічних умовах.

Предмет дослідження – обґрунтування раціонального застосування технології багатовибійної свердловини типу Fishbone в геолого-технічних умовах одного із родовищ України.

Методи дослідження: методи підземної гідрогазодинаміки; методи гідроаеромеханіки; методи механіки гірських порід та геомеханіки; аналіз інформаційних джерел; синтез; абстрагування; узагальнення; пояснення; класифікація; моделювання.

Наукова новизна і практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що отримані автором у процесі досліджень результати дозволили:

– систематизувати позитивний досвід ефективного використання багатовибійної свердловини типу Fishbone;

– розробити рекомендації щодо запровадження технології спорудження багатовибійних свердловин типу Fishbone в геолого-технічних умовах одного із родовищ України.

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Вона викладена на 81 сторінках, у тому числі 6 сторінок списку використаних джерел (48 найменувань).

Перший розділ присвячений вивченню основних сучасних технологій спорудження багатовибійних свердловин.

У другому розділі розглянуто досвід використання багатовибійних свердловин типу «Fishbone», технологію їх спорудження в карбонатних колекторах та колекторах складеними піщаниками, а також наведені переваги та недоліки застосування даного типу свердловини.

Третій розділ присвячений впливу схеми закінчення горизонтально-розгалуженої свердловини за міжнародною класифікацією TAML та обґрунтовано можливості раціонального впровадження дослідженої технології багатовибійної свердловини типу Fishbone на одному із родовищ України.

Загальні висновки відображають головні результати, що отримано в роботі.

Магістерська робота виконана у Навчально-науковому інституті нафти і газу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» в 2023 році під керівництвом к.т.н., доцента, доцента кафедри буріння та геології Харченко Максима Олександровича.

Автор висловлює щирі подяки науковому керівнику к.т.н., доц. Харченку М.О. за допомогу при виконанні магістерської роботи.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведені дослідження дозволили вирішити важливу задачу по обґрунтуванню раціонального застосування багатовибійних свердловин типу Fishbone на одному із родовищ України.

1. Розробка родовищ багатовибійними горизонтальними свердловинами є перспективним напрямом щодо вилучення важковидобувних вуглеводнів. Ефективність експлуатації багатостовбурних і багатовибійних свердловин безпосередньо залежить не тільки від геологічних умов, а й особливостей конструкції вибоїв, що визначаються типом закінчення. Тип закінчення також залежить від багатьох факторів, що потребує відповідного обґрунтування для кожного окремого випадку.

2. Новітнім типом багатовибійних свердловин є технологія «Fishbone» – багатовибійна свердловина з особливою траєкторією, при якій від одного горизонтального стовбура відходять численні відгалуження. Це відносно нова технологія, яка пройшла випробування в польових умовах на різних родовищах в різних гірничо-технологічних і геологічних умовах. Зокрема, є дані апробації даної технології на глибинах 5200 м. Конструкцію (дизайн) застосовують надзвичайно різноманітну із великою кількістю відгалуджень довжиною до 300 м. Це суттєво збільшує продуктивність свердловини і дає широкі можливості щодо її подальшої експлуатації.

3. У процесі проектування свердловин по технології «Fishbone» мають бути враховані не лише довжини передбачуваних бічних відгалуджень, точки їх зарізування і радіуси кривизни стовбурів, а й положення контактів, а також взаємний вплив відходів один на один (наприклад, для запобігання ефектам перетискання ділянок покладу із-за різниці у пластових тисках або вміст газу). Відповідно до світової практики, здебільшого відстань між двома зрізками бічних стовбурів приймається в діапазоні від 80 до 150 м. Але може відрізнятись для різних геологічних умов.

