

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ПРОМИВАННЯ СЛОВБУРА ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ СВЕРДЛОВИНИ	9
1.1. Переваги буріння горизонтальних свердловин.....	9
1.2. Вітчизняний та світовий досвід буріння горизонтальних свердловин	11
1.3. Труднощі при бурінні горизонтальних свердловин	14
1.4. Висновки до розділу 1. Мета та задачі дослідження.....	19
РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОМИВАННЯ СВЕРДЛОВИНИ.....	22
2.1. Фактори, які призводять до зависання та відкладення шламу в горизонтальному стовбурі.....	22
2.2. Фактори, що впливають на якість очищення горизонтального стовбура свердловин	25
2.3. Вид промивальних рідин, що використовуються при бурінні горизонтальних свердловин	30
2.4. Дослідження впливу параметрів промивальної рідини на ефективність промивання горизонтальних стовбурів свердловини	35
2.5. Висновок до розділу 2	36
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРОМИВАННЯ СЛОВБУРА ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ СВЕРДЛОВИНИ	38
3.1. Моделювання та оптимізація гідравліки, що застосовується при бурінні нафтових свердловин	38
3.2. Моделювання гідравлічних процесів промивки свердловини в програмному забезпеченні Landmark WellPlan компанії Halliburton	40

3.3. Моделювання гідравлічних процесів промивки свердловини в програмному забезпеченні Drillbench компанії Schlumberger.....	43
3.4. Висновки до розділу 3	45
РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОМИВАННЯ СТОВБУРА ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ СВЕРДЛОВИНИ	47
4.1. Рекомендації до параметрів буріння для ефективного очищення горизонтального стовбура свердловини	47
4.2. Практичні методи очищення горизонтального стовбура свердловини	51
4.3. Висновки до розділу 4	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі на тему «Особливості промивання стовбура горизонтальної ділянки свердловини» в першому розділі розглянуто світовий досвід буріння горизонтальних свердловин, виконано аналіз проблем які виникають при горизонтальному бурінні. У другому розділі детально проаналізовано факти, які призводять до відкладення шламу в горизонтальному стовбурі та фактори, що впливають на якість очищення горизонтального стовбура. Досліджено вплив параметрів промивальної рідини на ефективність очищення горизонтального стовбура Третій розділ присвячено розгляду програмних комплексів моделювання процесу промивання стовбура горизонтальної ділянки свердловини. На основі досліджень попередніх розділів в четвертому розділі сформовано, розроблено рекомендації щодо параметрів буріння для ефективного очищення горизонтального стовбура свердловини. Наведені практичні методи очищення стовбура свердловини.

Ключові слова: промивальні рідини, шлам, горизонтальний стовбур свердловини, буріння

ANOTATION

In this qualification work on the topic "Features of horizontal wellbore flushing", the first section reviews the world experience of drilling horizontal wells, analyzes the problems that arise during horizontal drilling. The second section analyzes in detail the facts that lead to the deposition of mud in a horizontal wellbore and the factors that affect the quality of horizontal wellbore cleaning. The third section is devoted to the consideration of software systems for modeling the process of flushing the horizontal wellbore. Based on the studies of the previous sections, the fourth section develops recommendations on drilling parameters for effective cleaning of a horizontal wellbore. Practical methods of wellbore cleaning are presented.

Keywords: flushing fluids, cuttings, horizontal wellbore, drilling

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогодні головною метою нафтогазовидобувної галузі – це зробити так, щоб Україна могла сама забезпечити свої потреби в газі. Цього року Група Нафтогаз поставила за мету збільшити видобуток газу на 1 млрд. кубометрів. Тобто, на майже 8% більше, ніж торік. Зі слів керівника Укргазвидобування Олега Толмачева ключовими напрямками є збільшення обсягів буріння. А саме, активно розвивати технологію горизонтального буріння за аналогією досвіду США. Горизонтальне буріння дало можливість США перетворитися з імпортера на експортера газу. Наші геологи підтверджують, що в Україні ця технологія може створити аналогічний ефект, так як у нас схожі колектори. Тому буріння горизонтальних свердловин в умовах родовищ України розглядається як найперспективніший напрямок збільшення видобутку вуглеводнів, суттєвого підвищення ефективності розробки родовищ і збільшення ресурсної бази нафтової промисловості. Також за рахунок розвитку горизонтального буріння можна суттєво збільшити життєвий цикл виснажених родовищ.

