

Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут: Нафти і газу
Кафедра: Буріння та геології
Освітньо-кваліфікаційний рівень: Магістр
Спеціальність: 185 Нафтогазова інженерія та технології
Освітня програма: Буріння нафтових і газових свердловин

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

« 3 » 09 2015 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Городничий Сергій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оптимізація конструкції свердловин на основі аналізу ризиків та вартості спорудження

2. Керівник роботи ст.викл. кафедри буріння та геології, к.т.н. Рибалко М.О.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навч. закладу від « 3 » 09 2015 року № 1015-09

3. Строк подання студентом роботи 13.01.2016р

4. Вихідні дані до роботи

1. Нормативно-технічна література, періодичні видання, патенти на винаходи за темою роботи.

2. Проекти на влаштування свердловин (за необхідності).

3. Геологічні звіти за профілем роботи (за необхідності)

5. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Анотація

Вступ

1. Аналітичний огляд літературних джерел та сучасного стану досліджуваної проблеми

2. Обґрунтування об'єкта дослідження, вихідних даних та методів розв'язання поставлених задач.

3. Дослідження, розрахунки та експериментальне обґрунтування прийнятих технічних рішень.

Загальні висновки по роботі

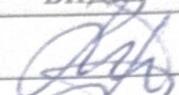
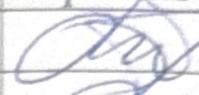
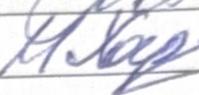
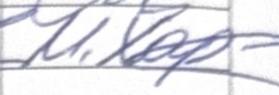
Список використаних джерел

Додатки (за необхідності)

6. Перелік графічного матеріалу

Презентація із основними результатами кваліфікаційної роботи

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Рибалко М.О., к.т.н., ст. викладач		
2	Рибалко М.О. к.т.н. ст. викладач		
3	Карпенко М.О., к.т.н., доц.		

8. Дата видачі завдання 3.09.2025р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Етапи підготовки	Термін виконання
1	Аналіз літературних джерел та сучасного стану проблеми	13.10.2025 – 02.11.2025
2	Формування мети, задач, обґрунтування об'єкта і предмета дослідження	03.11.2025 – 16.11.2025
3	Виконання основної частини роботи (розрахунки / експерименти / аналіз)	17.11.2025 – 28.12.2025
4	Узагальнення результатів, формування висновків	29.12.2025 – 05.01.2026
5	Оформлення та узгодження кваліфікаційної роботи	06.01.2026 – 12.01.2026
6	Попередній захист кваліфікаційної роботи	13.01.2026 – 15.01.2026
7	Захист кваліфікаційної роботи	19.01.2026 – 23.01.2026

Студент

Городничий
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Рибалко М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	6
ANOTATION	7
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ. МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	12
1.1. Огляд ключових факторів, що визначають конструкцію свердловини.....	12
1.2. Принципи оптимізації конструкції свердловин на основі аналізу ризиків та вартості спорудження.....	14
1.3. Огляд фундаментальних основ для оптимізації конструкції свердловин на базі аналізу ризиків та вартості.....	16
1.4. Економічне обґрунтування проектування свердловин з резервним потенціалом для майбутньої модифікації.....	18
1.5. Висновки до розділу 1. Мета та задачі досліджень	19
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ГЕОЛОГО-ТЕХНІЧНИХ УМОВ ТА РИЗИКІВ ПРИ СПОРУДЖЕННІ СВЕРДЛОВИН СЕМИРЕНКІВСЬКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО РОДОВИЩА.....	21
2.1. Аналіз геологічних умови та ускладнень спорудження свердловин.	21
2.2. Побудова та аналіз суміщеного графіка тисків та безпечного вікна буріння	25
2.3. Висновки до розділу 2	34
РОЗДІЛ 3. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ОПТИМІЗОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ СВЕРДЛОВИНИ ДЛЯ РОЗВІДКИ ПОКЛАДІВ У ВІДКЛАДАХ D_{3fm}.....	35

3.1. Дослідження та порівняння прийнятих конструктивних рішень.....	35
3.2. Аналіз типів бурових розчинів	39
3.3. Аналіз варіантів конструкції свердловин	42
3.4. Обґрунтування конструкції пошукової свердловини у відкладах C_{1v1} та D_{3fm}	44
3.5. Висновки до розділу 3	50
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52
ДОДАТОК А.....	55

АНОТАЦІЯ

Городничий С.В. Оптимізація конструкції свердловин на основі аналізу ризиків та вартості спорудження: Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 185 Нафтогазова інженерія та технологій, освітня програма «Буріння нафтових і газових свердловин» – Полтава; Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». – 2026.

Роботу присвячено розробці науково-практичних засад обґрунтування оптимальної конструкції свердловин на основі комплексного аналізу геолого-технічних ризиків та вартісних параметрів її спорудження в умовах Семиренківського газоконденсатного родовища.

У першому розділі роботи проаналізовано сучасний стан питання оптимізації конструкцій свердловин.

Другий розділ роботи містить детальний аналіз геолого-технічних умов та ризиків при спорудженні свердловин Семиренківського газоконденсатного родовища.

