

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

Навчально-науковий інститут нафти і газу  
Кафедра буріння та геології  
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
Спеціальність 185 Нафтогазова інженерія та технологій  
Освітня програма «Буріння нафтових і газових свердловин»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри буріння та геології

Винников Ю.Л.

« 19 » 01 2026 року

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

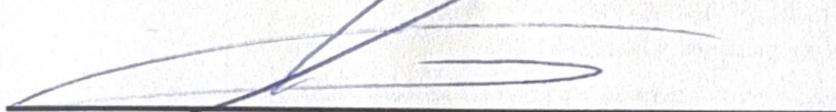
на тему Технологічні особливості спорудження похило-скерованих свердловин для умов Машівського ГКР

**Пояснювальна записка**

**Керівник**

к.т.н., доц., доцент кафедри буріння та геології Ягольник А.М.

посада, наук. ступінь, ПІБ



підпис, дата

**Виконавець роботи**

Борисенко Антон Володимирович

студент групи 601НБ

студент, ПІБ



підпис, дата

**Консультант за 1 розділом**

к.т.н. доц. Рєзко Олександр В.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

**Консультант за 2 розділом**

к.т.н., сп. висл. кадрів Б.Г. Рибалко М.С.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

**Консультант за 3 розділом**

к.т.н., доц. Матвієв О.В.

посада, наук. ступінь, ПІБ, підпис

Дата захисту 10.01.2026 р.

Полтава, 2026

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 технологій  
Освітня програма: Буріння нафтових і газових свердловин

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри буріння та геології  
Винников Ю.Л.

« 3 » 09 2025 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

**Борисенко Антон Володимирович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічні особливості спорудження похило-скерованих свердловин для умов Машівського ГКР

2. Керівник роботи доц. кафедри буріння та геології, доц., к.т.н. Ягольник А.М.

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

затверджені наказом вищого навч. закладу від « 3 » 09 2025 року № 1015-д-0

3. Строк подання студентом роботи 20.01.2026

4. Вихідні дані до роботи

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

2. Проєкти 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	к.п.н. доцент Гольник А.М.		
2	к.т.н., ст. викл. Редалько М.О.		
3	с.р.н., доц. Матвеев О.В.		

8. Дата видачі завдання 2.09.2025р

**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

(підпис)

Горисенко А.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Гольник А.М.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Борисенко А. В. Технологічні особливості спорудження похило-скерованих свердловин для умов Машівського ГКР. Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 184 «Гірництво». – Полтава; Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». – 2026.

У роботі розглянуто технологічні особливості спорудження похило-скерованих свердловин в умовах Машівського газоконденсатного родовища Дніпровсько-Донецької западини.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану та розвитку похило-скерованого буріння, узагальнено основні положення проектування конструкції свердловин.

У другому розділі детально охарактеризовано геолого-промислові, гідрогеологічні та термобаричні умови Машівського ГКР, що визначають складність буріння та кріплення свердловин.

У третьому розділі на основі аналізу геолого-технічних умов обґрунтовано конструкції похило-скерованих свердловин, вибір бурових розчинів для окремих інтервалів буріння, порядок спуску й оснащення обсадних колон, а також технологію цементування з урахуванням наявності соленосних хемогенних товщ і зон несумісних умов буріння. Розглянуто комплекс заходів протифонтанного захисту при розкритті газоносних горизонтів.

Отримані результати можуть бути використані при проектуванні та спорудженні похило-скерованих свердловин на газоконденсатних родовищах Дніпровсько-Донецької западини.

**Ключові слова:** похило-скероване буріння, конструкція свердловини, ускладнення при бурінні, буровий розчин, цементування, протифонтанний захист, газоконденсатне родовище.

## ANOTATION

Borysenko A. V. Technological features of the construction of inclined-directed wells for the conditions of the Mashivske gas condensate field. Master's qualification work in specialty 184 «Mining». – Poltava; National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic». – 2026.

The work examines the technological features of the construction of inclined-directed wells in the conditions of the Mashivske gas condensate field of the Dnieper-Donetsk depression.

In the first chapter, an analysis of the current state and development of inclined-directed drilling is carried out, the main provisions of well design are summarized.

The second chapter describes in detail the geological-industrial, hydrogeological and thermobaric conditions of the Mashivske gas condensate field, which determine the complexity of drilling and fixing wells.

