

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 бакалавр
Спеціальність 184 Гірництво

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
Харченко М.О.

«___» _____ 2024 року

Завідувач кафедри буріння та геології
Винников Ю.Л.

«___» _____ 2024 року

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему Обґрунтування оптимальної траєкторії свердловини та
бурових технологічних рідин за результатами аналізу
геомеханічної моделі в Techlog

Пояснювальна записка

Керівник

к.т.н., доц. кафедри буріння та
геології

Харченко Максим Олександрович

посада, наук. ступінь, ПІБ.

Виконавець роботи

Денисенко Антон Віталійович

студент, ПІБ

студент група 602мГР

підпис, дата

підпис, дата

Консультант за 1 розділом

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 2 розділом

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Консультант за 3 розділом

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.

Завідувач кафедри буріння та геології
Винников Ю.Л.

« ____ » _____ 2023 року

« ____ » _____ 2023 року

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

Денисенко Антона Віталійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Обґрунтування оптимальної траєкторії свердловини та бурових технологічних рідин за результатами аналізу геомеханічної моделі в Techlog

Керівник проекту (роботи) к.т.н., доц., доц. кафедри буріння та геології 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 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 сучасного стану питання

2. Визначення параметрів геомеханічної моделі свердловини _____

3. Методика побудови геомеханічної моделі свердловини в програмному комплексі Techlog

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			
2			
3			

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	20.01-24.01

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Ім'я користувача:
Олександр Матяш

ID перевірки:
1016078643

Дата перевірки:
23.01.2024 13:20:10 EET

Тип перевірки:
Doc vs Internet

Дата звіту:
23.01.2024 13:22:07 EET

ID користувача:
100013332

Назва документа: МР_Денисенко

Кількість сторінок: 64 Кількість слів: 7734 Кількість символів: 63901 Розмір файлу: 8.71 MB ID файлу: 1015788157

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

6.78% Схожість

Найбільша схожість: 1.03% з Інтернет-джерелом (<https://pseccommunity.org/wp-content/plugins/wpor/includes/file/2303>).

6.78% Джерела з Інтернету

750

Сторінка 66

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

22

Підозріле форматування

15
сторінок

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	6
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ.....	11
1.1. Аналіз особливостей побудови траєкторії свердловини та визначення типів бурових технологічних рідин	11
1.2. Аналіз існуючих програмних комплексів для побудови геомеханічної моделі 15	
1.3. Дослідження програмного модуля Techlog.....	20
1.4. Висновки до розділу 1. Мета та задачі досліджень.....	21
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ПОБУДОВИ ГЕОМЕХАНІЧНОЇ МОДЕЛІ СВЕРДЛОВИНИ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ TECHLOG.....	23
2.1. Аналіз об'єкту дослідження	23
2.2. Етапи побудови та калібрування 1D геомеханічної моделі	23
2.3 Відновлення поперечної хвилі.....	25
2.4. Відновлення густинного каротажу.....	28
2.5. Оцінка вертикального напруження	30
2.6. Оцінка порового тиску.....	31
2.7. Висновки до розділу 2	33
РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГЕОМЕХАНІЧНОЇ МОДЕЛІ СВЕРДЛОВИНИ.....	34
3.1. Визначення динамічних модулів за геоінформаційною системою (ГІС) 34	
3.2. Визначення статичних модулів за керном.....	35
3.3. Визначення міцності на одновісне стиснення.....	38
3.4. Визначення кута внутрішнього тертя	41
3.5. Визначення міцності на розтягнення	47
3.6. Визначення магнітуд горизонтальних напружень.....	48

3.7. Визначення напрямків горизонтальних напружень	50
3.8. Визначення стійкості стінок свердловини.....	53
3.9. Висновки до розділу 3	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	65

АНОТАЦІЯ

В роботі «Обґрунтування оптимальної траєкторії свердловини та бурових технологічних рідин за результатами аналізу геомеханічної моделі в Techlog» в першому розділі проаналізовано сучасний стан питання. Проведено аналіз особливостей побудови траєкторії свердловини та визначення типів бурових технологічних рідин. Проаналізовано сучасне програмне забезпечення, що використовується для моделювання геомеханічної моделі.

У другому розділі розглянуто методику побудови геомеханічної моделі свердловини в програмному комплексі Techlog.

Третій розділ присвячено визначення параметрів геомеханічної моделі свердловини. Виконано розрахунок густини бурового розчину й визначено оптимальну траєкторію для горизонтальних свердловин у тріщинуватих карбонатах. В процесі дослідження проведено розрахунки емпіричних залежностей пружних і міцнісних властивостей для палеозойських карбонатів, представлено етапи побудови та калібрування одновимірної геомеханічної моделі, проведено вибір оптимальної густини бурового розчину для горизонтальних свердловин у палеозойському інтервалі, визначено азимути напрямку буріння. Кваліфікаційна магістерська робота виконана з використанням програмного продукту Techlog 2017.