4. Для одного із родовищ України (конкретна назва родовища є комерційною таємницею) характерним є високий ризик прориву тріщини ГРП за межі нафтогазової зони до заводненої зони і як наслідок появлення води у свердловинній продукції (за результатами досвіду попередніх операцій). Тому багатостадійний ГРП в даних геолого-технічних умовах не розглядався як метод збільшення продуктивності свердловини. В якості альтернативи запропоновано застосування багатовибійної свердловини типу Fishbone. При цьому в даній роботі обґрунтовано конструкцію свердловини: глибина вибою по стовбуру 3958,52 м; глибина вибою по вертикалі 2795,5 м; довжина горизонтальної секції 1000 м; число бічних стовбурів (відхилень) 8 шт.; відстань між бічними відхиленнями 160 м; розміщення бічних відхилень передбачається в горизонтальній площині; кут між відхиленнями і горизонтальним стовбуром 30 град. Основний стовбур передбачено обсадити хвостовиком з щілинним фільтром до забою материнського стовбура. Для спорудження відгалуджень передбачено використання методу Fishbon Drilling, оскільки продуктивний горизонт складений таким колектором дрібнотонкозернистими пісковиками та алевролітами. Бічні відводи обсаджувати не передбачено.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Al Dabyah, A. Biscaro, E. & Mayer / New Generation of Rotary Steerable System Enables Higher BUR and Performance. SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dubai, UAE, September 2016. <https://doi.org/10.2118/181358-ms>
2. Al-Rbeawi, S., Artun, E. Fishbone type horizontal wellbore completion: A study for pressure behavior, flow regimes, and productivity index // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2019. – Т. 176. – Р. 172-202.
3. Alrushud, A., Mohammad, M., Oliveira, V., & Zahrani, B. (2018). Effect of the Rotary Steerable System Steering Mechanism on Wellbore Tortuosity in Horizontal Wells. Offshore Technology Conference Asia, Kuala Lumpur, Malaysia, March 2018. <https://doi.org/10.4043/28497-ms>
4. Amjed Hassan, Salaheldin Elkatatny, Abdulazeez Abdulraheem / Application of Artificial Intelligence Techniques to Predict the Well Productivity of Fishbone Wells // Sustainability 2019 <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/21/6083/html>
5. Bjørnseth, F., Kristiansen, T. G., Flatebø, R., Reinertsen, T., Caline, Y., Østensen, R., Tomczak, D., Solhaug, K., Leinenbach, M., & Jørgensen, T. (2019). World First Simultaneous Jetting of 72 Laterals with Solids Control - Technology Development and Field Trial. SPE Norway One Day Seminar, Bergen, Norway, May 2019. <https://doi.org/10.2118/195620-ms>
6. First Fishbone Well Drilling at Vankorskoe Field / M. V. Bazitov, I. S. Golovko, D. A. Konosov, A. N. Mingazov, R. R. Nigmatullin, A. V. Lokot; V. Y. Malyasov // Paper presented at the SPE Russian Petroleum Technology Conference, Moscow, Russia, October 2015// <https://doi.org/10.2118/176510-MS>
7. Freyer, R., Kristiansen, T. G., Madland, M. V., & Omdal, E. (2009). Multilateral system allowing 100 level 5 laterals drilled simultaneously: dream or reality?. 8th European Formation Damage Conference, Scheveningen, The Netherlands, May 2009. <https://doi.org/10.2118/121814-ms>