In the third section, based on the analysis of geological and technical conditions, the construction of inclined-directed wells, the selection of drilling fluids for individual drilling intervals, the procedure for lowering and equipping casing strings, as well as the cementing technology, taking into account the presence of salt-bearing chemogenic strata and zones of incompatible drilling conditions, are substantiated. The complex of anti-fountain protection measures during the opening of gas-bearing horizons is considered.

The obtained results can be used in the design and construction of inclined wells in the gas condensate fields of the Dnieper-Donetsk basin.

**Key words:** inclined-directed drilling, well construction, complications during drilling, drilling fluid, cementing, anti-fountain protection, gas condensate field.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
INTRODUCTION.....	7
<b>РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАНУ ПИТАННЯ. МЕТА ТА ЗАДАЧІ</b>	
<b>ДОСЛІДЖЕНЬ .....</b>	<b>9</b>
1.1 Розвиток і сучасний стан похило-скерованого буріння .....	9
1.2 Основні положення проєктування конструкції свердловини .....	12
1.3 Особливості геологічної будови та буріння свердловин в умовах Дніпровсько-Донецької западини .....	18
1.5 Висновки за розділом 1. Мета та задачі досліджень .....	22
<b>РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ГЕОЛОГО-ПРОМИСЛОВИХ УМОВ МАШІВСЬКОГО</b>	
<b>ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО РОДОВИЩА .....</b>	<b>25</b>
2.1 Адміністративно-географічна характеристика Машівського ГКР .....	25
2.2 Тектоніко-стратиграфічна характеристика Машівського ГКР .....	26
2.3 Загальна характеристика продуктивності Машівського .....	33
2.4 Характеристика гідрогеологічних умов Машівського ГКР .....	37
2.5 Характеристика термобаричних умов Машівського ГКР .....	40
2.6 Висновки за розділом 2 .....	44
<b>РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЗІ СПОРУДЖЕННЯ ПОХИЛО-</b>	
<b>СКЕРОВАНИХ СВЕРДЛОВИН В УМОВАХ МАШІВСЬКОГО ГКР .....</b>	<b>46</b>
3.1 Аналіз геолого-технічних умов буріння свердловин на Машівському ГКР .....	46
3.2 Обґрунтування конструкції похило-скерованих свердловин Машівського ГКР .....	48
3.3 Бурові розчини для інтервалів буріння проєктних свердловин .....	53
3.4 Порядок спуску та оснащення обсадних колон .....	56
3.5 Технологія цементування обсадних колон похило-скерованої свердловини .....	57
3.6 Обґрунтування протифонтанного захисту проєктних свердловин .....	60

3.7 Висновки за розділом 3 .....	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	65
GENERAL CONCLUSIONS.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	67

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Актуальність дослідження зумовлена зростаючою потребою підвищення ефективності розробки газоконденсатних родовищ України в умовах ускладнених гірничо-геологічних і термобаричних умов. Значна частина перспективних запасів вуглеводнів Дніпровсько-Донецької западини приурочена до складнопобудованих покладів, розкриття яких вертикальними свердловинами є технічно та економічно менш ефективним.

Похило-скеровані свердловини дозволяють оптимізувати дренавання покладів, підвищити дебіти та зменшити кількість бурових майданчиків, однак їх спорудження в умовах Машівського ГКР ускладнюється наявністю соленосних хемогенних відкладів, зон несумісних умов буріння, аномалій пластових тисків і підвищених температур. Це потребує науково обґрунтованого підходу до вибору конструкції свердловин, бурових і тампонажних розчинів та засобів протифонтанного захисту.

**Мета роботи** – обґрунтування технологічних рішень зі спорудження похило-скерованих свердловин в умовах Машівського газоконденсатного родовища, спрямованих на підвищення безпеки, надійності та ефективності буріння і кріплення свердловин.

### **Основні задачі досліджень:**

- проаналізувати сучасний стан і тенденції розвитку похило-скерованого буріння та основні підходи до проектування конструкції нафтогазових свердловин;
- дослідити геолого-промислові, гідрогеологічні та термобаричні умови Машівського газоконденсатного родовища, що визначають складність спорудження свердловин;
- обґрунтувати технологічні рішення зі спорудження похило-скерованих свердловин, зокрема конструкції, бурові та тампонажні розчини, порядок кріплення й цементування обсадних колон;
- розробити та обґрунтувати рішення з безпеки буріння, включаючи

протифонтанний захист при розкритті газоносних горизонтів.