Але на відмінно від вертикального горизонтальне буріння має свої особливості та складності, що потребує геть іншого підходу та новітніх технологій. Основними проблемами при бурінні горизонтальних свердловин є стабільність стовбура свердловини та видалення шламу.

На сьогодні у більшості застосовані технології і технічні засоби які використовуються в українському нафтогазовидобутку для буріння горизонтальних ділянки свердловини є не достатньо ефективними.

Тому для вирішення даних прогалин необхідно провести комплекс теоретичних і практичних досліджень особливостей промивання горизонтального стовбура свердловини, оскільки розвиток буріння горизонтальних свердловин на нафтових і газових родовищах України

сприятиме раціональному використанню запасів цих родовищ та стане основою зростання власного видобутку вуглеводнів.

Мета досліджень. Метою роботи є встановлення особливостей промивання стовбура горизонтальної ділянки свердловини з метою оптимізації технологічних процесів.

Задачі досліджень:

- провести аналіз факторів, які призводять до відкладення шламу в горизонтальному стовбурі;
- оцінити фактори, що впливають на якість очищення горизонтального стовбура свердловин;
- встановити тип промивальних рідин, які необхідно використовувати для буріння горизонтальних ділянок стовбура свердловини.
- розробити рекомендації щодо параметрів буріння для ефективного очищення горизонтального стовбура свердловини та надати практичні методи очищення стовбура свердловини.

Об'єктом дослідження – особливості промивання стовбура горизонтальної ділянки свердловини.

Предмет дослідження – технологія очищення горизонтального стовбура свердловини.

Методи дослідження: методи підземної гідрогазодинаміки; аналіз інформаційних джерел; синтез; абстрагування; узагальнення; пояснення; класифікація; моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів:

- розроблення рекомендацій щодо особливостей промивання горизонтального стовбура свердловини.

Практичне значення роботи полягає у розробленні рекомендацій щодо особливостей промивання горизонтального стовбура свердловини. Це важливе досягнення, оскільки дотримання таких рекомендацій може значно покращити ефективність та результативність буріння горизонтальних свердловин.

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Вона викладена на 61 сторінках, у тому числі 6 сторінок списку використаних джерел (45 найменувань).

Перший розділ присвячений вивченню світового досвід буріння горизонтальних свердловин, аналіз проблем які виникають при горизонтальному бурінні.

У другому розділі міститься детальний аналіз факторів, які призводять до відкладення шламу в горизонтальному стовбурі та фактори, що впливають на якість очищення горизонтального стовбура. Також проаналізовано тип промивальних рідин які застосовуються для буріння горизонтальних свердловин.

Третій розділ присвячено розгляду програмних комплексів моделювання процесу промивання стовбура горизонтальної ділянки свердловини.

Четвертому розділ присвячено рекомендації щодо параметрів буріння для ефектного очищення горизонтального стовбура свердловини. Наведені практичні методи очищення стовбура свердловини.

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., доц., доц.кафедри буріння та геології Харченко Максима Олександровича.

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

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Результати проведеного дослідження виявили важливі аспекти, які впливають на ефективність очищення горизонтального стовбура свердловини при бурінні горизонтальних свердловин. Відповідно, особливу увагу приділити практичним методам очищення ділянок стовбура з нахилом 60-90 град, де спостерігається найбільша тенденція до відкладення шламу.

2. В роботі було розглянуто програмне забезпечення, спрямоване на моделювання процесу промивання горизонтального стовбура свердловини. Ці програми враховують різноманітні фактори, необхідні для досягнення якісного очищення стовбура. Здійснено моделювання процесу буріння, що дозволяє ефективно спроектувати свердловину з урахуванням мінімізації ускладнень під час буріння. Ці інструменти створюють умови для оптимізації процесів і забезпечують стабільність та ефективність відвідуваного об'єкта. Але на жаль використання цих програмних комплексів вимагає придбання ліцензії, і вони не доступні для вільного використання. Вартість ліцензії може бути значною, що робить їх не такими доступними для широкого кола користувачів або дослідників.

3. На основі отриманих результатів досліджень були розроблені рекомендації щодо параметрів буріння для ефективного очищення горизонтального стовбура свердловини. Також в роботі надані практичні методи очищення стовбура свердловини, які можуть бути використані в реальних умовах буріння.

