

**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.**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

Завідувач кафедри буріння та геології  
**Винников Ю.Л.**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на тему Сучасні технології ремонту та ліквідації свердловин на морі**

**Пояснювальна записка**

**Керівник**

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

**Харченко Максим Олександрович**

*посада, наук. ступінь, ПІБ.*

**Виконавець роботи**

**Циганов Сергій Васильович**

*студент, ПІБ*

**студент група 1мГР**

*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, 2023**

**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**

Циганову Сергію Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Сучасні технології ремонту та ліквідації свердловин на морі  
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. Дослідження вимог, технологій та операцій щодо ремонту та ліквідації свердловин на морі.

2. Аналіз надводного та підводного обладнання для ремонту свердловин на морі. Тампонажні матеріалами, які можуть застосовуватися під час проведення операції з ремонту та ліквідації свердловин на морі.

3. Розробити та проаналізувати схеми бар'єрів свердловин при виконанні операцій з ремонту та ліквідації свердловин на морі

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	20.12-24.12

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЧОРНОГО ТА АЗОВСЬКОГО МОРІВ: НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ПРОМИСЛОВОСТІ НАФТИ ТА ГАЗУ .....	11
1.1. Аналіз енергетичного потенціалу Чорного і Азовського морів.....	11
1.2. Нормативно-правові акти та стандарти, які регламентують роботи з ліквідації свердловин .....	13
1.3. Аналіз існуючих морських нафтогазових промислів .....	15
1.4. Аналіз типів морських свердловини .....	18
1.5. Операції, що виконуються при консервації та ліквідації свердловин.....	19
1.6. Висновки до розділу 1 .....	23
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОПЕРАЦІЙ З РЕМОНТУ ТА ЛІКВІДАЦІЇ СВЕРДЛОВИН .....	25
2.2. Аналіз важливості забезпечення цілісності свердловини.....	27
2.3. Потенційні шляхи витоку в законсервованих та ліквідованих свердловинах.....	31
2.4. Аналіз установок для проведення операцій з ремонту та ліквідації морських свердловини.....	32
2.5. Підводне обладнання для контролю свердловин .....	37
2.6. Висновки до розділу 2 .....	39

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНА ДЛЯ БЕЗПІДЙОМНИХ ЛЕГКИХ РОБІТ ТА ЙОГО ПОТЕНЦІАЛ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ БЕЗПІДЙОМНИХ ОПЕРАЦІЙ З ЛІКВІДАЦІЇ СВЕРДЛОВИН.....	41
3.1. Операції зі створення свердловинних бар'єрів.....	41
3.2. Безпідйомні операції з використанням судна RLWI.....	44
3.3. Висновки до розділу 3 .....	48
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	49
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	51

## АНАТОЦІЯ

Кваліфікаційна робота «Сучасні технології ремонту та ліквідації свердловин на морі» присвячена дослідженню сучасних технологій та світового досвіду використання морських установок для ремонту та ліквідації свердловин, що дозволяє визначити оптимальні варіанти використання такого обладнання на шельфі Чорного та Азовського морів.

Перший розділ роботи посвячено аналізу енергетичного потенціалу Чорного та Азовського морів. Описано нормативно-правові документи України, які регламентують роботи із ремонту, глушіння, консервації, розконсервації та ліквідації свердловин. Проаналізовано сучасні установок для проведення операцій з ремонту та ліквідації морських свердловини.

В другому розділ роботи виконано дослідження особливостей операцій з ремонту та ліквідації свердловин.

Третій розділ присвячено визначенню експлуатації судна для безпідйомних легких робіт та його потенціал для проведення безпідйомних операцій з ліквідації свердловин.

Ключові слова: ремонт, ліквідація, морські свердловини, судна для безпідйомних легких робіт

## ANNOTATION

The qualification work "Modern Technologies of Well Repair and Abandonment at Sea" is devoted to the study of modern technologies and world experience in the use of offshore installations for well repair and abandonment, which allows to determine the optimal options for using such equipment on the shelf of the Black and Azov Seas.

The first section of the paper is devoted to the analysis of the energy potential of the Black and Azov Seas. The legal and regulatory framework for workovers and abandonment of offshore wells is considered. Modern installations for offshore well repair and abandonment operations are analyzed.

