

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Природничих наук і технологій
(факультет)
Кафедра нафтогазової інженерії та буріння
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня магістр
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Філіп'єв Гнат Сергійович
(ПІБ)
академічної групи 185М-23-2
(шифр)
спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології
(код і назва спеціальності)
спеціалізації за освітньо-професійною програмою Нафтогазова інженерія та технології
(офіційна назва)
на тему Удосконалення технічних засобів для вимірювання властивостей промивальних рідин
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Хоменко В.Л.			
розділів:				
Технологічний	Хоменко В.Л.			
Охорона праці	Муха О.А.			
Економічний	Хоменко В.Л.			
Рецензент	Камишацький О.			
Нормоконтролер	Расцветаєв В.О.			

Дніпро
2024

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

нафтогазової інженерії та буріння

(повна назва)

Коровяка Є.А

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«_____» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістр
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Філіп`єв Гнат Сергійович академічної групи 185М-23-2
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології
(код і назва спеціальності)

спеціалізації за освітньо-професійною програмою _____
185 Нафтогазова інженерія та технології
(офіційна назва)

на тему Удосконалення технічних засобів для вимірювання властивостей
промивальних рідин

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 02.09.2024 № 1135-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технологічний	1 Вимірювання густини промивальних рідин 2 Вимірювання реологічних властивостей промивальних рідин 3 Автоматичне вимірювання реологічних властивостей промивальних рідин 4 Удосконалення методики вимірювання реологічних властивостей промивальних рідин	16.09.2024- 25.11.2024
Економічний. Охорона праці	5 Охорона праці 6 Охорона навколишнього середовища	25.11.2024- 09.12.2024

Завдання видано

(підпис керівника)

Хоменко В.Л.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

16.09.2024

Дата подання до екзаменаційної комісії

16.12.2024

Прийнято до виконання

Філіп`єв Г.С.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота 73 стор., 15 рис., 4 табл., 40 бібл.

Об'єкт дослідження – реологічні властивості промивальних рідин.

Мета роботи – удосконалити методики вимірювання реологічних властивостей промивальних рідин.

Засоби дослідження – аналіз літератури, виробничого досвіду та теоретичні дослідження.

Розглянуто властивості і способи вимірювання властивостей промивальних рідин. Проаналізований сучасний стан проблеми автоматичного вимірювання реологічних властивостей промивальних рідин. Розроблена удосконалена методика вимірювання реологічних властивостей промивальних рідин за допомогою воронки Марша. Розроблена методика для визначення реологічних властивостей промивальних рідин дозволяє визначати пластичну в'язкість та динамічну напругу зсуву шляхом аналізу часу витікання двох різних об'ємів рідини. Ця методика є спрощеною та може бути застосована без складного обладнання.

Наведені заходи з охорони праці при проведенні робіт. Проаналізовані основні небезпеки та фактори ризику на робочих місцях, наведені заходи безпеки при роботі з промивальними рідинами, розглянуто порядок проведення інструктажів та навчань з охорони праці, наведений порядок медичних оглядів, профілактики захворювань та контролю за дотриманням норм охорони праці.

Наведені заходи з охорони навколишнього середовища.

РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ВОРОНКА МАРША, УМОВНА В'ЯЗКІСТЬ, ПЛАСТИЧНА В'ЯЗКІСТЬ, ДИНАМІЧНА НАПРУГА ЗСУВУ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ВИМІРЮВАННЯ ГУСТИНИ ПРОМИВАЛЬНИХ РІДИН	8
Висновки по розділу 1.....	12
2 ВИМІРЮВАННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОМИВАЛЬНИХ РІДИН	13
2.1 Вимірювання умовної в'язкості за допомогою воронки Марша.....	15
2.2. Визначення реологічних параметрів на ротаційному віскозиметрі. 17	17
Висновки по розділу 2.....	20
3. АВТОМАТИЧНЕ ВИМІРЮВАННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОМИВАЛЬНИХ РІДИН	21
3.1 Реологічні властивості бурового розчину	22
3.2 Технології вимірювання в реальному часі	24
3.2.1 Онлайн обертовий віскозиметр Couette.....	24
3.2.2 Трубні віскозиметри	27
3.3. Технологія на основі воронки Марша	32
3.4. Акустична технологія.....	34
3.5 Порівняльний аналіз технологій автоматичного вимірювання властивостей промивальних рідин	35
Висновки по розділу 3.....	37
4. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИМІРЮВАННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОМИВАЛЬНИХ РІДИН	38
4.1 Теоретичне обґрунтування удосконаленої методики.....	38
4.2 Приклад розрахунку реологічних властивостей промивальних рідин за допомогою удосконаленої методики	41
Висновки по розділу 4.....	43
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	44
5.1 Основні небезпеки та фактори ризику на робочих місцях.....	44
5.2 Заходи безпеки при роботі з промивальними рідинами.....	45
5.3 Порядок проведення інструктажів та навчань з охорони праці.....	46
5.4 Медичні огляди та профілактика захворювань.....	48
5.5 Контроль за дотриманням норм охорони праці.....	49
Висновки по розділу 5.....	50
6 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	51
6.1 Актуальність екологічних питань у галузі використання промивальних рідин	51
6.2 Аналіз екологічних проблем у сфері використання промивальних рідин.....	52
6.3 Технічні рішення для зменшення впливу на довкілля	53
6.4 Заходи з утилізації та вторинного використання промивальних рідин	56

	5
6.5 Екологічна оцінка запропонованих рішень.....	59
6.6 Рекомендації щодо дотримання екологічних норм	63
Висновки по розділу 6.....	66
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69
ДОДАТОК А	73

ВСТУП

Буровий розчин не може в однаковій мірі виконувати усі функції. І головне не завжди це необхідно. Тому для конкретних умов буріння визначається набір основних функцій бурового розчину і ті властивості, які забезпечать їх виконання. Завданню набуття заданих властивостей мають бути підпорядковані усі роботи по підборі рецептур (складу) розчину і їх регулюванню. При цьому необхідно зберегти на прийнятному рівні інші параметри промивального агента.

Задані властивості рідини отримують, підбираючи склад і вид компонентів. Найбільшу складність представляє отримання дисперсних бурових розчинів, оскільки тут дуже важливе значення має міру дисперсності твердої фази і характер її взаємодії з іншими компонентами. Змінюючи міру дисперсності, можна при одному і тому ж складі бурового розчину в широких межах варіювати деякими і в першу чергу властивостями реологій промивального агента.

В процесі буріння буровий розчин взаємодіє з розбурюваними породами, водами пластів, піддається дії механічних навантажень, температури, тиску, атмосферного повітря, опадів. У ній відбуваються внутрішні процеси, пов'язані з послабленням електричних зарядів на частках і старінням складових компонентів. Усе це призводить до погіршення властивостей розчину, він втрачає здатність виконувати необхідні функції. Тому в процесі буріння вимагається відновлювати і підтримувати його необхідні властивості.

Нерідко чергування порід в геологічному розрізі викликає необхідність в зміні деяких функцій бурового розчину. Тому, якщо можна не замінювати розчин, його властивості регулюють в процесі буріння на підході до відповідного інтервалу.

Таким чином, необхідність в регулюванні властивостей бурового розчину виникає в наступних випадках:

- 1) при приготуванні - для отримання розчину із заданими властивостями;
- 2) в процесі буріння - для підтримки необхідних функцій;
- 3) в процесі буріння - для зміни параметрів стосовно геологічних умов, що змінюються.

Властивості бурового розчину регулюють:
хімічною обробкою (шляхом вступу спеціальних речовин - реагентів);
фізичними методами (розбавлення, концентрація, диспергація, обважнює, вступ наповнювачів);
фізико-хімічними методами (комбінація перерахованих методів).

