

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

Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра буріння та геології
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 184 Гірництво

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
Харченко М.О.
«_____» _____ 2024 року

Завідувач кафедри буріння та геології
Винников Ю.Л.
«_____» _____ 2024 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Особливості конструкції надглибоких експлуатаційних свердловин в умовах Семеренківського НГКР

Керівник
д.т.н., проф., завідувач
кафедри буріння та геології
Винников Ю.Л.
посада, наук. ступінь, ПІБ

підпис, дата,

Виконавець роботи
Костенко Владислав Андрійович
студент, ПІБ
група 601-ГР

підпис, дата

Консультант за 1 розділом
Харченко М.О.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом
Харченко М.О.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом
Харченко М.О.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту _____
Полтава, 2024

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

Навчально-науковий інститут: Нафти і газу
Кафедра: Буріння та геології
Освітньо-кваліфікаційний рівень: Магістр
Спеціальність: 184 Гірництво

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
Харченко М.О.
«___» _____ 2023 року

Завідувач кафедри буріння та геології
Винников Ю.Л.
«___» _____ 2023 року

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

Костенко Владислав Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Особливості конструкції надглибоких експлуатаційних свердловин в умовах Семеренківського НГКР

Керівник проекту (роботи) д.т.н., проф., завідувач кафедри буріння та геології Винников Ю.Л.

(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 тощо.

2. Проекти на влаштування свердловин (за необхідності).

3. Геологічні звіти за профілем роботи _____

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

Вступ.

1. Аналіз умов буріння надглибоких свердловин в умовах Дніпровсько-Донецької западини.

2. Обґрунтування конструкції свердловини в умовах Семеренківського родовища.

3. Впровадити результати дослідження в практику буріння свердловин на нафту і газ.

4. Загальні висновки по роботі

5. Перелік графічного матеріалу

Презентація із основними результатами кваліфікаційної роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Харченко М.О., доцент		
2	Харченко М.О., доцент		
3	Харченко М.О., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Етапи підготовки	Термін виконання
1	Інформаційно-оглядова частина	11.10-24.10
2	Експериментальна частина	25.10-14.11
3	Теоретична частина	15.11-5.12
4	Впровадження результатів досліджень	6.11-12.12
5	Оформлення та узгодження роботи	13.12-17.12
6	Попередні захисти робіт	13.12-17.12
7	Захист магістерської роботи	20.12-24.12

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	6
ANOTATION	6
АБРІВІАТУРИ	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СВІТОВОГО ДОСВІДУ ГЛИБОКОГО БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН	10
1.1. Аналіз світових досягнень глибокого буріння свердловин.....	10
1.2. Особливості проектування глибоких і надглибоких свердловин	16
1.3. Класифікація можливих ускладнень, що характерні під час спуску обсадних колон в глибокі свердловини та при їх цементуванні	18
1.4. Висновки до розділу 1. Мета і задачі дослідження	22
РОЗДІЛ 2. ОЦІНЮВАННЯ УМОВ БУРІННЯ НАДГЛИБОКОЇ СВЕРДЛОВИНИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУРІННЯ.....	24
2.1. Аналіз гірничо-геологічних умов буріння	24
2.2. Обґрунтування проектної конструкції глибокої свердловини.....	28
2.3. Обґрунтування промивальних рідин для буріння глибокої свердловини.....	32
2.4. Обґрунтування бурильного інструменту та режимів буріння для влаштування глибокої свердловини	36
2.5. Висновки до розділу 2	41
РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КРІПЛЕННЯ НАДГЛИБОКОЇ СВЕРДЛОВИНИ В УМОВАХ СЕМЕРЕНКІВСЬКОГО ГКР.....	43
3.1. Техніко-технологічні заходи для безаварійного спорудження глибокої свердловини	43
3.2. Систематизація факторів, що слід враховувати під час проектування кріплення глибоких свердловини	44

3.3. Обґрунтування технологічних рішень кріплення глибокої свердловини	46
3.4. Методика випробування обсадних колон на герметичність	53
3.5. Висновки до розділу 3	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна магістерська робота спеціальності 184 Гірництво освітньо-професійної програми «Буріння нафтових і газових свердловин» на тему «Особливості конструкції надглибоких експлуатаційних свердловин в умовах Семеренківського НГКР».

Перший розділ присвячено аналізу досвіду глибокого буріння свердловин в світі і в Україні. Зокрема, наведено статистику сучасних досягнень глибокого буріння свердловин, систематизовано основні ускладнення та аварії, що характерні при спуску обсадних труб та їх цементуванні у глибоких свердловинах.