Ключові слова: геомеханічна модель, оптимальна траєкторія свердловини, густина бурового розчину, стійкість стінок стовбура свердловини, напруження гірських порід, паспорт міцності.

ANOTATION

In the paper "Substantiation of the optimal well trajectory and drilling fluids based on the results of the geomechanical model analysis in Techlog", the first section analyzes the current state of the art. The peculiarities of building a well trajectory and determining the types of drilling fluids are analyzed. The modern software used to simulate the geomechanical model is analyzed.

The second section describes the methodology for building a geomechanical model of a well in the Techlog software package.

The third section is devoted to determining the parameters of the geomechanical model of the well. The drilling mud density is calculated and the optimal trajectory for horizontal wells in fractured carbonates is determined. In the course of the study, the empirical dependences of elastic and strength properties for Paleozoic carbonates were calculated, the stages of construction and calibration of a one-dimensional geomechanical model were presented, the optimal drilling mud density for horizontal wells in the Paleozoic interval was selected, and the azimuths of the drilling direction were determined. The qualifying master's thesis was performed using the Techlog 2017 software product.

Keywords: geomechanical model, optimal borehole trajectory, drilling mud density, borehole wall stability, rock stress, strength data sheet.

ВСТУП

Актуальність теми. В добу постійного розвитку нафтовидобувної індустрії, визначення оптимальної траєкторії свердловини та вибір ефективних бурових технологічних рідин стає вкрай важливим завданням. Застосування сучасних технологій, таких як програмне забезпечення Techlog, для аналізу геомеханічної моделі, дозволяє точно визначити параметри ґрунтів та гірських порід, що в свою чергу впливає на стійкість та продуктивність свердловин. Такий підхід стає ключовим для підвищення ефективності видобутку, зниження витрат та мінімізації негативного впливу на довкілля. Аналіз та обґрунтування оптимальної траєкторії в поєднанні з вибором оптимальних бурових технологічних рідин стають вагомими чинниками для підтримки стійкості свердловин та досягнення стратегічних економічних та екологічних цілей у сучасному нафтогазовому секторі.

Важливим кроком для вирішення сучасних викликів у нафтогазовій промисловості є визначення оптимальної траєкторії свердловини та типу бурових рідин для її спорудження на основі аналізу геомеханічної моделі в Techlog. Такий підхід дозволяє підприємствам досягати оптимальних результатів у виробництві та ефективно впроваджувати стратегії сталого розвитку, враховуючи високий рівень точності, що забезпечується використанням сучасних інструментів та технологій. Такий дослідницький підхід відповідає сучасним вимогам і стає важливим фактором для підтримки конкурентоспроможності та сталого розвитку відповідних нафтогазових підприємств.

Мета досліджень. Метою даної роботи є дослідження та обґрунтування оптимальної траєкторії свердловини та вибору ефективних бурових технологічних рідин на основі аналізу геомеханічної моделі в Techlog.

Задачі досліджень:

- визначити етапи побудови та калібрування 1D геомеханічної моделі
- провести вибір оптимальної густини бурового розчину для горизонтальних свердловин;
- розрахувати вертикальне напруження і поровий тиск;
- визначити динамічні модулі за геоінформаційної системою;
- побудувати кореляційні залежності за керном для переведення динамічних модулів у статичні та паспорти міцності для зразків керна;
- визначити напрямки і магнітуди мінімального і максимального горизонтальних напружень;
- провести калібрування отриманої моделі за даними буріння і каверно міру;
- розрахувати густини бурового розчину й оптимальну траєкторію для горизонтальних свердловин.

Об'єктом дослідження – процес буріння свердловин, зокрема, визначення оптимальної траєкторії та впливу бурових технологічних рідин, здійснюваний за результатами аналізу геомеханічної моделі в Techlog.

Предмет дослідження – обґрунтування оптимальної траєкторії свердловини та вибір бурових технологічних рідин.

Наукова новизна отриманих результатів: отримані емпіричні залежності міцнісних та пружних властивостей можуть бути використані для побудови одновимірної геомеханічної моделі та розрахунку оптимальної траєкторії горизонтальної свердловини.

Практичне значення роботи – модель дає змогу проводити буріння горизонтальних свердловин у тріщинуватих карбонатах із меншою ймовірністю ускладнень для буріння.

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Вона викладена на 68 сторінках, у тому числі 30 рисунків, 7 таблиць, 4 сторінок списку

використаних джерел.