У третьому розділі роботи представлено розробку та обґрунтування оптимізованої конструкції пошукової свердловини для розвідки покладів у візейських (C1v1) та франських (D3fm) відкладах Семиренківського ГКР.

Ключові слова: конструкція свердловини, глибоке буріння, геолого-технічні умови, ризики

ANOTATION

Hordynych S.V. Optimization of well design based on risk and construction cost analysis: Master's qualification work in specialty 185 Petroleum Engineering and Technology, educational program "Drilling of Oil and Gas Wells" – Poltava; National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic". – 2026.

The work is devoted to the development of scientific and practical foundations for substantiating the optimal well design based on a comprehensive analysis of geological and technical risks and cost parameters of its construction under the conditions of the Semyrenkivske gas condensate field.

The first section of the work analyzes the current state of the issue of optimizing well designs.

The second section contains a detailed analysis of the geological and technical conditions and risks during the construction of wells at the Semyrenkivske gas condensate field.

The third section presents the development and justification of an optimized exploration well design for prospecting deposits in the Visian (C1v1) and Frasnian (D3fm) formations of the Semyrenkivske gas condensate field.

Keywords: well design, deep drilling, geological and technical conditions, risks

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ

АВПТ – аномально високий пластовий тиск

ГКР – газоконденсатне родовище

ГТН – геолого-технічний наряд

ОК – обсадна колона

ЕСД

ВСТУП

Актуальність роботи обумовлена потребою у підвищенні економічної ефективності та технологічної безпеки при спорудженні глибоких і надглибоких розвідувальних свердловин у складних геологічних умовах, що є пріоритетним напрямком для розширення ресурсної бази вуглеводнів. Експлуатація традиційних родовищ в Україні супроводжується зменшенням запасів, що змушує звертатися до перспективних, але технологічно складних горизонтів, таких як нижньокам'яновугільні (C1v) і девонські (D3fm) відклади на глибинах понад 6000 метрів. Буріння на такі глибини пов'язане з екстремальними термобаричними умовами, високими ризиками аномальних тисків, обвалення стінок свердловини та інших ускладнень, що значно підвищує капітальні витрати. Водночас, консервативний підхід до проектування конструкцій із надмірними запасами міцності веде до невиправданого зростання кошторисної вартості, що може робити розвідувальні проекти комерційно нежиттєздатними. Тому постає гостра потреба у впровадженні сучасних методів оптимізації, що базуються на кількісній оцінці технічних ризиків та аналізі вартості життєвого циклу свердловини. Оптимізація конструкції, заснована на балансі між надійністю та витратами, дозволяє мінімізувати капітальні інвестиції при збереженні необхідного рівня безпеки та цілісності свердловини.

Мета роботи – обґрунтування оптимальної конструкції свердловини на основі аналізу ризиків та вартості її спорудження в умовах Семиренківського газоконденсатного родовища.

Для досягнення зазначеної мети поставлені такі задачі:

- дослідити сучасний стан питання оптимізації конструкцій свердловин;
- виконати аналіз геолого-технічних умов та ризиків при спорудженні свердловин Семиренківського газоконденсатного родовища;
- дослідити та порівняти прийняті конструктивні рішення спорудження свердловин на заданому родовища, оцінивши їх технологічне обґрунтування з точки зору управління ризиками;

- розробити пропозиції щодо оптимізованої конструкції пошукової свердловини для розвідки покладів у відкладах C1v1 та D3fm з урахуванням необхідності мінімізації сумарних витрат та забезпечення можливості подальшого поглиблення.

Об'єктом дослідження є процес проектування та спорудження глибоких розвідувальних свердловин в умовах Семиренківського газоконденсатного родовища.

Предметом дослідження є обґрунтування оптимальної конструкції свердловини на основі аналізу геологічних ризиків та вартості, що забезпечує поетапне та економічно ефективно випробування декількох цільових горизонтів з можливістю її подальшого функціонального перетворення.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розробці підходу до проектування оптимальної конструкції розвідувальної свердловини для умов Семиренківського ГКР, яка системно інтегрує аналіз геологічних ризиків з принципом відстроченої вартості для поетапного випробування декількох цільових горизонтів.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропоновані конструктивні рішення та методологія обґрунтування дозволяють суттєво знизити капітальні витрати на розвідувальне буріння та мінімізувати фінансові ризики. Отримані результати можуть бути безпосередньо використані при проектуванні конкретних свердловин на родовищі для безпечного та економічного доступу до глибоких нафтогазоносних горизонтів.

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Вона викладена на 54 сторінках, у тому числі 4 рисунків, 5 таблиць, 3 сторінок списку використаних джерел (25 найменувань).

У першому розділі роботи проаналізовано сучасний стан питання оптимізації конструкцій свердловин.

Другий розділ роботи містить детальний аналіз геолого-технічних умов та ризиків при спорудженні свердловин Семиренківського газоконденсатного родовища.

У третьому розділі роботи представлено розробку та обґрунтування оптимізованої конструкції пошукової свердловини для розвідки покладів у візейських (C1v1) та франських (D3fm) відкладах Семиренківського ГКР.