The second section of the paper studies the peculiarities of well workover and abandonment operations.

The third section is devoted to determining the operation of a vessel for lightweight jack-up operations and its potential for conducting jack-up operations for well abandonment.

Keywords: permanently plugged and abandoned (PP&A), offshore wells, Riserless Light Well Intervention (RLWI)

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Для вирішення енергетичної незалежності України треба збільшити видобуток природного газу і нафти у межах держави. Перспективним місцем видобутку є шельфи Чорного і Азовського морів. Збільшення обсягів видобутку нафти та газу на морі вимагає застосування ефективних методів та технологій.

Значна кількість пробурених свердловин на шельфі Чорного та Азовського морів є застарілими. А значить потребують ремонту або ліквідації для запобігання можливим екологічним аваріям та забезпечення сталої експлуатації морських родовищ. Використання сучасних технологій дозволяє ефективно та безпечно впоратися з цією проблемою.

Аналіз світового досвіду у використанні різних морських установок для ремонту та ліквідації свердловин дозволяє впроваджувати кращі практики та визначати оптимальні стратегії в контексті конкретних умов.

Враховуючи зростаючу потребу у вуглеводнях та постійні зміни у сфері енергетики, розвиток сучасних технологій у ремонті та ліквідації свердловин на морі є стратегічно важливим для галузі енергетики та збереження довкілля. Тому тема кваліфікаційної магістерської роботи є однозначно актуальною.

**Мета досліджень** – удосконалення технологій ремонту та ліквідації свердловин на морі.

**Задачі досліджень:**

- проаналізувати етапи проведення операцій з ліквідації свердловин на морі;
- проаналізувати умови збереження цілісності морських свердловини при проведенні операцій з їх ремонту та ліквідації;

– дослідити світовий досвід застосування різних морських установок для проведення операцій з ремонту та ліквідації морських свердловини;

– дослідити межі експлуатації судна RLWI та його потенціал для проведення безпідйомних операцій з ліквідації свердловин.

**Об’єктом дослідження** – процес ліквідації свердловин на морі.

**Предмет дослідження** – сучасні технології ремонту та ліквідації свердловин на морі.

**Методи дослідження:** аналіз інформаційних джерел та нормативно правових документів; емпіричні дослідження.

**Наукова новизна отриманих результатів** – визначено оптимальні варіанти використання суден для без підйомних легких робіт при ремонті та ліквідації свердловин на шельфі Чорного та Азовського морів.

**Практичне значення** роботи полягає в тому, що отримані автором у процесі досліджень світового досвіду з використання морських установок для ремонту та ліквідації свердловин дозволяє визначити оптимальні варіанти використання такого обладнання на шельфі Чорного та Азовського морів.

**Структура і обсяг роботи.** Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел та додатку. Вона викладена на 54 сторінках, у тому числі 5 рисунків, 1 таблиць, 4 сторінках списку використаних джерел (35 найменувань).

*Перший розділ* присвячений вивченню енергетичного потенціалу Чорного та Азовського морі. Описано нормативно-правові документи України, які регламентують роботи із ремонту, глушіння, консервації, розконсервації та ліквідації свердловин. Проведено аналізу морських нафтогазових промислів.

У *другому розділі* розглянуто етапи проведення операцій з ліквідації свердловин на морі; умови збереження цілісності морських свердловини при

проведенні операцій з їх ремонту та ліквідації; досвід застосування різних морських установок для проведення операцій з ремонту та ліквідації морських свердловини.

У третьому розділі розглянуто межі експлуатації судна RLWI та його потенціал для проведення безпідйомних операцій з ліквідації свердловин.

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. кафедри буріння та геології Харченко Максима Олександровича.

Автор висловлює щиру подяку науковому керівнику к.т.н., доц. кафедри буріння та геології Харченко Максиму Олександровичу за допомогу при виконанні магістерської роботи.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі вирішено науково-технічну задачу з удосконалення сучасних технологій ремонту та ліквідації свердловин на морі.

1. Для проведення операцій з ремонту та ліквідації свердловин на морі застосовують самопіднімальні плавучі бурові установки, напівзанурені бурові платформи (Semi-submersible rig), бурові судна, установки для робіт на морському дні (SAT Diving Systems).