**Об’єкт дослідження** – процес спорудження похило-скерованих свердловин у геолого-промислових умовах Машівського родовища.

**Предмет дослідження** – технологічні рішення та технічні параметри спорудження похило-скерованих свердловин на Машівському родовищі.

**Методи досліджень:**

– аналітичний метод – для опрацювання та інтерпретації літературних джерел, нормативно-технічної документації і проєктних матеріалів;

– метод узагальнення та класифікації – для систематизації ускладнень буріння, виділення зон несумісних умов буріння та формування рекомендацій щодо конструкції свердловин і технологічних рішень.

**Наукова новизна:** Удосконалено технологічні рішення зі спорудження похило-скерованих свердловин на прикладі Машівського газоконденсатного родовища з урахуванням специфіки геологічної будови, термобаричних умов і зон несумісних умов буріння.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в можливості використання отриманих результатів при проєктуванні та спорудженні похило-скерованих свердловин на Машівському ГКР та аналогічних родовищах Дніпровсько-Донецької западини.

**Особистий внесок** автора роботи полягає в:

- аналізі і узагальненні геолого-промислових та літературних джерел;
- систематизації фактичних даних буріння свердловин Машівського ГКР;
- інженерно-геологічному аналізі умов буріння.

**Структура та об’єм роботи.** Кваліфікаційна робота складається з анотації, вступу, 3 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (50). Робота виконана на 71 сторінці, містить 15 таблиць, 11 рисунків.

Робота виконана на кафедрі буріння та геології Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» під керівництвом доцента кафедри буріння та геології, доц., к.т.н. Ягольник Андрія Миколайовича.

## INTRODUCTION

**Relevance of the work.** The relevance of the study is due to the growing need to improve the efficiency of development of gas condensate deposits of Ukraine under difficult mining-geological and thermobaric conditions. A significant part of the promising hydrocarbon reserves of the Dnipro-Donetsk Basin is limited to complex deposits, the opening of which by vertical wells is technically and economically less effective.

Inclined wells make it possible to optimize the drainage of deposits, increase flow rates and reduce the number of drilling sites, but their construction in the conditions of the Mashivske gas condensate field is complicated by the presence of saline chemogenic deposits, zones of incompatible drilling conditions, formation pressure anomalies and elevated temperatures. This requires a scientifically based approach to the selection of the design of wells, drilling and plugging solutions and means of anti-fountain protection.

**The purpose of the work** is to substantiate the technological solutions for the construction of inclined-directed wells in the conditions of the Mashivske gas condensate field, aimed at increasing the safety, reliability and efficiency of drilling and fastening of wells.

**The main objectives of the research:**

- to analyze the current state and trends in the development of inclined directional drilling and the main approaches to the design of oil and gas wells;
- to investigate the geological-industrial, hydrogeological and thermobaric conditions of the Mashivske gas condensate field, which determine the complexity of well construction;
- to substantiate technological solutions for the construction of inclined-directed wells, in particular, constructions, drilling and tamping solutions, the order of fastening and cementing of casing strings;
- to develop and substantiate solutions for drilling safety, including anti-fountain protection during the opening of gas-bearing horizons.

**The object of the research** is the process of construction of inclined-directed wells in the geological and industrial conditions of the Mashivske gas condensate field.

**The subject of the research** is the technological solutions and technical parameters of the construction of inclined-directed wells at the Mashivske gas condensate field.

**Research methods:** Solving the tasks is based on the use of analytical methods, as well as on the generalization and analysis of research results.

**Scientific novelty:** The technological solutions for the construction of inclined-directed wells for the conditions of the Mashivske gas condensate field, taking into account the specifics of the geological structure, thermobaric conditions and zones of incompatible drilling conditions, are justified.

**The practical significance of the results** lies in the possibility of using the obtained results in the design and construction of inclined-directed wells on the Mashivske gas condensate field and similar deposits of the Dnieper-Donetsk Basin.

**The personal contribution of the author of the work** consists in:

- analysis and generalization of geological, industrial and literary sources;
- systematization of the actual data of drilling wells of the Mashivske gas condensate field;
- engineering and geological analysis of drilling conditions.