Загальні висновки відображають головні результати, що отримано в роботі.

Кваліфікаційна робота виконана у Навчально-науковому інституті нафти і газу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» в 2026 році під керівництвом к.т.н., старшого викладача кафедри буріння та геології Рибалко М.О.

Автор висловлює щире подяку науковому керівнику Рибалко М.О. за допомогу при виконанні кваліфікаційної роботи.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ. МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Огляд ключових факторів, що визначають конструкцію свердловини

Конструкція газових свердловин є складною багатокomпонентною інженерною системою, основним призначенням якої є створення надійного, довговічного та економічно обґрунтованого каналу між продуктивним пластом і поверхнею [1, 6, 7, 8, 17, 23].

Сучасний підхід до її проектування базується не на надмірних запасах міцності [7], а на системній оптимізації, що передбачає баланс між технологічною надійністю, безпекою та сумарною вартістю спорудження, із обов'язковою оцінкою та управлінням технічними ризиками.

Відповідно до вимог безпеки [17] конструкція свердловини повинна забезпечувати цілісність, герметичність та надійну ізоляцію пластів. Водночас оптимальна конструкція досягається шляхом вибору таких параметрів (спосіб розкриття пласта, кількість, діаметри та глибини спуску обсадних колон, діаметри доліт та інтервали цементування), які мінімізують загальні витрати за умови прийняттого рівня технічного ризику.

Ключовим завданням є комплексний аналіз взаємопов'язаних факторів, де кожне рішення оцінюється через призму його впливу на вартість та імовірність ускладнень.

Найбільш визначальними факторами є геологічні умови буріння [7]. Їх вплив на конструкцію свердловини можна структурувати за такими основними аспектами.

По-перше, це літологічний розріз. Наявність нестійких, тріщинуватих інтервалів або пластичних порід (солі, глини) створює ризики обвалень, звуження стовбура та поглинання розчину. Оптимізація полягає у визначенні мінімально необхідної кількості проміжних колон для ізоляції цих зон, оскільки

кожна додаткова колона – це значні капітальні витрати. Прийняття рішення базується на порівнянні вартості колони з очікуваними витратами на ліквідацію можливих аварій.

По-друге, критичне значення мають гідродинамічні та термобаричні умови. Зони аномальних тисків (ризик викидів або поглинань) безпосередньо визначають вимоги до густини розчину, міцності обсадних колон та якості цементування. Аналіз ризиків дозволяє обґрунтувати вибір більш дорогих, але надійніших матеріалів лише в критичних інтервалах, а в інших – застосовувати стандартні рішення, що знижує вартість. Крім того, температура гірських порід суттєво впливає на фізико-механічні властивості як бурових, так і тампонажних розчинів. Це часто вимагає застосування різних технологічних систем, що, в кінцевому рахунку, визначає необхідність спуску проміжних обсадних колон та проведення роздільного (інтервального) цементування для ізоляції зон з різними умовами.

По-третє, конфігурація стовбура та конструкції вибою прямо залежать від характеристик цільових пластів – їх кількості, глибини та просторового залягання.

Крім геологічних умов, конструкція свердловини безпосередньо залежить від її технологічного призначення. Кожен тип свердловини (наприклад, опорна, параметрична, розвідувальна, пошукова, експлуатаційна (видобувна), нагнітальна, спостережна) диктує власні вимоги, що формують базові параметри конструкції. Наприклад, діаметр експлуатаційної колони визначається типом флюїду (нафта, газ, газоконденсат), очікуваним дебітом свердловини та необхідністю спуску внутрішньосвердловинного обладнання. При виборі діаметра експлуатаційної колони розвідувальних свердловин на структурах з виявленою продуктивністю нафти або газу вирішальним фактором є забезпечення умов для проведення випробувань з подальшої експлуатації промислових об'єктів.

Важливим технологічним аспектом при проектуванні є оптимізація гідравлічного режиму буріння для забезпечення високої швидкості проходки.

Необхідність ефективного очищення стовбура від шламу, особливо на значних глибинах, вимагає вибору такої конструкції, що забезпечить мінімальні втрати тиску в циркуляційній системі.

Іноді визначальним фактором стає не геологія, а технічні обмеження бурового обладнання. Вантажопідйомність установки є інколи визначальним чином конструкцію верхньої та середньої частини стовбура.

Окремим стратегічним фактором є створення «резервного» потенціалу для майбутньої модифікації свердловини. Її конструкція має передбачати технічну можливість для подальших операцій, таких як експлуатація верхніх горизонтів або проведення складних ремонтних робіт. Це підвищує гнучкість розробки родовища та продовжує життєвий цикл свердловини та забезпечує більш повне використання геологічного потенціалу, що в довгостроковій перспективі веде до суттєвої економії коштів.

Таким чином, оптимізація конструкції свердловини є ітераційним процесом прийняття рішень, де кожен параметр обирається на основі кількісної та якісної оцінки ризиків та їх фінансових наслідків. Остаточний вибір являє собою економічно обґрунтований компроміс, спрямований на досягнення мінімуму сумарних витрат (капітальних + потенційних аварійних) при гарантованому дотриманні всіх вимог безпеки та довгострокової функціональності свердловини.