Так, щоб бурові розчини в процесі буріння свердловини виконували необхідні функції, необхідно вибирати основні матеріали для їх приготування, спеціально обробляти за допомогою хімічних реагентів, вводити речовини, призначені для регулювання їх властивостей, і т. д.

Умови буріння свердловин (глибина, діаметр, температура, порядок розташування і властивості розбурюваних порід) дуже різні не лише для різних

родовищ, але і для окремих ділянок одного родовища. Тому бурові розчини також повинні мати різні властивості не лише на різних ділянках буріння, але і у міру поглиблення цієї свердловини. Чим краще здатність бурового розчину виконувати в цій свердловині певні функції, тим вище її якість. Проте самий високоякісний для цієї свердловини буровий розчин для іншої свердловини в інших умови буріння може виявитися не лише низькоякісним, але і непридатним. Ця обставина пояснює необхідність визначення параметрів бурового розчину на етапі проектування.

У процесі буріння на буровий розчин впливає вибурена порода: частково шляхом розпускання в рідині, частково шляхом хімічної дії.

Буровий розчин можуть розбавляти води пластів.

На неї впливає висока температура пласта.

В процесі усіх цих дій в буровому розчині відбуваються складні фізико-хімічні процеси, властивості, що змінюють її. У зв'язку з цим необхідно контролювати здатність розчину здійснювати необхідні функції шляхом виміру її параметрів в процесі буріння свердловини і при необхідності відновлювати їх відповідними способами.

Вимоги до методів виміру властивостей бурових розчинів :

1. Вимірювані параметри мають бути загальноприйнятими, обов'язковими для усіх організацій і підприємств буріння, інакше неможливо створити рекомендації по регулюванню параметрів в різних районах.

2. Методи виміру параметрів долини бути єдиними, інакше неможливо порівнювати характеристики бурових розчинів, використовуваних в різних районах.

3. Методи виміру мають бути доступними для застосування безпосередньо у свердловин, що буряться, оскільки може бути порушена оперативність регулювання їх, а отже, і технологія буріння.

4. Прийняті методи мають бути оперативними: тривалість виміру параметрів має бути меншою, ніж час, протягом якого може змінитися стан свердловини, що буриться, інакше у свердловині можуть виникнути ускладнення раніше, ніж буде відмічено невідповідність параметрів вимогам.

У прийнятих методах необхідно передбачати такі способи відбору проб циркулюючого розчину і такі способи виміри, які забезпечать отримання характеристик, відповідних характеристикам рідини, циркулюючої у свердловині і здійснюючої необхідні функції; найбільш правильно вимірювати їх при тих же температурі і тиску, які відповідають цій глибині свердловини; строго відповідність здійснити практично неможливо, тому процеси виміру параметрів, що відображують окремі функції або групи функцій бурового розчину, умовно моделюють поведінку бурового розчину у свердловині. Чим ближче ці моделі до оригіналу, тобто до умов, в яких знаходиться розчин у свердловині, тим правильніше характеризуються його властивості.

ВИСНОВКИ

За результатами виконаних досліджень можна зробити такі основні висновки:

1. Розглянуто поняття «густини» та одиниці вимірювання.
2. Розглянуті фактори, які впливають на точність вимірювання густини.
3. Проаналізовані способи і технічні засоби вимірювання густини промивальних рідин.
4. Розглянуті реологічні властивості промивальних рідин.
5. Проаналізовані реологічні моделі залежності дотичних напруг від швидкості зсуву при течії рідин.
6. Розглянуто вимірювання умовної в'язкості промивальних рідин за допомогою воронки Марша.
7. Наведена процедура, прилади і матеріали для визначення реологічних параметрів промивальних рідин на ротаційному віскозиметрі.
8. Завдяки вимірюванню реологічних властивостей бурових рідин в реальному часі можна своєчасно оцінювати їх ефективність, визначати стан буріння та приймати відповідні рішення щодо обробки бурової рідини для забезпечення безпеки буріння.
9. Завдяки великим даним, технологіям штучного інтелекту та іншим методам, можна оптимізувати ефективність бурових рідин в реальному часі для досягнення оптимальної швидкості проникнення, що дозволить поліпшити економічні показники.
10. Розроблена методика для визначення реологічних властивостей промивальних рідин на основі використання воронки Марша дозволяє визначати пластичну в'язкість та динамічну напругу зсуву шляхом аналізу часу витікання двох різних об'ємів рідини. Ця методика є спрощеною та може бути застосована без складного обладнання.
11. Використання стандартних геометричних параметрів воронки Марша та параметрів рідини дозволяє вивести залежність між умовною в'язкістю рідини та її пластичними характеристиками, що підтверджується результатами проведених експериментів.
12. Метод може бути застосований для оцінки властивостей різних видів бурових розчинів у польових умовах, що значно спрощує і прискорює процес контролю параметрів промивальних рідин.
13. Удосконалення технічних засобів, таких як обладнання для вимірювання фізико-хімічних характеристик промивальних рідин, значно покращує точність і ефективність вимірювань, що дозволяє знизити ризики виникнення аварій і зберегти навколишнє середовище. Завдяки інноваціям у галузі технологій вимірювання, зменшується вплив токсичних речовин на працівників, що позитивно впливає на їхнє здоров'я.
14. Особлива увага має приділятися екологічним аспектам використання промивальних рідин, зокрема їхньому правильному застосуванню, утилізації та очищенню, щоб уникнути забруднення навколишнього середовища.

Впровадження новітніх технологій очищення рідин дозволяє знизити шкідливі викиди і зменшити екологічний слід від діяльності підприємств.

15. Дотримання норм охорони праці є невід'ємною частиною безпечного використання промивальних рідин. Регулярні медичні огляди, навчання працівників, а також контроль за дотриманням технологічних процесів і стандартів охорони праці сприяють зниженню ризиків травм і професійних захворювань.

16. Таким чином, удосконалення технічних засобів, вдосконалення процесів очищення та утилізації рідин, а також забезпечення належного контролю за дотриманням норм охорони праці сприятиме підвищенню рівня екологічної та виробничої безпеки, знижуючи вплив на навколишнє середовище і здоров'я працівників.

17. Проведене дослідження дозволило визначити ключові екологічні ризики, пов'язані з використанням промивальних рідин, і запропонувати ефективні технічні рішення для їхнього мінімізації.

18. Використання сучасних технологій очищення і повторного використання рідин сприяє зниженню обсягів шкідливих відходів і підвищенню раціонального використання ресурсів.

19. Удосконалення конструкцій обладнання та впровадження замкнених систем у виробництві значно знижують викиди в атмосферу та забруднення водних об'єктів.

20. Розрахунок екологічної ефективності підтвердив, що впровадження запропонованих заходів забезпечує економію ресурсів і сприяє скороченню витрат на утилізацію.

21. Запропоновані рекомендації щодо вдосконалення екологічного законодавства та підвищення відповідальності підприємств сприяють формуванню сталого виробництва.