8. FREYER, R. & SHAOUL, J. 2011 Laterals Stimulation Method. Presented at Brasil Offshore Conference and Exhibition Macae? Brazil, 14-17 June 2011 SPE 143381-MS
9. E&P Magazine. 2007. Multilateral Technology Then and Now, http://www.epmag.com/EP-Magazine/archive/Multilateral-technology-andnow_586 (accessed 10 April 2013).
10. Garrouch, A. A., Ebrahim, A. S. Assessment of the stability of inclined wells // SPE Western Regional Meeting. – OnePetro, 2001. – 10 p.
11. Giger F. Reduction du nombre de puits par l'utilisation de forages horizontaux / F. Giger // Revue de l'institut Francais du Petrole, vol. 38, No 3. – May-June 1983.
12. Guangyu, X.; Guo, F.; Cheng, S.; Sun, Y.; Yu, J.; Wang, G. Fishbone Well Drilling and Completion Technology in Ultra-Thin Reservoir. In Proceedings of the IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference and Exhibition (Paper IADC/SPE 155958), Tianjin, China, 9–11 July 2012. [Google Scholar]
13. Janiga, D. et al. End-Point Model for Optimization of Multilateral Well Placement in Hydrocarbon Field Developments // Energies. – 2020. – T. 13. – No. 15. – C. 6.
14. Jochi S. D. Augmentation of Well Productivity Using Slant and Horizontal Wells / S. D. Jochi // Journal of Petroleum Technology. – June 1988. – Pp. 729-739.
15. Jochi S. D. A Review of Horizontal Wells and Drainhole Technology / S. D. Jochi // Paper SPE 16868, presented at the 1987 Annual Technical Conference, Dallas, Texas. A revised version was presented at the SPE Rocky Mountain Regional Meeting, Casper, Wyoming, May 1988.
16. Lian, P. et al. A model for coupling reservoir inflow and wellbore flow in fishbone wells // Petroleum Science. – 2012. – T. 9. – No. 3. – C. 336-342.
17. Hassan, A., Elkatatny, S., Abdulraheem, A. Application of artificial intelligence techniques to predict the well productivity of fishbone wells // Sustainability. – 2019. – T. 11. – No. 21. – C. 6083.

18. Nofal, S. F., Ahmad, F., al Alyak, A. A., AL-Mansouri, S. S., Husain, A., Al-Neaimi, A. K., AlMarzouqi, A. A., Channa, Z., al Harbi, A. B., Iwama, H., AL-Kasasbeh, A., El-sheikh, H. M., Khemissa, H., Mefleh, I. R., Al-Shamsi, M. K., Hermawirawan, L., Ahmed, M. A., & Sarsekov, A. B. (2016). A Novel Approach for Stimulation of Heterogeneous Thin Layered Reservoir in an Offshore Field, Abu Dhabi. Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference, Abu Dhabi, UAE, November 2016. <https://doi.org/10.2118/183465-ms>

19. Rachapudi R. V. Fishbone Stimulation a Game Changer for Tight Carbonate Productivity Enhancement, Case Study of First Successful Implementation at Adnoc Onshore Fields / Al-Jaberi S. S. , M. Al Hashemi, S. Punnapala // Conference: Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference. – 2020. DOI:10.2118/202636-MS // <https://www.researchgate.net/publication/346763299>

20. Rice, K., Jorgensen, T., & Waters, J. (2014). First Installation of Efficient and Accurate Multilaterals Stimulation Technology in Carbonate Oil Application. SPE Eastern Regional Meeting, Charleston, WV, USA, October 2014. <https://doi.org/10.2118/171021-ms>

21. SPE Russian Petroleum Technology Conference held in Moscow, Russia, 16-18 October 2017, D. Orlov and R. Enikeev, Tyumenneftegaz; D. Nazipov, S.Kochneva, V. Dunaev, R. Khabibullin, A.Makhambetov, and A. Shirshov, Schlumberger, Well Placement Application to Drill Fishbone Well on Russkoe Field

22. The Defining Series: Multilateral Wells. [Электронный ресурс].—URL: (<https://www.slb.com/resource-library/oilfield-review/defining-series/defining-multilateral-wells>)

23. Torvund, S., Stene, K., Jensaas, H., Renli, E., Rice, J. K., & Jorgensen, T. (2016). First Installation of Multilateral Drilling Stimulation Technology in Tight Sandstone Formation. SPE Western Regional Meeting, Anchorage, Alaska, USA, May 2016. <https://doi.org/10.2118/180390-ms>

24. Xing, G., Guo, F., Song, C., Sun, Y., Yu, J., & Wang, G. (2012). Fishbone Well Drilling and Completion Technology in Ultra-Thin Reservoir. IADC/SPE Asia

Pacific Drilling Technology Conference and Exhibition, Tianjin, China, July 2012.
<https://doi.org/10.2118/155958-ms>

25. Yu, F., Huang, G., Ni, H., Nie, Z., Li, W., Li, J., & Jiang, W. (2020). Analysis of the main factors affecting bottom hole assembly Re-entry into main hole in forward drilling of fishbone wells. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 189, 107018.
<https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107018>

26. Андрусак А.М. Системи бурових промивальних рідин із органоколоїдними складовими /Андрусак А.М., Гайдамака О.В., Тершак Б.А., Мрозек Є.Р. // *Нафтова і газова промисловість*. – 2009. – No 1. – С. 19–22.