**Structure and scope of work.** The qualification work consists of an abstract, introduction, 3 sections, general conclusions, a list of sources used (50). The work is 70 pages long, contains 15 tables, 11 figures.

The work was carried out at the Department of Drilling and Geology of the National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» under the supervision of Associate Professor of the Department of Drilling and Geology, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences Andrii Mykolayovych Yagolnyk.

## РОЗДІЛ 1

### СУЧАСНИЙ СТАНУ ПИТАННЯ. МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 1.1 Розвиток і сучасний стан похило-скерованого буріння

З метою підвищення ефективності розробки нафтових і газових родовищ усе більшого поширення набуває спорудження похило-скерованих та горизонтальних свердловин. В Україні перші роботи з буріння горизонтальних свердловин були виконані у 1957 році на Бориславському родовищі на глибинах 2800 – 2900 м. Дебіти нафти, отримані з цих свердловин, у кілька разів перевищували показники суміжних вертикальних свердловин. Проте зазначені роботи мали характер промислового експерименту й надалі були припинені через їх високу собівартість, недостатній рівень технічного та кадрового забезпечення, а також відсутність на той час досконалих технологічних рішень.

Водночас у провідних нафтогазовидобувних країнах світу – США, Канаді, Франції, Китаї – у 1980 – 1990-х роках відбулося стрімке зростання обсягів горизонтального буріння. Так, у США протягом п'ятирічного періоду з 1988 по 1992 рік було пробурено 4529 горизонтальних свердловин, тоді як у Канаді за цей самий проміжок часу їх кількість перевищила 5000, включаючи бічні горизонтальні стовбури. У результаті було створено сучасні технічні засоби та відпрацьовано технології буріння, кріплення й освоєння похило-скерованих і горизонтальних свердловин.

Ключовою умовою успішного буріння свердловин із великими кутами нахилу, включно з горизонтальним положенням стовбура, є всебічне врахування особливостей геологічної будови родовища під час вибору бурового обладнання, технології виконання робіт та впровадження комплексу технічних заходів, спрямованих на запобігання ускладненням у процесі буріння [14, 15, 35, 41, 48]. Найбільш небезпечними ускладненнями при

спорудженні сильно викривлених і горизонтальних свердловин є осипання та обвалення стінок у нестійких породах.

До нестійких гірських порід належать, передусім, глинисті утворення (глини, алевроліти, глинисті сланці), а також породи іншого мінералогічного складу, що залягають у зонах тектонічної порушеності, розущільнення та дезінтеграції, зокрема поблизу розривних порушень, площин насувів, у приштокових зонах соляних куполів і в інтервалах розвитку вивітрюваних порід. Досвід провідних західноєвропейських і північноамериканських компаній свідчить, що найбільш сприятливі гірничо-геологічні умови для буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин характерні для покладів вуглеводнів, приурочених до масивних і потужних товщ вапняків, доломітів і пісковиків.

У сучасній практиці буріння також застосовуються такі технологічні схеми:

- послідовне буріння кількох похилих свердловин з одного бурового майданчика (кущове буріння);
- паралельне буріння двох свердловин з використанням одного комплекту бурового обладнання однією буровою бригадою (двостовбурне буріння);
- буріння свердловин із кількома вибіями (багатовибійне буріння), а також свердловин із горизонтальним входженням у пласт і горизонтально-розгалуженою конфігурацією стовбура.

При горизонтальному входженні в продуктивний пласт (рис. 1.1, а) свердловину спочатку бурять вертикально до заданої глибини, після чого за допомогою відхилювача, орієнтованого відповідно до проектного профілю, здійснюють входження в пласт і подальше буріння в його межах без застосування відхилювача. За схемою горизонтально-розгалуженого розміщення стовбурів (рис. 1.1, б) після проходження вертикальної ділянки виконують розгалуження шляхом послідовного буріння кількох різко викривлених стовбурів. У цьому випадку відхилювач застосовується лише на

етапі забурювання відгалужень з орієнтацією площини його дії у заданому напрямку, а подальше буріння здійснюється без нього. Для реалізації таких схем використовують жорсткі відхилювачі з кутом перекосу різьб не менше  $2^{\circ}30'$ , укорочені турбобури або електробури, оснащені механізмами керованого викривлення [3, 14, 15].