22. Комплексний підхід до моніторингу, очищення та управління промивальними рідинами дозволяє мінімізувати їхній вплив на екосистеми та сприяти збереженню довкілля для майбутніх поколінь.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ali, J. A., Abbas, D. Y., Abdalqadir, M., Nevecna, T., Jaf, P. T., Abdullah, A. D., & Rancová, A. (2024). Evaluation the effect of wheat nanobiopolymers on the rheological and filtration properties of the drilling fluid: Towards sustainable drilling process. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 683. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2023.133001>
2. Al-Khdheawi, E. A., & Mahdi, D. S. (2019). Apparent viscosity prediction of water-based muds using empirical correlation and an artificial neural network. *Energies*, 12(16). <https://doi.org/10.3390/en12163067>
3. Al-Obaidi, A. K., Majdi, H. Sh., Jweeg, M. J., Hadi, F. A., Jasim, D. J., & Ellafi, A. (2024). Artificial Intelligent for Real-Time Prediction of Rheological Drilling Mud Properties. *Iraqi Geological Journal*, 57(1), 147–161. <https://doi.org/10.46717/igj.57.1E.10ms-2024-5-21>
4. Biletskiy M.T., Ratov B.T., Khomenko V.L., Borash A.R., & Muratova S.K. (2024). The choice of optimal methods for the development of water wells in the conditions of the Tonirekshin field (Kazakhstan). *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 1, 13-19. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-1/013>
5. Biletskiy, M. T., Ratov, B. T., Khomenko, V. L., Borash, B. R., & Borash, A. R. (2022). Increasing the Mangystau peninsula underground water reserves utilization coefficient by establishing the most effective method of drilling water supply wells. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 5(455), 51-62. <https://doi.org/10.32014/2518-170X.217>
6. Biletsky, M. T., Kozhevnykov, A. A., Ratov, B. T., & Khomenko, V. L. (2019). Dependence of the drilling speed on the frictional forces on the cutters of the rock-cutting tool. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 1, 21–27. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-1/22>
7. Borash B.R., Biletskiy M.T., Khomenko V.L., Koroviaka Ye.A., & Ratov B.T. (2023) Optimization of technological parameters of airlift operation when drilling water wells. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 25-31. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-3/025>
8. Chen, H., Ma, S., Huang, J., Wang, H., Zhao, Y., Gong, Z., & Yang, J. (2022). Research on On-line Detection Method of Marsh Funnel Viscosity Based on Pressure. *Drilling Fluid and Completion Fluid*, 39(3), 285–293. <https://doi.org/10.12358/j.issn.1001-5620.2022.03.004>
9. Delikesheva, D. N., Syzdykov, A. Kh., Ismailova, J. A., Kabdushev, A. A., & Bukayeva, G. A. (2020). Measurement of the plastic viscosity and yield point of drilling fluids. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 13(1), 58–65.
10. Deng, S., Kang, C., Bayat, A., Kuru, E., Osbak, M., Barr, K., & Trovato, C. (2020). Rheological Properties of Clay-Based Drilling Fluids and Evaluation of Their Hole-Cleaning Performances in Horizontal Directional Drilling. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 11(3). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)PS.1949-1204.0000475](https://doi.org/10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000475)

11. Gowida, A., Elkatatny, S., Ramadan, E., & Abdulraheem, A. (2019). Data-Driven Framework to Predict the Rheological Properties of CaCl₂ Brine-Based Drill-in Fluid Using Artificial Neural Network. *Energies*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/en12101880>
12. Guo, D., Yuan, T., Sun, Q., Yan, Z., Kong, Z., Zhong, L., Zhou, Y., & Sha, L. (2023). Cellulose nanofibrils as rheology modifier and fluid loss additive in water-based drilling fluids: Rheological properties, rheological modeling, and filtration mechanisms. *Industrial Crops and Products*, 193. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116253>
13. Guria, C., Kumar, R., & Mishra, P. (2013). Rheological analysis of drilling fluid using Marsh Funnel. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 105, 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2013.03.027>
14. Khomenko, V. L., Ratov, B. T., Pashchenko, O. A., Davydenko O. M., & Borash B. R. (2023). Justification of drilling parameters of a typical well in the conditions of the Samskoye field. ICSF-2023 IOP Publishing IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 1254 (2023). 012052. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012052>.
15. Khomenko, V., Pashchenko, O., Ratov, B., Kirin, R., Svitlychnyi, S., & Moskalenko, A. (2024). Optimization of the technology of hoisting operations when drilling oil and gas wells. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1348(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1348/1/012008>
16. Kirin R. S., Khomenko V. L., Illarionov O. Yu., Koroviaka Ye. A. (2022). Dichotomy of Legal Provision of Ecological Safety in Excavation, Extraction and Use of Coal Mine Methane. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (5), 128-135. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-5/128>
17. Kirin, R., Baranov, P., Hrytsenko, H. and Khomenko, V. (2024). Exploring and Proposing Appropriate Provisions Addressing the Mineral Resources Subjects and Governing Entities within the Framework of Gemological Law of Ukraine. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 7(1): 43-65. <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.070103>
18. Kirin, R., Baranov, P., Hrytsenko, H. and Khomenko, V. (2024). Exploring and Proposing Appropriate Provisions Addressing the Mineral Resources Subjects and Governing Entities within the Framework of Gemological Law of Ukraine. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 7(1): 43-65. <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.070103>
19. Koh, J. K., Lai, C. W., Johan, M. R., Gan, S. S., & Chua, W. W. (2023). Rheological Properties of Polyacrylamide and Modified Polyacrylamide Under Specific Heating Effect and pH Effect Between Fann Viscometer and Marsh Funnel. In *Springer Proceedings in Materials* (Vol. 32). https://doi.org/10.1007/978-981-99-5567-1_20
20. Kozhevnykov A., Khomenko V., Liu B. C., Kamyshatskyi O., Pashchenko O. The History of Gas Hydrates Studies: From Laboratory Curiosity to a New Fuel Alternative // *Key Engineering Materials*. – Trans Tech Publications Ltd, 2020. – T. 844. – P. 49-64. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.844.49>