4. Ідеальна реологія бурового розчину – 6 об/хв мають бути в 1,0-1,2 рази більше розміру отвору в дюймах. Рекомендована мінімальна швидкість потоку при бурінні горизонтальної ділянки стовбура: діаметром 311,1 мм становить 2400-2600 л/хв при швидкості проходки 10-15 м/год.; діаметром 250 мм складає 1900 л/хв при швидкості проходки 10-20 м/год.; діаметром 215 мм – 1500 л/хв при швидкості проходки 10-20 м/год.

5. Мінімальна швидкість обертання бурильної колони для ефективного очищення стовбура діаметром: 311,1 мм становить 120 об/хв; 250 мм – 100 об/хв; 215 мм – 80 об/хв.

6. При бурінні горизонтального стовбура свердловин промивання без обертання не застосовується. Зворотне опрацювання може виконуватися при виконанні наступних рекомендацій: зворотне опрацювання повинно завжди виконуватися на максимально допустимій швидкості потоку та при максимально можливій швидкості обертання труби (100-120 об/хв або 150-180 об/хв), при яких значно покращується очищення свердловини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Conran, G. Overview: Horizontal and Complex Trajectory Wells (November 2007). *J. Pet. Technol.* 2007, 59, 64. [Google Scholar] [CrossRef]
2. Drilling Engineering. Towards Achieving Total Sustainability Sustainable Oil and Gas Development Series. – 2021, Pages 317-382
3. Deshmukh V. Review on Various Borehole Cleaning Parameters Related to Oil and Gas Well Drilling / Deshmukh V.; Dewangan S.K. // *J. Braz. Soc. Mech. Sci. Eng.* 2022, 44, 1–24. [Google Scholar] [CrossRef]
4. Drilling and Completion Fluids Design for Horizontal Well Drilling - Case History from Raudatain Field / Hadi Saad Al-Ajmi; Abdullah Al-Ajmi; Khalid Al-Ajmi; Abdul Aziz Al-Rushoud; Yousef Khan; Nasser Al Barazi; Abdullah Merza; Ghery Sotomayor; Prakash Jadhav // Paper presented at the SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, Manama, Bahrain, March 2013. <https://doi.org/10.2118/164177-MS>
5. Experimental Study of Cuttings Transport Efficiency of Water Based Drilling Fluids / Ytrehus, J.D., Taghipour, A., Lund, B., Werner, B., Opedal, N., Saasen, A., Ibragimova, Z. // *Materials Technology; Petroleum Technology. ASME* (2014), 10.1115/OMAE2014-23960
6. Extended-reach drilling (ERD) – The main problems and current achievements / Karim El Sabeh, Nediljka Gaurina-Medimurec, Petar Miji, Igor Medved and Borivoje Paši // *Applied Sciences.* – №13. – 2023. <https://doi.org/10.3390/app13074112>
7. Heshamudin N.S. Experimental Investigation of the Effect of Drill Pipe Rotation on Improving Hole Cleaning Using Water-Based Mud Enriched with Polypropylene Beads in Vertical and Horizontal Wellbores / Heshamudin N.S.; Katende A.; Rashid H.A.; Ismail I.; Sagala F.; Samsuri A. // *J. Pet. Sci. Eng.* 2019, 179, 1173–1185. [Google Scholar] [CrossRef]

8.Hole cleaning and drilling fluid sweeps in horizontal and deviated wells: Comprehensive review / Mahmoud H.; Hamza, A.; Nasser, M.S.; Hussein, I.A.; Ahmed, R.; Karami, H.// Comprehensive Review . Journal of Petroleum Science and Engineering. – №186. – 2020 [Google Scholar] [CrossRef]

9.Hole-cleaning performance comparison of oil-based and water-based drilling fluids / Sneha Sayindla, Bjørnar Lundb, Jan David Ytrehusb, Arild Saasen, Sneha Sayindlaa, Bjørnar Lundb, Jan David Ytrehusb, Arild Saasenc// Journal of Petroleum Science and Engineering. – №159(03). – 2017

10. Khosravanian, R.; Aadnøy, B.S. Methods for Petroleum Well Optimization: Automation and Data Solutions; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2021; pp. 1–538. [CrossRef]

11. Morrison, A.; Serov, N.; Ahmed, F. Completing Ultra Extended-Reach Wells: Overcoming the Torque and Drag Constraints of Brine. In Proceedings of the Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 11–14 November 2019. [Google Scholar] [CrossRef]

12. Ogunrinde, J.O.; Dosunmu, A. Hydraulic Optimization for Efficient Hole Cleaning in Deviated and Horizontal Wells. In Proceedings of the 2012 SPE Nigerian Annual International Conference and Exhibition, Abuja, Nigeria, 6–8 August 2012

13. Ofei, T.N.; Irawan, S.; Pao, W. Drilling Parameter Effects on Cuttings Transport in Horizontal Wellbores: A Review. ICIPEG 2014, 2015, 199–207.