1.2. Принципи оптимізації конструкції свердловин на основі аналізу ризиків та вартості спорудження

Оптимізація конструкції свердловини є комплексним інженерним завданням, що полягає у виборі такої схеми обладнання колон і параметрів стовбура, яка забезпечує безпечне буріння, технологічну надійність свердловини та мінімальні витрати на її спорудження [20, 21, 23, 25]. В умовах складних геолого-технічних розрізів, характерних для глибоких

газоконденсатних родовищ, оптимальна конструкція повинна враховувати геологічні фактори та економічні наслідки прийнятих технічних рішень.

Ключовим принципом оптимізації є баланс між рівнем ризиків та вартістю буріння [20]. Надмірно консервативна конструкція зі збільшеною кількістю обсадних колон, завищеними запасами міцності та великими діаметрами призводить до суттєвого зростання вартості спорудження свердловини. Водночас недостатній рівень технічного захисту підвищує ймовірність ускладнень і аварій, ліквідація яких може спричинити значні фінансові втрати або втрату свердловини.

Аналіз ризиків у процесі проєктування конструкції свердловини передбачає ідентифікацію небезпечних геологічних і технологічних факторів, зокрема нестійких інтервалів порід, зон аномально високих або знижених пластових тисків, поглинань бурового розчину, газо- і нафтоводопроявів, а також обмеженого «технологічного вікна» між пластовим тиском і тиском гідророзриву [8]. Для кожного з виявлених ризиків визначається ймовірність їх реалізації та можливі наслідки для процесу буріння.

Економічний аналіз є невід'ємною складовою процесу оптимізації та передбачає оцінку вартості буріння за різними варіантами конструкції свердловини з урахуванням прямих витрат (матеріали, обсадні труби, цемент, буровий розчин, час буріння) та потенційних непрямих витрат, пов'язаних з ліквідацією ускладнень і простоїв. Оптимальним вважається той варіант конструкції, який забезпечує прийнятний рівень ризику при мінімальних сумарних витратах.

Таким чином, оптимізація конструкції свердловини ґрунтується на системному підході, що поєднує аналіз геолого-технічних умов, оцінку ризиків та економічне обґрунтування проєктних рішень. Застосування такого підходу дозволяє підвищити ефективність буріння, знизити аварійність та забезпечити економічну доцільність спорудження свердловин у складних умовах.

1.3. Огляд фундаментальних основ для оптимізації конструкції свердловин на базі аналізу ризиків та вартості

Процес оптимізації конструкції свердловини ґрунтується на глибокому розумінні фізичних законів, що керують станом гірських порід та флюїдів у її стовбурі. Це розуміння безпосередньо пов'язане з управлінням технологічними ризиками та мінімізацією сукупних витрат на спорудження.

Основою безпечної та економічної роботи є концепція вікна безпечного буріння. Цей діапазон визначається двома критичними межами. Знизу його обмежує пластовий тиск, тобто природний тиск флюїду у породі. Якщо тиск у свердловині опуститься нижче цієї межі, виникає ризик неконтрольованого притоку пластової рідини чи газу, що може призвести до аварійних ситуацій. Зверху вікно обмежене тиском гідророзриву – мінімальним тиском, при якому порода тріскається і починає поглинати буровий розчин. Перевищення цієї межі веде до втрат циркуляції, ускладнень і значних фінансових витрат на відновлення роботи. Таким чином, завдання інженера полягає в тому, щоб підтримувати тиск у стовбурі всередині цього вікна.

Ширина цього вікна є ключовим фактором, що визначає складність проекту. Широкий діапазон дозволяє вести буріння довгих інтервалів з використанням стандартних технологій, що є найбільш економічним варіантом. Навпаки, вузьке або екстремально вузьке вікно, коли різниця між небезпечними межами стає критично малою, різко підвищує ризик. У таких умовах будь-яка операція – зупинка насоса, підйом інструменту – може порушити баланс і призвести до аварії. Подолання таких зон вимагає застосування дорогих спеціалізованих технологій, таких як динамічне управління тиском, використання легковагих розчинів або втручання з поверхні. Це прямо впливає на кошторис спорудження.

Саме для ізоляції таких небезпечних інтервалів і створення нових, безпечніших умов для подальшого заглиблення призначені обсадні колони. Кондуктор захищає верхні, часто нестійкі та водоносні, шари. Проміжні колони

відокремлюють зони з аномально високим тиском від вищележачих слабких порід або блокують інтервали, схильні до обвалення. Глибина їх спуску не є довільною – вона оптимізується на основі аналізу графіка зміни тисків по глибині. Кожна додаткова колона збільшує вартість свердловини, але водночас зменшує операційні ризики. Завдання полягає у знаходженні точки, коли витрати на монтаж нової колони стають меншими, ніж потенційні витрати на ліквідацію аварії при продовженні буріння без неї.