У другому розділі обґрунтовано технологію буріння глибокої свердловини за реальними промисловими даними в умовах Семеренківського НГКР. Зокрема, обґрунтовано основні параметри свердловини та проаналізовано гірничо-геологічні умови буріння. Для цих умов обґрунтовано оптимальні промивальні рідини для буріння, бурильний інструмент для поглиблення свердловини.

Третій розділ присвячений обґрунтовано технологічних рішень кріплення глибокої свердловини для умов буріння, що розглянуто в другому розділі, а також методика випробування обсадних колон на герметичність після їх влаштування з метою забезпечення надійності конструкції свердловини.

Ключові слова: глибоке буріння; надглибока свердловина; обсадна колона; муфти ступеневого цементування.

ANOTATION

Qualification master's thesis of the specialty 184 Mining of the educational and professional program «Drilling of oil and gas wells» on the topic "Features of the design of ultra-deep production wells in the conditions of the Semenkovsk OGC".

The first section is devoted to the analysis of the experience of deep well drilling in the world and in Ukraine. In particular, it provides statistics on modern achievements in deep well drilling, systematizes the main complications and accidents that are typical for casing and cementing in deep wells.

The second section substantiates the technology of drilling a deep well based on real industrial data in the conditions of the Semenkovske OGCF. In particular, the main parameters of the well are substantiated and the mining and geological conditions of drilling are analyzed. For these conditions, the optimal drilling fluids for drilling and drilling tools for deepening the well are substantiated.

The third section is devoted to the substantiated technological solutions for deep well casing for drilling conditions, which were discussed in the second section, as well as the methodology for testing casing for leaks after their installation to ensure the reliability of the well structure.

Keywords: deep drilling; ultra-deep production wells; casing; couplings for step cementing

АБРІВІАТУРИ

ОП – противикидне обладнання;

НГКР – нафтогазоконденсатне родовище;

МСЦ - муфти ступеневого цементування;

КНБК – компоновка низу бурильної колони;

СПО – спуско-підіймальні операції

ВСТУП

Актуальність теми. Згідно з Правилами розробки нафтових і газових родовищ (затверджено Міністерством екології та природних ресурсів України зі змінами 02.05.2023 р.) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0692-17#Text> глибоке буріння - спорудження свердловин у земній корі, буріння яких здійснюється на глибину понад 4 500 м по вертикальному стовбуру свердловини.

Спорудження глибоких і надглибоких свердловин є одним із перспективних способів нарощення потенційних ресурсів і запасів нафти та газу, оскільки запаси вуглеводнів на малих і середніх глибинах у багатьох регіонах значною мірою вичерпані. Проблеми безаварійного буріння та надійності кріплення свердловин стають актуальними у зв'язку зі зростанням глибин буріння, ускладненням гірничо-технічних та геологічних умов (високі температури, високі пластові тиски, аномальність пластових тисків, нестійкі гірські породи, можливість міжпластових перетоків). Тому тема кваліфікаційної роботи «Особливості конструкції надглибоких експлуатаційних свердловин в умовах Семиренківського НГКР» є однозначно актуальною для розвитку гірництва та нафтогазової інженерії України.

Мета і задачі досліджень. Метою магістерської роботи є обґрунтування особливостей конструкції глибоких експлуатаційних свердловин в умовах Семиренківського газоконденсатного родовища.

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

- проаналізувати досвід буріння глибоких свердловин;
- обґрунтувати оптимальну конструкцію глибокої експлуатаційної свердловини в умовах Семиренківського НГКР.

Об'єктом дослідження є кріплення глибоких експлуатаційних свердловин в умовах Семиренківського ГКР.

Предмет дослідження – обґрунтування конструкції експлуатаційної глибокої свердловини в геолого-технічних умовах Семиренківського ГКР.

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

Наукова новизна і практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що отримані автором у процесі досліджень результати дозволили розробити оптимальну конструкцію глибокої свердловини в складних гірничо-геологічних умовах Семеренківського НГКР.

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Вона викладена на 58 сторінках, у тому числі 6 сторінок списку використаних джерел (49 найменувань).

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 д.т.н., професора, завідувача кафедри буріння та геології Винникова Юрія Леонідовича.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведені дослідження дозволили вирішити важливу задачу щодо обґрунтування оптимальної конструкції експлуатаційної глибокої свердловини в реальних гірничо-геологічних умовах (за промисловими даними) Семеренківського газоконденсатного родовища.