14. Mims, M. & Krepp, T., 3rd edition, 2003-2007, Drilling Design and Implementation for Extended Reach and Complex Wells, K&M Technology Group, LLC, Houston, Texas

15. Mohammadsalehi, M.; Malekzadeh, N. Optimization of hole Cleaning and cuttings Removal in Vertical, Deviated and Horizontal Wells. In Proceedings of the SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Jakarta, Indonesia, 20–22 September 2011

16. Novel Automated Model for Evaluation of the Efficiency of Hole Cleaning Conditions during Drilling Operations / Mohammed Al-Rubaii, Mohammed Al-Shargabi, Dhafer Al-Shehri// *Appl. Sci.* 2023, 13. <https://doi.org/10.3390/app13116464>
17. Pedrosa, C.; Saasen, A.; Ytrehus, J.D. Fundamentals and Physical Principles for Drilled Cuttings Transport - Cuttings Bed Sedimentation and Erosion. *Energies* 2021, 14, 545.
18. Reeves, M.; Macpherson, J.D.; Zaeper, R.; Bert, D.R.; Shursen, J.; Armagost, W.K.; Paxton, D.S.; Hernandez, M. High Speed Drill String Telemetry Network Enables New Real Time Drilling and Measurement Technologies. In Proceedings of the IADC/SPE 99134, IADC/SPE Drilling Conference, Miami, FL, USA, 21–23 February 2006.
19. Singh, R.; Ahmed, R.; Karami, H.; Nasser, M.; Hussein, I. CFD Analysis of Turbulent Flow of Power-Law Fluid in a Partially Blocked Eccentric Annulus. *Energies* 2021, 14, 731.
20. Sorgun, M.; Aydin, I.; Ozbayoglu, M.E. Friction Factor for Hydraulic Calculations Considering Presence of Cuttings and Pipe Rotation in Horizontal / Highly-Inclined Wellbores. *J. Pet. Sci. Eng.* 2011, 78, 407–414. [Google Scholar] [CrossRef]
21. Stability Characteristics of Horizontal Wells in the Exploitation of Hydrate-Bearing Clayey-Silt Sediments – *J. Mar. Sci. Eng.* 2022, 10(12), 1935; <https://doi.org/10.3390/jmse10121935>
22. Zou, L.; Patel, M.H.; Han, G. A New Computer Package for Simulating Cuttings Transport and Predicting Hole Cleaning in Deviated and Horizontal Wells. In Proceedings of the SPE International Oil and Gas Conference and Exhibition, Beijing, China, 7–10 November 2000.
23. Wang, G.; Dong, M.; Wang, Z.; Ren, T.; Xu, S. Removing Cuttings from Inclined and Horizontal Wells: Numerical Analysis of the Required Drilling Fluid Rheology and Flow Rate. *J. Nat. Gas Sci. Eng.* 2022, 102, 104544

24. Xiaofeng S. Review of hole cleaning in complex structural wells / S Xiaofeng, W Kelin, Y Tie, Z Yang, S Shuai, L Shizhu// Open Pet. Eng. J., 6 (2013), pp. 25-32, 10.2174/1874834101306010025

25. Берладина Т.Я. Дослідження ефективності застосування горизонтальних свердловин та забурювання додаткових бокових горизонтальних стовбурів у діючих свердловинах для інтенсифікації розробки Бистрицької складки Довбушансько-Бистрицького нафтового родовища / Т.Я. Берладина // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2010. – № 1(34). – С. 165-168

26. Бойко В.С., Бойко Р.В. Дослідження ефективності застосування горизонтальних свердловин у нафтогазовій енергетиці // Нафтогазова енергетика. – 2006. – №1 (1). – С. 9-15.