Окремим важливим етапом є вибір конструкції самого вибою свердловини у продуктивному пласті. Відкритий вибій, коли порода не кріпиться трубами, забезпечує найкращий приплив, але можливий лише у міцних і стійких колекторах. Закритий вибій з цементуванням та перфорацією дає можливість надійно ізолювати різні пласти, наприклад, відокремити нафтонасичену частину від водоносних шарів, що критично важливо для довгострокової ефективності видобутку. У слабких породах, схильних до виносу піску, застосовують спеціальні фільтри. Цей вибір безпосередньо впливає на початкову продуктивність, стабільність експлуатації та майбутні витрати на ремонти та інтенсифікацію.

Таким чином, оптимізація конструкції на основі аналізу ризиків та вартості є системним процесом. Вона починається з детальної геомеханічної моделі, яка прогнозує тискові умови по всьому розрізу. На цій основі проводиться оцінка ймовірності різних ускладнень та їх фінансових наслідків. Далі розглядаються варіанти конструкції з різною кількістю та глибиною спуску обсадних колон, різними типами вибою. Для кожного варіанту розраховується як пряма вартість матеріалів і робіт, так і потенційні витрати, пов'язані з ризиками, зважені на їх ймовірність. В результаті обирається рішення, яке забезпечує надійність свердловини при мінімальних сумарних очікуваних витратах на всьому її життєвому циклі, трансформуючи традиційне інженерне проектування в інструмент економічно обґрунтованого управління ризиками.

1.4. Економічне обґрунтування проектування свердловин з резервним потенціалом для майбутньої модифікації

Стратегічне проектування свердловин із закладеним «резервним» потенціалом для майбутніх модифікацій є економічно обґрунтованим підходом, що ґрунтується на принципах аналізу вартості життєвого циклу та управління проектами в умовах невизначеності. Незважаючи на необхідність певного збільшення початкових капітальних витрат, таке рішення забезпечує значну довгострокову економію та підвищує фінансову стійкість розробки родовища в цілому. Концепція полягає в тому, щоб конструкція свердловини передбачала технічну можливість для подальших операцій: дослідження глибших горизонтів, введення в експлуатацію вищезалягаючих пластів або проведення складних капітальних ремонтів [9].

З економічної точки зору, цей підхід реалізує модель відстрочених інвестицій. Інвестиції в більш діаметри, міцніші матеріали або спеціальні вузли на етапі будівництва є страховкою від майбутніх значно більших витрат. Наприклад, можливість поглибити існуючу свердловину коштує на 40–70% менше, ніж спорудження нової для доступу до того ж глибокого пласту, оскільки уникаються витрати на повторне проходження верхніх інтервалів, установку напрямлення, кондуктора та перших технічних колон [19]. Це безпосередньо підтверджується практикою на родовищах з багатопластовою будовою, де наявність резервного діаметра в експлуатаційній колоні дозволяє в подальшому розробляти раніше не задіяні горизонти, суттєво збільшуючи накопичений видобуток та окупність початкових інвестицій [22].

Крім того, проектування з урахуванням майбутніх ремонтів значно знижує операційні ризики та пов'язані з ними витрати. Свердловина, яка технічно дозволяє проведення складних операцій з боковим відгалуженням (закладення стаціонарних напрямних тощо), може бути відновлена після аварії або інтенсифікована з меншими витратами і меншим часом простою. Це

підвищує коефіцієнт експлуатації та забезпечує стабільніший грошовий потік [9].

Таким чином, додаткові витрати на етапі спорудження слід розглядати не як надмірні, а як стратегічні інвестиції в гнучкість та довголіття активу. Вони забезпечують більш повне використання геологічного потенціалу родовища, продовжують життєвий цикл свердловини і, як наслідок, у довгостроковій перспективі ведуть до суттєвої економії коштів за рахунок уникнення значно більших майбутніх капітальних витрат та мінімізації втрат від простоїв [19, 21, 22]. Цей підхід повністю відповідає сучасній парадигмі вартісно-орієнтованого проектування, що максимізує загальну економічну цінність проекту на всьому терміні його життя.

1.5. Висновки до розділу 1. Мета та задачі досліджень

Проведений у першому розділі аналіз теоретичних основ та сучасного стану питання дозволив сформулювати такі ключові положення:

1. Конструкція свердловини є системним рішенням, що формується під впливом комплексу взаємопов'язаних факторів: геолого-геофізичних умов розрізу, технологічних параметрів буріння та кріплення, майбутніх експлуатаційних завдань та, насамперед, критерію економічної ефективності. Будь-яке оптимізаційне рішення має враховувати їхню сукупність.

2. Оптимізація конструкції на основі аналізу ризиків та вартості спорудження є сучасним і найбільш об'єктивним підходом. Він дозволяє перейти від консервативних, часто надмірних заходів до збалансованих рішень, де рівень безпеки та надійності обґрунтовано звітується з розміром капітальних витрат. Цей підхід забезпечує прийняття рішень на основі кількісної оцінки ймовірності та наслідків технологічних ускладнень.