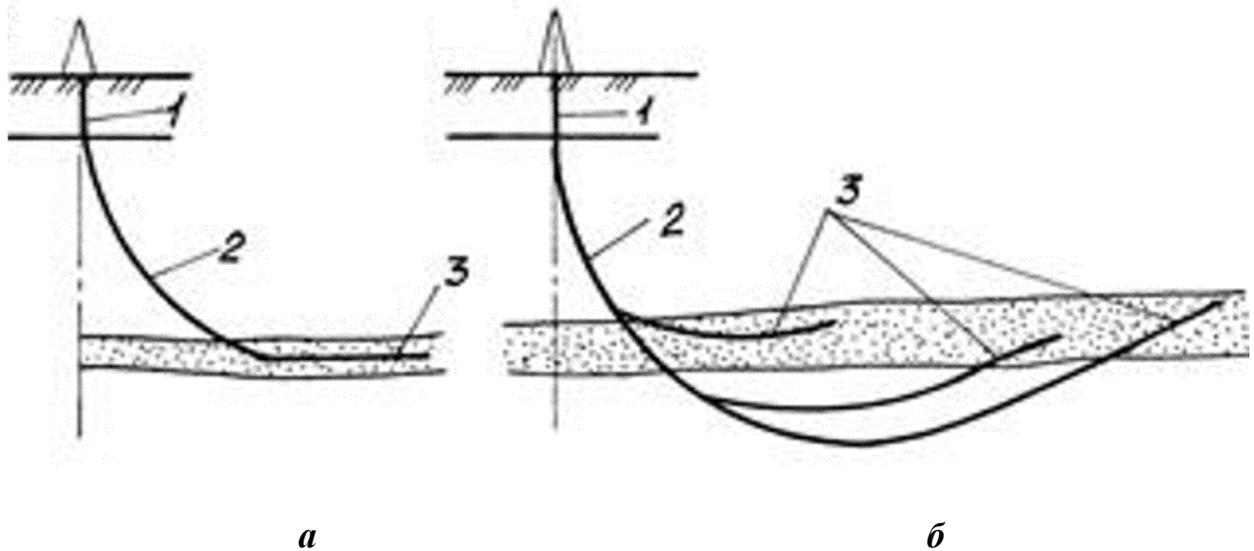


Рис. 1.1 – Схема горизонтального (а) і горизонтально-розгалуженого буріння свердловин (б): 1 – гирло; 2 – стовбур; 3 – вибій

Одним із сучасних напрямів розвитку похило-скерованого буріння є впровадження роторних керованих систем (Rotary Steerable Systems, RSS), які забезпечують керування траєкторією свердловини без припинення обертання бурильної колони. Принципи роботи таких систем ґрунтуються на різних способах відхилення долота та корпусу керовального модуля.

До основних принципів керування роторними керованими системами належать:

- відштовхування долота (Push the bit) – зміна напрямку руху долота шляхом відштовхування корпусу системи у бік, протилежний заданому напрямку викривлення, під час обертання компоновки низу бурильної колони;
- націлювання долота (Point the bit) – відхилення долота відносно центра корпусу керованої системи з його безпосереднім спрямуванням у необхідному напрямку при обертанні КНБК;

– гібридний принцип (Hybrid) – поєднання відхилення долота відносно осі корпусу системи з використанням відштовхувального механізму, вбудованого в конструкцію керованого модуля.

Застосування роторних керованих систем має низку суттєвих переваг:

- можливість дистанційного керування траєкторією свердловини в режимі реального часу;
- підвищену надійність обладнання за рахунок використання зносостійких та високоміцних конструкційних матеріалів;
- зменшення габаритних розмірів інструментів, передусім їхньої довжини;
- скорочення часу підготовчих робіт і налаштування обладнання безпосередньо в польових умовах [3, 41, 46].

## **1.2 Основні положення проєктування конструкції свердловини**

Конструкція свердловини проєктується з урахуванням особливостей геологічного розрізу та прогнозованих ускладнень, що можуть виникати під час буріння. Вона повинна забезпечувати довговічність і міцність споруди, надійну ізоляцію всіх проникних горизонтів, відповідність вимогам охорони надр і навколишнього середовища, економічну доцільність, досягнення проєктної глибини та сумісність із режимом подальшої експлуатації. Крім того, конструкція має бути придатною для виконання ремонтно-відновлювальних робіт і проведення геофізичних та інших досліджень у процесі експлуатації [17, 18, 27, 37, 39, 44].