Перший розділ присвячений вивченню сучасного стану питання. Проведено аналіз особливостей побудови траєкторії свердловини та визначення типів бурових технологічних рідин. Проаналізовано сучасне програмне забезпечення, що використовується для моделювання геомеханічної моделі.

У другому розділі розглянуто методику побудови геомеханічної моделі свердловини в програмному комплексі Techlog.

Третій розділ присвячено визначення параметрів геомеханічної моделі свердловини. Виконано розрахунок густини бурового розчину й визначено оптимальну траєкторію для горизонтальних свердловин у тріщинуватих карбонатах. В процесі дослідження проведено розрахунки емпіричних залежностей пружних і міцнісних властивостей для палеозойських карбонатів, представлено етапи побудови та калібрування одновимірної геомеханічної моделі, проведено вибір оптимальної густини бурового розчину для горизонтальних свердловин у палеозойському інтервалі, визначено азимути напрямку буріння. Кваліфікаційна магістерська робота виконана з використанням програмного продукту Techlog 2017.

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 2024 році під керівництвом к.т.н., доц., доц. кафедри буріння та геології Харченко Максима Олександровича.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі вирішено науково-технічну задачу – отримані емпіричні залежності міцнісних та пружних властивостей, що можуть бути використані для побудови одновимірної геомеханічної моделі та розрахунку оптимальної траєкторії горизонтальної свердловини.

1. У результаті проведеної роботи проведено аналіз керна й отримано емпіричні залежності, що характеризують пружні властивості палеозойських відкладень такі як: статичний модуль Юнга і коефіцієнт Пуассона. Побудовано паспорти міцності для карбонатів і отримано кореляції для кута внутрішнього тертя і міцност на одновісне стиснення. Знайдено залежність між динамічним і статичним модулями Юнга за дослідженнями керна.

2. Побудовані емпіричні залежності знайшли своє підтвердження при калібруванні градієнта обвалення на каверномір.

3. За допомогою знімків електричного мікроіміджера було визначено азимуту мінімального і максимального горизонтальних напружень, що дало змогу визначити безпечні напрямки буріння майбутніх горизонтальних свердловин.

4. Аналіз моделі привів до поділу палеозою на два інтервали: верхній і нижній. Рясні вивали за показаннями каверноміра і щільна тріщинуватість на знімках електричного мікроіміджера дали змогу зробити висновок про занижену міцність на одновісне стиснення у верхньому інтервалі палеозою. Такий висновок зумовлює більшу густину бурового розчину $1,53 \text{ г/см}^3$ для безпечного буріння горизонтальних свердловин у верхньому інтервалі (3081,5 - 3360 м).

5. Нижній інтервал (3360-3580 м) повністю узгоджується з характеристиками міцності характеристиками, отриманими за кореляціями з керна, і є сприятливим для буріння горизонтальних свердловин без значного збільшення густини бурового розчину, що дорівнює $1,16 \text{ г/см}^3$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Sayers, C.M.; Johnson, G.M.; Denyer, G. Predrill Pore-Pressure Prediction Using Seismic Data. *Geophysics* 2002, 67, 1286–1292.
2. Grachev O. V. и др. Application of geomechanical modeling for well drilling on the Kosukhinskoye field (Russian) // *Oil Industry Journal*. - Oil Industry, Journal, 2018. - С. 41–45.
3. Greenberg M.L., Castagna J.P. Shear-wave velocity estimation in porous rocks: theoretical formulation, preliminary verification and applications // *Geophysical prospecting*. - European Association of Geoscientists & Engineers, 1992. - С. 195–209.
4. Grishin P.A., Kovalev K.M. Experimental determination of Visovoye oilfield carbonate formations stress-strain properties (Russian) // *Oil Industry Journal*. - Oil Industry Journal, 2016. - С. 78–81.
5. Hairullin A.R., Vahitova G.R. Reconstruction of petroelastic properties of rocks according to well logging data (Russian) // *Bulatov readings*. - 2019. - С. 151–155.
6. Horsrud P. Estimating Mechanical Properties of Shale From Empirical Correlations // *SPE Drilling & Completion*. - Society of Petroleum Engineers, 2001. - С. 68–73.
7. Karpov I. и др. Selection of Unconventional Core Workflow Depending on Field Goals (Russian) // *SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition*. - Society of Petroleum Engineers, 2016. - С. 1–19.
8. Kashnikov Y.A. и др. Геомеханические характеристики терригенных продуктивных объектов нефтяных месторождений Западного Урала // *Neftyanoe Khozyaystvo - Oil Industry*. - 2017. - С. 32–35.
9. Lockner D.A. Rock failure // *Rock physics and phase relations: A handbook of physical constants*. - Wiley Online Library, 1995. - С. 127–147.