3. Фундаментом для ефективно оптимізації є достовірна геомеханічна модель розрізу та побудоване на її основі «вікно безпечного буріння». Ці

інструменти дозволяють прогнозувати поведінку породи, визначати інтервали критичних ризиків (обвалення, поглинання, гідророзрив) та обґрунтовувати ключові параметри конструкції – глибини спуску обсадних колон і щільність бурових розчинів.

4. Економічно обґрунтованим є проектування свердловин із стратегічним резервним потенціалом, що передбачає можливість подальшого поглиблення або розгалуження стовбура. Хоча такі рішення можуть збільшити початкові витрати, вони забезпечують значну економію в довгостроковій перспективі, уникнення витрат на нове буріння та підвищують капіталізацію родовища.

Мета роботи – обґрунтування оптимальної конструкції свердловини на основі аналізу ризиків та вартості її спорудження в умовах Семиренківського газоконденсатного родовища.

Для досягнення зазначеної мети поставлені такі задачі:

- дослідити сучасний стан питання оптимізації конструкцій свердловин;
- виконати аналіз геолого-технічних умов та ризиків при спорудженні свердловин Семиренківського газоконденсатного родовища;
- дослідити та порівняти прийняті конструктивні рішення спорудження свердловин на заданому родовищі, оцінивши їх технологічне обґрунтування з точки зору управління ризиками;
- розробити пропозиції щодо оптимізованої конструкції пошукової свердловини для розвідки покладів у відкладах C1v1 та D3fm з урахуванням необхідності мінімізації сумарних витрат та забезпечення можливості подальшого поглиблення.

Таблиця 3.2 – Типи і параметри бурових розчинів

Інтервал буріння, м	Тип розчину	Параметри бурового розчину									
		густина, г/см ³	умовна в'язкість, с	показник фільтрації, м ³ /30 хв	СНЗ, дПа	рН	Кірка	Вміст твердої фази, % піску/всього	OWR (відношення масла до води), %	Динамічне напруження зсуву, дП	Пластична в'язкість, сП
0-300	Глинистий	1,12	50 – 80	10 – 12	$\frac{20-30}{60-80}$	9 – 11	1,5	–	–	60-90	25-35
300-2800	Полімерний буровий розчин з низьким вмістом твердої фази	1,18	50 – 100	8 – 10	$\frac{20-30}{60-80}$	9 – 11	1	<1,5 / <40	–	60-90	25-35
2800-5815	Інвертна емульсійна промивальна рідина	1,37	50 – 020	–	$\frac{30-50}{60-100}$	–	0,5	<1 / <30	70/30	50-80	alap
5815-6570	Інвертна емульсійна промивальна рідина	1,93	70 – 120	–	$\frac{40-60}{70-120}$	–	0,5	<0,5 / <10	70/30	70-120	alap
6570-7050	Інвертна емульсійна промивальна рідина	2,25	70 – 140	–	$\frac{50-70}{80-130}$	–	0,3	<0,5 / <10	70/30	80-140	alap