27. Буріння свердловин: навч. посіб / Є.А. Коровяка, В.Л. Хоменко, Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, В.О. Расцветаєв; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т Дніпровська політехніка. – Дніпро: НТУ ДП, 2021. – 294 с.

28. Буріння свердловин. Довідник у п'яти томах / М.А. Мислюк, І.Й. Рибчич, Р.С. Яремійчук. - Київ, Інтерпрес. 2004. - 376 с.

29. Катеринчук П.О. Освоєння, інтенсифікація та ремонт свердловин / П.О. Катеринчук, Д.В. Римчук, С.В. Цибулько, О.Л. Шудрик. – Харків: Пром-Арт, 2018. – 608 с.

30. Коцкулич Я.С. Закінчування свердловин: підручник / Я.С. Коцкулич, О.В. Тищенко. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2009. – 366 с.

31. Мислюк М.А. Попередження забруднення продуктивних пластів під час їх розкриття / М.А. Мислюк, А.О. Васильченко // *Нафт. і газова пром-сть*. – 2009. – No 1. – С. 23–25.

32. Політучий О.І. Буріння нафтових і газових свердловин. навчальний посібник / О.І. Політучий. – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021. – 170 с.

33. Технологія і техніка буріння / Войтенко В.С., Вітрик В.Г., Яремійчук Р.С. – Л: Центр Європи, 2012. – 708 с.

34. Чорний О.М. Розкриття й закріплення привибійної зони газоносних пластів у свердловинах родовищ і газосховищ Передкарпаття / О.М. Чорний // Нафтова і газова промисловість. – 2008. – № 3. – С. 11–13.

35. Яремійчук Р.С. Освоєння свердловин / Р.С. Яремійчук, Ю.Д. Кочмар. – Практикум, 1997. – 256 с.

36. Інтернет джерело: <https://www.offshore-mag.com/drilling-completion/article/14038989/multilateral-stimulation-techniques-improve-reservoir-penetration>

37. Інтернет джерело: <https://www.fishbones.as/news>

38. Інтернет джерело: <https://www.oedigital.com/news/450848-gone-fishing>

39. 1. Інтернет джерел <https://www.oedigital.com/news/450848-gone-fishing>

40. Інтернет джерел <https://www.offshore-mag.com/drilling-completion/article/14038989/multilateral-stimulation-techniques-improve-reservoir-penetration>

41. Інтернет джерел <https://www.offshore-technology.com/analysis/featuremultilateral-well-stimulation-bones-of-a-revolution-4843291/>

42. Інтернет джерел <http://www.spe-uk.org/aberdeen/wp-content/uploads/2015/11/SPE-Aberdeen-presentation-Oct-2015-for-web.pdf>

43. Інтернет джерел <https://jpt.spe.org/needles-in-the-pay-stack-adnoc-exploring-tight-oil-rock-triples-production-in-first-pilot>

44. Інтернет джерело <https://chinookpetroleum.com/multilateral-feather-fishbone/>

45. Інтернет джерело <https://sever-press.ru/2019/05/21/the-first-fishbone-with-five-branches-was-drilled-in-tazovskoye-field/>

46. 1 Інтернет джерело <https://www.slb.com/resource-library/oilfield-review/defining-series/defining-multilateral-wells>

47. 2. Інтернет джерело <https://neftegaz.ru/tech-library/burenie/142482-klassifikatsiya-taml/>

48. Интернет джерело <https://www.cnpc.com.cn/en/xhtml/pdf/40-GWDC%20Multilateral%20Drilling%20and%20Completion%20Technology.pdf>