У результаті проведених досліджень можливо зробити наступні висновки:

1. Для видобутку корисних копалин, в т.ч. вуглеводнів, доводиться бурити свердловини все більшої глибини. Зокрема, за дослідженнями вчених-геологів, в т.ч. проф. Лукіна О.Ю. (із НУПП кафедри буріння та геології) сучасні перспективи знаходження нових потужних родовищ вуглеводнів можливе лише на великих глибинах (більше 7 000 м). При цьому на сьогодні накопичено певний досвід спорудження надглибоких і глибоких свердловин по всіх континентах світу. Більшість всіх глибоких і надглибоких свердловин супроводжувалися суттєвими ускладненнями і аваріями. Одним із шляхів вирішення цих проблем є підбір правильної конструкції свердловини, обґрунтування правильної технології буріння та кріплення свердловини.

2. Для гірничо-геологічних умов надглибокого буріння до глибини 7050 м для Семеренківського НГКР характерно: поглинання бурового розчину можливе в інтервалі 1385 – 7050 м при умові підвищенні густини бурового розчину вище передбаченого в проекті; осипання й обвалювання стінок свердловини; газопроявлення при умові зниження протитиску на пласт в інтервалі 3835 – 7050 м; прихоплення бурильних інструментів: звуження стовбура, сальникоутворення, утворення каверн, жолобів, затяжки бурильного інструменту, заклинювання.

3. Специфіка конструкції надглибокої свердловини в складних гірничо-геологічних умовах Семеренківського НГКР заключається в тому, що для таких глибин технічна колона складається із двох частин різного діаметру, причому другу секцію слід спускати трьома частинами. Додатковою специфікою є те, що експлуатаційна колона також складається із двох секцій одного діаметру (експлуатаційна колона і експлуатаційна надставка, остання спускається після

влаштування експлуатаційного хвостовика). Обидві технічні та експлуатаційні колони потрібно цементувати на всю глибину та обладнати гирло противикідним обладнанням.

4. Для безаварійного кріплення свердловини слід враховувати всі можливі ускладнення при спуску обсадних колон, їх цементуванні та твердінні і наборі міцності цементного каменю. З цією метою необхідно перед спуском обсадних колон виконувати правильну підготовку стовбуру свердловини та відповідне оснащення обсадних колон. Важливим також є етап випробування обсадних колон на герметичність.

5. Для безаварійного спорудження та експлуатації надглибокої свердловини проектною глибиною 7050 м в умовах Семеренківського НГКР доцільно застосовувати спеціально термостійкі цементі розчини та застосовувати спеціальні турболізатори для якісного цементування обсадних колон. При цьому технічну та експлуатаційні колони слід цементувати в декілька ступенів з якісним випробуванням герметичності обсадних колон

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. African Oil Exploration Consortium. (2018). Strategies for Deep Drilling in African Oil Fields.
2. Smith, J. (2020). Advancements in Deep Drilling Technologies. *Oil & Gas Journal*, 25(2), 45-58.
3. European Environmental Agency. (2019). Environmental Impact Assessment in Deep Drilling Projects.
4. Raptanov A. K., Ruzhenskyi V. V., Kostiv B. I., Myslyuk M. A., Charkovskyi V. M. Analysis of the deep drilling technology in unstable formations at the Semyrenky Gas condnsate Field // *Socar Proceedings Special Issue*. – 2021. – No. 2. – С. 52–64.
5. Zhang, Q., & Kapoor, R. (2021). Artificial Intelligence Applications in Deep Drilling Automation. - *Journal of Energy Technology*, 40(4), 789-802.
6. South American Energy Review. (2022). Innovations in Offshore Oil Production in South America.
7. Буріння свердловин: навч. посіб / Є.А. Коров'яка, 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.
8. Буріння свердловин. Довідник у п'яти томах / М.А. Мислюк, І.Й. Рибчич, Р.С. Яремійчук. - Київ, Інтерпрес. 2004. - 376 с.
9. Вибір технологічних заходів для кріплення нестійких колекторів у свердловинах родовищ нафти і газу / О.Г. Драчук В.П. Гришаненко Р.В. Тимах О.В. Панасенко С.В. Касянчук Р.Я. Василюшин // *Нафтогазова галузь України*. – 2014. № 5. – С. 16-19.
10. «ДТЕК Нафтогаз» пробурить свердловину глибиною 7050 м на Семиренківському родовищі. Режим доступу: <https://expro.com.ua/novini/dtek-naftogaz-proburit-sverdlovinu-glibinoyu-7-050-m-nasemirenkivskomu-rodovisch>
11. «ДТЕК Нафтогаз» у наступні 2 роки пробурить 6 свердловин на Семиренках з очікуваним приростом 4 млрд куб. м газу. Режим доступу:

<https://expro.com.ua/novini/dtek-naftogaz-u-nastupn-2-rokiproburit-6-sverdlovin-na-semirenkah-z-ochkuvanim-prirostom-4-mlrdkub-m-gazu>

12. Драйверами нарощення газовидобутку залишаються глибоке буріння і новітні технології <https://oilandgas.dtek.com/media-center/press/drayverami-naroshchennya-gazovidobutku-zalishayutsya-gliboke-burinnya-i-novitni-tekhnologi/>

13. <https://www.naftogaz.com/news/ukrgasvydobuvannya-deepest-well>

14. «Нафтогаз» ввів в експлуатацію газову свердловину глибиною у 6 кілометрів. Режим доступу: <https://www.5.ua/suspilstvo/naftohaz-vviv-v-eksploatatsiiu-hazovu-sverdlovyinu-hlybynoi-u-6-kilometriv-217118.html>

15. «Нафтогаз» пробурих 6-кілометрову свердловину на Полтавщині. Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/news/2020/10/13/666203/>

16. Експлуатація свердловин у нестійких колекторах / В.С. Бойко, І.А. Франчук, С.І. Іванов, Р.В. Бойко; – К.: ТОВ Книгодрук, 2004. – 400 с.

17. 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.

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

19. Лукін О. Ю., Пригаріна Т. М., Гончаров Г. Г., Щукін М. В. Про умови екранування вуглеводневих покладів на великих глибинах (на прикладі нижньокам'яновугільних нафтогазоносних комплексів Дніпровсько-Донецької западини) // Геол. журн. – 2007. – № 3 (320). – С. 33–44.

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

21. Прогресивні технології спорудження свердловин: монографія. / Є.А. Коровяка, А.О. Ігнатов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». - Дніпро: 2020.-164 с.

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

23. РД 41 5804046–193-89. Випробування свердловин на території України. Правила розробки родовищ нафти і газу. – К.: Міністерство палива та енергетики України, 2010. – 109 с.

24. Римчук Д.В. Навчальний посібник навчальної дисципліни «Фонтанна та газова безпека в нафтогазовій галузі» / Катеринчук П.О., Мінчукова Н.Ф., Римчук Д.В., Цибулько С.В. - Х: «ПЛАНЕТА-ПРИНТ», 2022 – 646 с.

25. Розрахунок обсадних колон при складному навантаженні / Я.С. Коцкулич, І.М. Ковбасюк, О.Б. Марцинків, І.І. Палійчук, І.І. Витвицький // Науковий вісник ІФНТУНГ. 2011. № 4(30) – С. 16-20.

26. СОУ 09.1-30019775-224:2013. Свердловини на нафту і газ. Профілактична робота з попередження виникнення флюїдопроявів, відкритих газових і нафтових фонтанів та аварій. Організація і методика проведення. ПАТ «Укргазвидобування».

27. СОУ 09.1–30019775–215:2013. Свердловини на нафту і газ. Випробування обсадних колон на герметичність. ПАТ «Укргазвидобування».

28. СОУ 09.1-30019775-245:2015. Свердловини на нафту і газ. Попередження газонафтоводопроявів і відкритих фонтанів при бурінні та капітальному ремонті свердловин. ПАТ «Укргазвидобування».

29. СОУ 11.2-30019775 – 019:2004. Свердловини на нафту і газ. Тиски опресування міжколонного простору після спуску проміжних та експлуатаційних колон. Розрахунок. ПАТ «Укргазвидобування».

30. СОУ 09.1-30019775-328-5:2020 Влаштування свердловини. Частина 5. Кріплення свердловини.

31. Стефурак Р.І., Яремійчук Р.С. Деякі аспекти впровадження сучасних технологій буріння глибоких нафтових і газових свердловин (оглядова стаття) / Р.І. Стефурак, Р.С. Яремійчук // Мінеральні ресурси України, № 3, 2023. – С. 30-38.

32. Стефурак Р. І., Яремійчук Р. С. Історичні нариси буріння нафтових і газових свердловин – від проекту до практики (погляд з минулого в майбутнє) // Мінеральні ресурси України. – 2021. – № 3. – С. 24–27.
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. Яремійчук Р. С. Буріння нафтових і газових свердловин: вчора, сьогодні, завтра // Прикарпат. вісн. НТШ. – 2018. – № 2 (46). – С. 192–196.