10. Lukin S. V. и др. Borehole stability prediction to avoid drilling failures (Russian) // Oil Industry Journal. - Oil Industry Journal, 2016. - С. 70–73
11. Mavko G., Mukerji T., Dvorkin J. The rock physics handbook. – Cambridge university press, 2020.
12. Mehrabian A., Pérez A.D., Santana C. Wellbore-Stability Analysis Considering the Weak Bedding Planes Effect: A Case Study // SPE Drilling & Completion. - Society of Petroleum Engineers, 2018. - С. 377–384
13. Merkulov V.P., Posisoev A.A. Evaluation of reservoir properties and operational log analysis. - Research and Education Center TPU, 2004. - 113 с.
14. Ovcharenko Y. и др. Experience in 3D Geomechanical Modeling, Based on One of the West Siberia Oilfield (Russian) // SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. - Society of Petroleum Engineers, 2016. - С. 1–11.
15. Plumb R.A. Influence of composition and texture on the failure properties of clastic rocks // Rock Mechanics in Petroleum Engineering. - Society of Petroleum Engineers, 1994. - С. 13–20.
16. Predein A.A. и др. Geomechanical modeling in well construction (Russian) // Actual problems of increasing the efficiency and safety of mining and oilfield equipment. - 2018. - С. 264–270.
17. Słota-Valim, M.; Lis-Śledziona, A. The Use of Well-Log Data in the Geomechanical Characterization of Middle Cambrian Tight Sandstone Formation: A Case Study from Eastern Pomerania, Poland. *Energies* 2021, *14*, 6022. <https://doi.org/10.3390/en14196022>
18. Iferobia C., Ahmad, M. Review on the Experimental Techniques and Applications in the Geomechanical Evaluation of Shale Gas Reservoirs. *J. Nat. Gas Sci. Eng.* 2020.
19. Silva I. и др. Advanced Borehole Image Applications In Turbidite Reservoirs Drilled With Oil Based Mud A Case Study From Deep Offshore Angola

//SPWLA 44th Annual Logging Symposium. - Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts, 2003. - С . 1–13.

20. Sirat M., Ahmed M., Zhang X. Predicting Hydraulic Fracturing in a Carbonate Gas Reservoir in Abu Dhabi Using 1D Mechanical Earth Model: Uncertainty and Constraints // SPE Middle East Unconventional Resources Conference and Exhibition. - Society of Petroleum Engineers, 2015. - С . 1–11.

21. Skripkin A.G., Polyakov D.A., Toropetsky K. V. Creation of the Strength Envelope for Rock Samples by the Multi-Cycle Loading Method (Russian) // SPE Russian Petroleum Technology Conference. - Society of Petroleum Engineers, 2017. - С . 1–13.

22. Stefanov Y.P. и др. Modelling of Hydraulic Fractures Propagation in the Layered Elastoplastic Media (Russian) // SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. - Society of Petroleum Engineers, 2016.

23. Toropetskiy K. и др. Building 1D physical and mechanical models and solving the problems of stability of the wellbore and borehole zone (Russian) // Automation, telemechanization and communications in the oil industry. 2016. - С . 29–41.

24. Буріння свердловин: навч. посіб. [Електронний ресурс] /Є.А. Коровяка, В.Л.Хоменко, Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, В.О. Расцветаев ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т«Дніпровська політехніка».–Електрон. текст.дані.–Дніпро:НТУ «ДП», 2021.–294с.

25. Винников Ю.Л. Основи буріння свердловин: конспект лекцій для студентів спеціальності 103 Науки про Землю. Ступінь вищої освіти – бакалавр. – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021 – 120 с.

26. Демчина М.М. Експертні методи оцінки технологічних параметрів у процесі буріння свердловин /М.М. Демчина, В.І. Шекета, Р.Б. Вовк // Нафтогазова енергетика. 2013 – №1 (19)

27. 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.

28. Матвійків Т. М. Інформаційні технології усунення ударів та вібрацій в похило-скерованому бурінні : дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.13.06 – інформаційні технології / Тарас Михайлович Матвійків ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет “Львівська політехніка”. – Львів, 2016. – 157 с.

29. Розробка методів управління параметрами двофазного потоку, що використовується для промивання свердловин / А.Ф. Булат, Б.А. Блюсс, В.Г. Шевченко, В.И. Елисеєв, М.М. Лях, А.Ю. Дреус // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. – Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ, 2016. – Вип. 131. – С. 3-13.

30.Офіційний сайт компанії «Baker Hughes»: <https://www.bakerhughes.com>

31.Офіційний сайт компанії «Halliburton»: <http://www.halliburton.com>

32.Офіційний сайт компанії «Schlumberger»: <https://www.slb.com>

33.Офіційний сайт компанії «Weatherford»: <https://www.weatherford.com>