21. Kumar, R., Verma, M., & Dev, N. (2024). Analysis of PCE-based Superplasticiser for the Different Types of Cement using Marsh Cone Test. *Evergreen*, 11(2), 665–672.
22. Li, Z., Zheng, L., & Huang, W. (2020). Rheological analysis of Newtonian and non-Newtonian fluids using Marsh funnel: Experimental study and computational fluid dynamics modeling. *Energy Science and Engineering*, 8(6), 2054–2072. <https://doi.org/10.1002/ese3.647>
23. Liu, K., Qiu, Z., Luo, Y., Liu, Y., & Zhou, G. (2014). Measure rheology of drilling fluids with Marsh funnel viscometer. *Drilling Fluid and Completion Fluid*, 31(5), 60–62. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-5620.2014.05.017>
24. Liu, N., Gao, H., Xu, Y., Chai, X., Hu, Y., & Duan, L. (2022). Design and use of an online drilling fluid pipe viscometer. *Flow Measurement and Instrumentation*, 87. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2022.102224>
25. Liu, N., Zhang, D., Gao, H., Hu, Y., & Duan, L. (2021). Real-time measurement of drilling fluid rheological properties: A review. *Sensors*, 21(11). <https://doi.org/10.3390/s21113592>
26. Pashchenko, O., Khomenko, V., Ishkov, V., Koroviaka, Y., Kirin, R., & Shypunov, S. (2024). Protection of drilling equipment against vibrations during drilling. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1348(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1348/1/012004>
27. Pitt, M. J. (2000). The Marsh funnel and drilling fluid viscosity: A new equation for field use. *SPE Drilling and Completion*, 15(1), 3–6. <https://doi.org/10.2118/62020-PA>
28. Ratov B.T., Fedorov B.V., Khomenko V.L., Baiboz A.R., Korgasbekov D.R. (2020) Some features of drilling technology with PDC bits // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3, 13-18. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-3/013>
29. Ratov, B. T., Khomenko, V. L., Kuttybayev, A. E., Togizov, K. S., & Utepov, Z. G. (2024). Innovative drill bit to improve the efficiency of drilling operations at uranium deposits in Kazakhstan. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, 2024(4), 224–236. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-170X.437>
30. Ratov, B. T., Mechnik, V. A., Bondarenko, N. A., Kolodnitsky, V. N., Khomenko, V. L., Sundetova, P. S., Korostyshevsky, D. L., Bayamirova, R. U., & Makyzhanova, A. T. (2024). Increasing the durability of an impregnated diamond core bit for drilling hard rocks. *SOCAR Proceedings*, 1, 24–31. <https://doi.org/10.5510/ogp20240100936>
31. Ratov, B. T., Mechnik, V. A., Khomenko, V. L., Ihnatov, A. O., & Kalzhanova, A. B. (2024). Influence of disperse-hardening additive chrome diboride on the structure of carbide matrixes of PDC drill bits. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4, 27–34. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-4/027>
32. Ratov, B., Borash, A., Biletskiy, M., Khomenko, V., Koroviaka, Y., Gusmanova, A., Pashchenko, O., Rastsvietaiev, V., & Matyash O. (2023). Identifying the operating features of a device for creating implosion impact on the water bearing