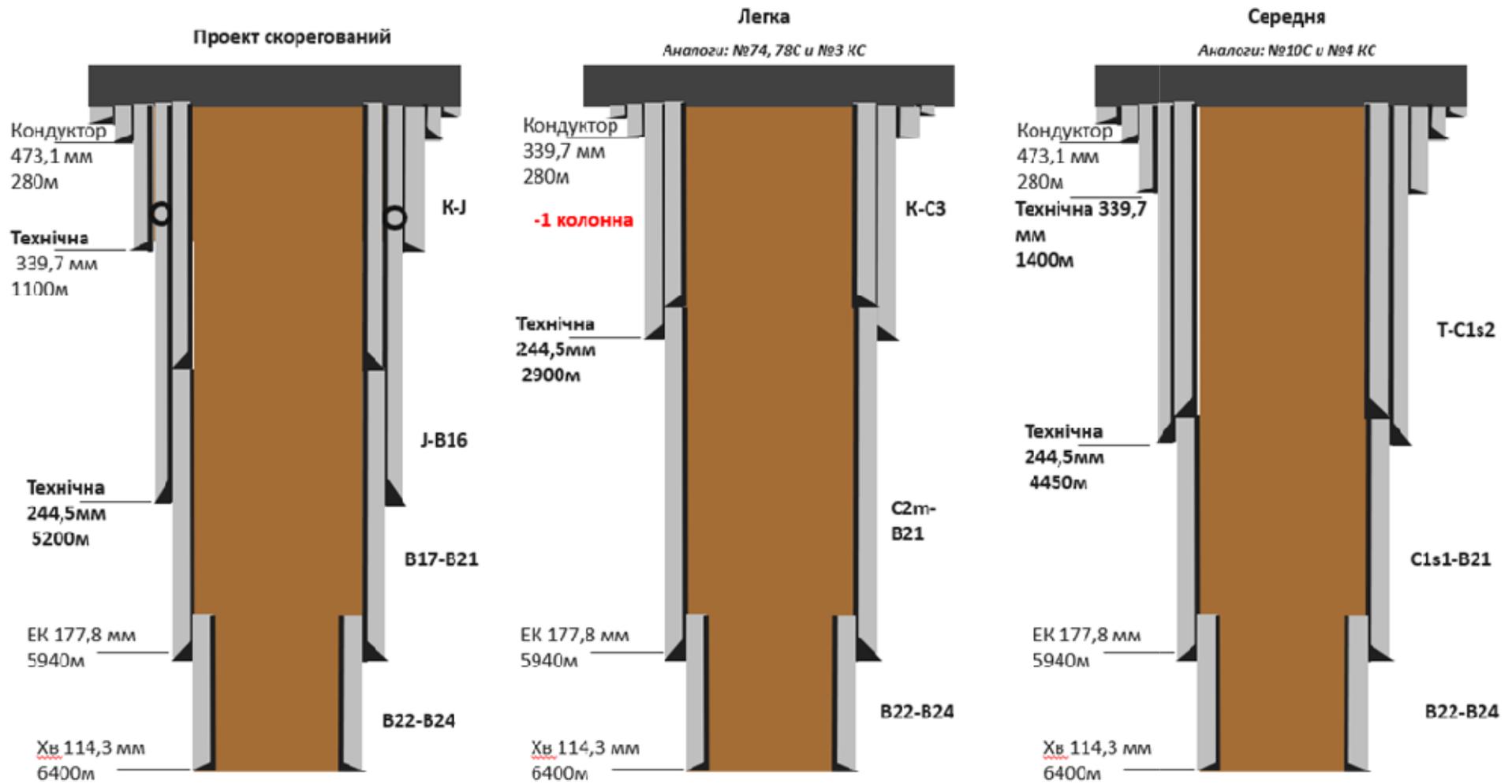


Рис. 3.2. Варіанти конструкції свердловини

Таблиця 3.3 – Конструкція свердловини

Інтервал установлення колони м		Назва та діаметр обсадної колони	Діаметр долота, мм	Інтервал цементування		Відстань від устя свердловини до рівня підйому тампонажного розчину за колоною	Необхідність (причина) спуску колони
від (верх)	до (низ)			від (верх)	до (низ)		
0	300	кондуктор Ø473,1 мм	558,0	0	300	до устя	Перекриття нестійких четвертинних, палеогенових та неогенових відкладів. Запобігання можливим поглинанням бурового розчину, осипанням обвалюванням стінок стовбура свердловини. Ізоляція і запобігання забрудненню хімічними реагентами водоносних горизонтів
0	2800	перша технічна колона Ø339,7 мм	444,5	0	2800	до устя	Перекриття нестійких відкладів крейдової, юрської, тріасової, пермської систем, та верхнього відділу кам'яновугільної системи які схильні до часткових поглинань бурового розчину, прихоплень внаслідок звуження стовбура свердловини і жолобоутворень, осипів і обвалювань стінок свердловини. Обладнується ОП.
0	5815	друга технічна колона Ø244,5 мм	311,1	4750	5815	до устя	Перекриття зон ускладнень частково відкладів кам'яновугільної системи з метою створення безпечних умов при розкритті нижче залягаючих продуктивних горизонтів. Обладнується ОП.
				2600	4750		
				0	2600		
5600	6570	експлуатаційна (I секція) Ø177,8 мм	215,9	5600	6570	до устя	Для перекриття частково кам'яновугільної системи, візейського та турнейського ярусів та частково верхнього відділу девонської системи та створення безпечних умов при розкритті нижчезалягаючих продуктивних горизонтів.

Продовження таблиці 3.3

Інтервал установлення колони м		Назва та діаметр обсадної колони	Діаметр долота, мм	Інтервал цементування		Відстань від устя свердловини до рівня підйому тампонажного розчину за колоною	Необхідність (причина) спуску колони
від (верх)	до (низ)			від (верх)	до (низ)		
6470	7050	хвостовик Ø114,3 мм	149,2	-	-	до устя	Збереження цілісності експлуатаційного ствола та створення надійного і довговічного каналу експлуатації продуктивного горизонту.
0	5600	експлуатаційна надставка Ø177,8 м	215,9	3500	6470		Створення надійного і довговічного каналу експлуатації продуктивного горизонту; спуск і кріплення експлуатаційної надставки здійснюють після буріння до проектної глибини та спуску хвостовика Ø114,3 мм. Обладнується ОП.
				0	3500		

Інтервали цементування обсадних колон наведена в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Інтервали цементування обсадних колон

Назва та діаметр колони або відкритого стовбура	Відстань від устя свердловини до рівня підйому тампонажного розчину за колоною	Інтервали цементування/встановлення МСЦ	Причина встановлення МСЦ
направлення Ø630,0 мм	забутовується	-	-
кондуктор Ø473,1 мм	до устя	0 – 300	-
перша технічна колона Ø339,7 мм	до устя	0 – 1950 1950 – 2800	з умов створення гідростатичного тиску, який не буде більшим за тиск гідророзриву пласта
друга технічна колона Ø244,5 мм	до устя	0 – 2600	для забезпечення надійного перекриття міжколонного простору та сприяння ефективному виконанню цементування в умовах змінного тиску і температур;
		2600 – 4750	зберігає безпечний запас відносно порового тиску у зоні можливих поглинань;
		4750 – 5815	враховує температурні умови (реологія тампонажного розчину, не допущення прискорення тужавіння, міцність і усадка цементного каменю, необхідність використання температуростійких добавок)
експлуатаційна (І секція) Ø177,8 мм	до устя	5600 – 6570	-
хвостовик Ø114,3 мм	не цементується		-
експлуатаційна надставка Ø177,8 м	до устя	0 – 3500 5600 – 3500	сприяє зменшенню гідростатичного навантаження на глибокі інтервали та забезпечує безпечні умови для герметизації надставки