2. Операції з ліквідації підводних свердловин поділяють на 3 етапи. Важливою перевагою поділу операцій з ліквідації та консервації свердловини на різні етапи є те, що цей підхід підкреслює можливості для виконання простіших частин операції методами без установки, замість більш традиційних і дорогих методів на основі бурової установки. Наприклад, для ліквідації та консервації підводних свердловин можна заощадити значні кошти, виконавши на початку та в кінці операції за допомогою судна без стояка (RLWI) замість бурової установки.

3. Постійний бар'єр в свердловині встановлюють таким чином, щоб він охоплював весь поперечний переріз стовбура (включав затрубний простір) і був герметичним як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках. Всі обв'язки свердловин повинні бути розміщені поруч з непроникним пластом, цілісність якого є достатньою для максимального очікуваного тиску.

4. Доцільно застосовувати судно за наступними умовами: рідину під час циркуляції відправляють на приймаючу установку або у утилізація стічних вод; експлуатаційні НКТ та кабелі не видаляється; контрольна лінія розташована на глибині, де вона не заважає встановленню первинних та вторинних бар'єрів.

5. Безпідйомні операції з ремонту і ліквідації підводних свердловин з низькою складністю їх ліквідації мають нижчу денну ставку та ефективні.

6. Виконання операції ліквідації свердловини з судна RLWI з вилученням НКТ можливе. Однак, перерізання та витягування обсадних колон є важкою операцією незалежно від того, чи використовується напівпідводне судно, чи судно RLWI.

7. Операції з ліквідація підводних свердловин вимагають великого досвіду і нових технологій для того, щоб зменшити величезні витрати. Підводні свердловини, які не потребують вилучення всієї експлуатаційної колони насосно-компресорних труб потенційно можуть бути ліквідовані за допомогою судна RLWI.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Буріння свердловин: навч. посіб. [Електронний ресурс] / 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». – Електрон. текст. дані. – Дніпро: НТУ «ДП», 2021. – 294 с.
2. 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.
3. Вирвїнський П.П., Хоменко В.Л. Ремонт свердловин: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2003. – 219 с.
4. Возний В. Р. Розробка та експлуатація морських нафтових і газових родовищ : посібник / Возний В. Р., Кондрат О. Р., Вольченко Д. О. ; ІваноФранків. нац. техн. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ : Прикарпат. нац. ун-т імені Василя Стефаника, 2012. – 395 с.
5. ДСТУ 7285:2012 Нафтова і газова промисловість. Порядок обладнання устя та стовбура свердловин при їх консервації та ліквідації. Нафтогазовидобувні підприємства розробляють свої стандарти, щодо проведення робіт із консервації, розконсервації та ліквідації свердловин.
6. Інтернет ресурс  
<https://www.epravda.com.ua/publications/2017/12/25/632514/>
7. Інтернет ресурс <https://www.technipfmc.com/en/what-we-do/subsea/>
8. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.1992 р. № 2707 - XII;
9. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-XII <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264->
10. Закон України «Про нафту і газ» від 12.07.2001 № 2665-III

11. Зарубін Ю.О. Розробка морських родовищ нафти і газу: Підручник / Зарубін Ю.О., Гунда М.В., Гришаненко В.П., Буренков В.В., Швидкий О.А.. – К.: ДП «Науканафтогаз» Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України», 2012. – 312 с.
12. Катеринчук П.О. П 75 Освоєння, інтенсифікація та ремонт свердловин / П.О. Катеринчук, Д.В. Римчук, С.В. Цибулько, О.Л. Шудрик – Х.: Пром-Арт, 2018. – 608 с.
13. Кодексу України про надра від 27.07.1994 № 132/94-ВР
14. Коболєв В. Нафтогазовий потенціал Чорного моря: реальність і перспективи буріння унікальної надглибокої свердловини на острові Зміїному – Матеріали конференції. Нафтогаз України – <https://oil-gas.com.ua/>
15. Офіційний сайт ПАТ «Чорноморнафтогаз» <https://chornomornaftogaz.com.ua/>
16. Павлюк М.І., Яковенко М.Б. Нафтогазоносність морських окраїн Східноєвропейської платформи. – Геологія і корисні копалини Світового океану. 2019. 15, № 1 – doi: <https://doi.org/10.15407/grimo2019.01.032>
17. Правила безпеки під час виконання робіт з розвідування та розроблення родовищ нафти і газу в Акваторіях Чорного та Азовського морів від 08.01.2013 №76/22608
18. Правила розробки нафтових і газових родовищ
19. Положення про порядок консервації основних виробничих фондів підприємств, від 28.10.1997 р. № 1183
20. 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.
21. 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.