formation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(1 (125), 35–44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.287447>

33. Sadrizadeh, S., Ghafar, A. N., Halilovic, A., & Håkansson, U. (2017). Numerical, experimental and analytical studies on fluid flow through a Marsh funnel. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 10(6), 1501–1507. <https://doi.org/10.29252/jafm.73.245.27902>

34. Schoesser, B.; Thewes, M. Rheology testing for bentonite suspensions—do we tap the full potential out of Marsh funnel tests? *Tunn. J.* **2016**. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1207.4003>

35. Sedaghat, A. (2017). A novel and robust model for determining rheological properties of Newtonian and non-Newtonian fluids in a Marsh funnel. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 156, 896–916. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2017.06.057>

36. Sedaghat, A., Omar, M. A. A., Damrah, S., & Gaith, M. (2016). Mathematical modelling of the Marsh Funnel for measuring rheological properties of drilling nanofluids for energy efficient environment. *2016 11th International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies, EVER 2016*. <https://doi.org/10.1109/EVER.2016.7476401>

37. Togasheva, A., Bayamirova, R., Sarbopeyeva, M., Bisengaliev, M., & Khomenko, V. L. (2024). Measures to prevent and combat complications in the operation of high-viscosity oils of Western Kazakhstan. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, 1(463), 257–270. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-170X.379>

38. Zheng, D., Bezuijen, A., & Emidio, G. D. (2021). A New Model for Predicting the Marsh Funnel Test. *International Journal of Geomechanics*, 21(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GM.1943-5622.0001913](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0001913)

39. Zheng, D., Bezuijen, A., & Talmon, A. (2022). Correction Factor on Dynamic Force in a Marsh Funnel Test for Tunneling. *International Journal of Geomechanics*, 22(9). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GM.1943-5622.0002439](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0002439)

40. Zholbassarova, A. T., Bayamirova, R. Y., Ratov, B. T., Khomenko, V. L., Togasheva, A. R., Sarbopeyeva, M. D., Tabylganov, M. T., Saduakasov, D. S., Gusmanova, A. G., & Koroviaka, Ye. A. (2024). Development of technology for intensification of oil production using emulsion based on natural gasoline and solutions of nitrite compounds. *SOCAR Proceedings*, 2, 48–55. <https://doi.org/10.5510/OGP20240200965>

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1					
2			Документація		
3					
4	A4	НГІБ.24.37.ПЗ	Пояснювальна записка	73	
5					
6			Демонстраційний матеріал		
7			Вступ	2	
8			Вимірювання густини промивальних рідин	2	
9			Вимірювання реологічних властивостей промивальних рідин	3	
10			Автоматичне вимірювання реологічних властивостей промивальних рідин	5	
11			Удосконалення методики вимірювання реологічних властивостей промивальних рідин	2	
12			Охорона праці	1	
13			Охорона навколишнього середовища	1	

З повним текстом кваліфікаційної роботи є можливість ознайомитись
на кафедрі нафтогазової інженерії та буріння:

49005 м. Дніпро,
пр. Дмитра Яворницького, 19,
корпус 7, кімнати 701-705,
<https://trkk.nmu.org.ua/ua/>