На рис. 3.3 наведена конструкція свердловини

1,3 1,4 1,5 1,



Рисунок 3.3 – Інтервали цементування

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ 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. ДБН А.2.2-3:2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво. Зі змінами №1 та №2.
3. ДСТУ SEN ISO/TR 10400:2021 Нафтова та газова промисловість. Формули та розрахунки для визначання характеристик обсадних, насосно-компресорних, бурильних труб і труб, що їх застосовують як обсадні або насосно-компресорні.
4. ДСТУ 8932:2019 Труби обсадні та муфти до них. Технічні умови
5. ДСТУ Б А.2.4-4:2009 Основні вимоги до проектної та робочої документації
6. Застосування методів штучного інтелекту для виявлення та прогнозування ускладнень при будівництві нафтогазових свердловин: проблеми та рішення / Черніков О. Д., Єрьомін М. А., Столяров В. Є., Сбоев О. Г., Семенова-Чащина О. К., Фіцнер Л. К. // Георесурси. – 2020. – № 3. – С. 87–96. – DOI: 10.18599/грс.2020.3.87-96.
7. Крупський Ю. М., Марусяк В. І. Конструкції нафтогазових свердловин та їхній вплив на результати буріння // Вісник Львівського університету. Серія геологічна. – 2022. – Вип. 36. – С. 68–76. – DOI: 10.30970/vgl.36.05.
8. 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.
9. Лисенко В.Д., Матвієнко О.О. Проектування та експлуатація нафтових і газових свердловин: підручник. – К.: Наукова думка, 2020. – 420 с.

10. Мислюк М. А. Буріння свердловин. Т.1. Загальні відомості. Бурові установки. Обладнання та інструмент /М. А. Мислюк, І. Й. Рибчин,Р. С. Яремчук. – К.: «Інтерпрес ЛТД», 2002. – 363 с.
11. Мислюк М. А. Буріння свердловин. Т.2. Промивання свердловин. Відробка доліт /М. А. Мислюк, І. Й. Рибчин,Р. С. Яремчук. – К.: «Інтерпрес ЛТД», 2002. – 303 с.
12. Мислюк М. А. Буріння свердловин. Т.3. Вертикальне та скероване буріння. /М. А. Мислюк, І. Й. Рибчин,Р. С. Яремчук. – К.: «Інтерпрес ЛТД», 2004. – 294 с.
13. НПАОП 11.2-1.18-82 Єдині технічні правила ведення робіт при будівництві свердловин на нафтових, газових і газоконденсатних родовищах (НАОП 1.1.21-1.18-82)
14. 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.
15. Політучий О.І. Практикум з інженерно-технічних розрахунків по бурінню свердловин : Навчальний посібник / О.І. Політучий. – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2024.–251 с.
16. Практичний посібник з технології буріння свердловин на рідкі та газоподібні корисні копалини: Довідковий посібник / А.Г. Калинина, А.З. Левицкий, А.Г. Мессер, Н.В. Соловьев – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001 – 450 с.
17. Про затвердження Правил безпеки в нафтогазодобувній промисловості. Наказ №2610 від 27.04.2023
18. Промивальні рідини в бурінні : підручник/ ЄА. Коровяка, Ю.Л. Винников, А.О. Ігнатов, О.В. Матяш, В.О. Расцветаев // М-во освіти і науки

України, Нац.тех.ун-т «Дніпровська політехніка». – 4-те вид., доп. – Дніпро : Журфонд, 2023. – 420 с.

19. Скворцов А.О., Петренко В.І. Управління вартістю життєвого циклу об'єктів нафтогазової промисловості. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2021. – 256 с.

20. Інтернет джерело <https://www.sciencepubco.com/>

21. Інтернет джерело <https://agr.com/case-studies/well-design-and-cost-optimization-study/>

22. API RP 96. Deepwater Well Design and Construction. First Edition, 2013. – Washington: American Petroleum Institute, 2013.

23. Deli G (2004) Deep and ultra-deep well drilling technology under complex geological conditions [M]. Petroleum Industry Press, Beijing

24. Dynamic design method of wellbore structure during drilling operation based on LWD

25. Moos D, Peska P (2003) Comprehensive wellbore stability analysis utilizing quantitative risk assessment [J]. J Petrol Sci Eng 38(3):97–109

Optimized economic evaluation model for intensive drilling in unconventional oil and gas development / Yu S., Wang K., Dong H., Tai Y., Chen Z., Zhou D., Sun S. // Processes. – 2025. – Vol. 13, No. 5. – Article 1579. – DOI: 10.3390/pr13051579.