27. Воєвідко І.В. Основні напрямки розвитку техніко-технологічних аспектів буріння горизонтальних свердловин / І.В. Воєвідко, А.І. Васько, І.А. Васько // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2021. – №3(84) – С. 67 – 73

28. Горизонтальні свердловини – досвід буріння та перспективи для нарощування видобування нафти на родовищах України / Є.М. Ставичний, Д.Ю. Агафонов, А.О. Пошивак, С.П. Тивончук, Д.А. Кекух, О.М. Придачина, Н. В. Бобаль, Б. А. Тершак, С. А. П'ятківський // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2022. – № 4(85). – С. 71-86

29. Горизонтальні свердловини, іноземні інвестиції та виклики газовидобувної сфери / онлайн-видання «Ньюфолк НКЦ» – 2023 /<https://oil-gas.com.ua/>

30. Коровяка Є.А. Прогресивні технології спорудження свердловин: монографія [Електронний ресурс] / Є.А. Коровяка, А.О. Ігнатов ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Електрон. текст. дані. – Дніпро: НТУ «ДП», 2020. – 166 с.

31. Коцкулич Я.С. Розробка та впровадження комплексу технічних засобів і технологій буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин (для умов нафтогазових родовищ України) / Дисертація. – 2013.

32. Коцкулич Я.С. Відновлення свердловин шляхом забурювання бокових стовбурів / Я С. Коцкулич, О.Г. Лазаренко, А.М. Лівинський // «Young Scientist». – 2016 – № 12.1 (40) – С. 45 – 49

33. Коцкулич Я.С. Застосування електробурів при спорудженні похило-скерованих свердловин / Коцкулич Я.С., Ставичний Є.М., П'ятківський С.А., Коцкулич Є.Я.// . Прикарпатський вісник НТШ. Число. 2013. № 1(21). С.138 – 148.

34. Кунцяк Я.В. Експериментальні та промислові дослідження і прогнозування стійкості стовбурів горизонтальних свердловин у нестійких породах / Я.В. Кунцяк, Р.Я. Кунцяк // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2011 – №1(38) – С. 62 – 68.

35. Лівинський А.М. Удосконалення технології буріння скерованих свердловин суміщеним способом/ Автореферат – 2019

36. Мочернюк Д.Ю. Дослідження впливу інтенсивності викривлення стовбура горизонтальної свердловини на стійкість її стінок / Д.Ю. Мочернюк, Я.В. Кунцяк, Р.Я. Кунцяк // Науковий вісник ІФНТУНГ.– 2005. – №2(11). – С. 37-41.

37. Нежильський О.Б. Особливості проектування профілю горизонтальної свердловини / О.Б. Нежильський, Ю.Г. Верьовкіна // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2006. – №3(20). – С. 20-24.

38. Палійчук І.І. Взаємодія колони обсадних труб зі стінками похилої, викривленої і горизонтальної ділянок свердловини / Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2018 – №1(66) – С. 27 – 37

39. Прокопів В.Й., Тивончук С.П. Збільшення обсягів видобутку нафти і газу за рахунок буріння горизонтальних свердловин на основі

геологічного моделювання. Нафтова і газова промисловість – 2011. №2. С. 27–28.

40. Прокопів В.Й., Кекух Д.А., Музичко Т.І., Тивончук С.П. Сучасні геологічні здобутки ПАТ "Укрнафта". Нафтогазова галузь України. 2018. № 2. С. 12–16.

41. Промивальні рідини в бурінні : підручник/ ЄА. Коровяка, Ю.Л. Винников, А.О. Ігнатов, О.В. Матяш, В.О. Расцветаєв // М-во освіти і науки України, Нац.тех.ун-т «Дніпровська політехніка». – 4-те вид., доп. – Дніпро : Журфонд, 2023. – 420 с.

42. Орловський В.М. Нафтогазовилучення з вантажодоступних і виснажених пластів / В.М. Орловський, В.С. Білецький, В.І. Сіренко// Харків: Харківський національний технічний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, НТУ «Харківський політехнічний інститут», ТОВ НТП «Бурова техніка», Львів, видавництво «Новий світ – 2000», 2023. – 312 с.

43. Чудик І.І. Біополімер-силікатний буровий розчин для буріння горизонтальних свердловин / І.І. Чудик, В.В. Богославець, І.Ф. Дудич // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2016 – №4(61) – С. 34 – 42

44. Чудик І.І. Моделювання процесу промивання свердловин / І.І. Чудик, І.Ф. Дудич, В.В. Токарук // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ – 2020. № 2(75) – 62-68 DOI: 10.31471/1993-9973-2020-2(75)-62-68

45. Шавранський М.В. Методи прогнозування та оперативного виявлення нафтогазоводопроявів при бурінні свердловин / М.В. Шавранський, О.В. Кучмистенко, В.М. Шавранський // Методи та прилади контролю якості. 2021 – №2(47) – С. 14 – 21