22. Сverdlovini na naftu i gaz. Porjadok konservaciji sverdlovini. SOU 09.1 - 30019775 - 269:2016 PAT «Ukrgazvidobuvannja» – 2016.

23. Сverdlovini na naftu i gaz. Porjadok likvidaciji ta spisannja vitrat na ixi sporudzennja. SOU 09.1 - 30019775 - 212:2013 PAT «Ukrgazvidobuvannja» – 2013.

24. Сverdlovini na naftu i gaz. Porjadok obladnannja usta ta stovbura sverdlovini pri ixi konservaciji ta likvidaciji. SOU 09.1 - 30019775 - 248:2015 PAT «Ukrgazvidobuvannja» – 2015

25. Achang M., Li Yanyao, Mileva Radonjic (2020). A Review of Past, Present, and Future Technologies for Permanent Plugging and Abandonment of Wellbores and Restoration of Subsurface Geologic Barriers. – <https://doi.org/10.1089/ees.2019.0333>

26. Ansari, A., Ringrose, D., Libdi, Z., Larsen, A.G., 2016a. Extending life for offshore wells by fixing the integrity high annulus-B pressure and creating zonal isolation using a novel remediation technique. In: Paper Presented at the IADC/SPE Asia Drilling Technology Conference, Singapore, 22-24 August, IADC/SPE-180555-MS.

27. Bois, A.-P., M.-H. Vu, and K. Noël, et al. 2018. Cement plug hydraulic integrity - the ultimate objective of cement plug integrity. In SPE norway one day seminar. SPE-191335-MS. Bergen, Norway: Society of Petroleum Engineers. <https://doi.org/10.2118/191335-MS>.

28. Dahmani, L., Hynes, L., 2017. Enhancing well construction for more efficient well Abandonment. In: Paper Presented at the SPE/IATMI Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition, Jakarta, Indonesia, 17-19 October 2017, SPE-186392-MS.

29. Ford, E.P., Moeinikia, F., Lohne, H.P., Arild, Ø., Majourmerd, M.M., Fjelde, K.K., 2017a. Leakage calculator for plugged and abandoned wells. In: Paper Presented at the SPE
30. F. Moeinikia, K.K. Fjelde, A. Saasen, T. Vrålstad An investigation of different approaches for probabilistic cost and time estimation of rigless P&A in subsea multiwell campaign. Paper Presented at the SPE Bergen One Day Seminar, Bergen, Norway, 2 April (2014) SPE-169203-MS
31. Mahmoud Khalifeh, Arild Saasen Introduction to Permanent Plug and Abandonment of Wells – Ocean Engineering & Oceanography. – Book, Volume 12 – 2020. – DOI: 10.1007/978-3-030-39970-2
32. NORSOK Standard : Well integrity in drilling and well operations : D-010. Rev. 4. ed. Vol. D-010. 2013, Lysaker: Standard Norge.
33. Therond E. , A.-P. Bois, K. Whaley, R. Murillo Large-scale testing and modeling for cement zonal isolation in water-injection wells SPE Drill. Complet., 32 (04) (2017)
34. Torbjørn Vrålstad, Arild Saasen, Erling Fjær, Thomas Øia, Jan David Ytrehus, Mahmoud Khalifeh. Plug & abandonment of offshore wells: Ensuring long-term well integrity and cost-efficiency – Journal of Petroleum Science and Engineering 173 (2019) – p. 478–491
35. Varne T, E. Jorgensen, J. Gjertsen, L. Osugo, R. Friedberg Plug and abandonment campaigns from a riserless light well intervention vessel provide cost savings for subsea well Abandonments Paper Presented at the SPE Bergen One Day Seminar, Bergen, Norway, 5 April (2017) SPE-185891-MS