Вибір конструкції нафтогазовидобувної свердловини визначається сукупністю геологічних, технологічних, економічних та екологічних чинників, а також фізико-хімічними властивостями вуглеводневих флюїдів.

До основних геологічних факторів належать глибина залягання продуктивних пластів, яка визначає рівень температур і тисків та ускладнює

конструкцію зі збільшенням глибини; фізико-механічні властивості гірських порід, зокрема наявність нестійких інтервалів, схильних до обвалення або втрати стійкості стінок; величини пластових тисків і температур, що потребують застосування обсадних колон підвищеної міцності; наявність водоносних горизонтів, які необхідно надійно ізолювати від продуктивних пластів; а також схильність пластів до газо- і нафтопроявів, що зумовлює потребу у конструктивних рішеннях і протифонтанному обладнанні.

Технологічні фактори включають профіль свердловини (вертикальний, похило-скерований або горизонтальний), спосіб і тривалість буріння, систему кріплення та ізоляції пластів із застосуванням обсадних колон і цементування, призначення свердловини, а також метод первинного розкриття продуктивного пласта.

До економічних чинників належать вартість будівництва свердловини, яка зростає зі збільшенням глибини та складності конструкції, очікувані дебіти флюїдів, що впливають на вибір обладнання, а також проєктний термін служби свердловини, який визначає доцільність використання більш якісних і довговічних матеріалів.

Екологічні вимоги регламентуються чинним законодавством і передбачають обов'язковий захист водоносних горизонтів від забруднення, а також запобігання витокам нафти, газу й технологічних рідин у навколишнє середовище [19, 21].

Під час проєктування також враховуються кліматичні та географічні умови. Зокрема, морські свердловини потребують спеціальних технічних рішень (бурові платформи, судна), а в сейсмічно активних районах конструкція повинна мати додатковий запас міцності.

Фізико-хімічні властивості пластових флюїдів суттєво впливають на умови видобутку. Висока в'язкість і обводненість нафти зумовлюють застосування спеціальних методів впливу на пласт, корозійна активність середовища (наявність  $H_2S$ ,  $CO_2$ , хлоридів) потребує використання корозійностійких матеріалів, а схильність порід до піскоутворення вимагає

впровадження систем піскозахисту.

Таблиця 1.1 – Фактори, що впливають на вибір конструкції свердловини

Група	Фактор	Вплив на конструкцію свердловини
Геологічні	Глибина залягання продуктивного пласта	Зі збільшенням глибини зростають температури та тиски, що зумовлює ускладнення конструкції, застосування багатоколонних схем і обсадних труб підвищеної міцності
	Фізико-механічні властивості порід	Нестійкі породи потребують раннього кріплення, застосування спеціальних бурових розчинів і скорочення відкритого стовбура
	Пластовий тиск і температура	Високі значення вимагають підбору обсадних колон за міцністю та застосування протифонтанного обладнання
	Наявність водоносних горизонтів	Визначає необхідність надійної ізоляції водоносних пластів для захисту питних вод
	Схильність до газо- і нафтопроявів	Обумовлює вибір конструкції з можливістю встановлення ПВО та підвищені вимоги до герметизації
Технологічні	Профіль свердловини (вертикальна, похило-скерована, горизонтальна)	Визначає кількість обсадних колон, їх діаметри та вимоги до кріплення і цементування
	Спосіб і тривалість буріння	Впливають на вибір матеріалів, технологічних режимів і компоновок бурильного інструменту
	Система кріплення та ізоляції	Формує схему обсадних колон і глибини їх спуску
	Призначення свердловини	Розвідувальні та експлуатаційні свердловини мають різні вимоги до конструкції
	Спосіб первинного розкриття пласта	Впливає на вибір експлуатаційної колони, перфорації та методів освоєння
Економічні	Вартість будівництва	Зростає зі збільшенням глибини і складності конструкції, що потребує оптимізації схеми
	Очікуваний дебіт	Високі дебіти потребують більш надійної та довговічної конструкції
	Термін служби свердловини	Довгострокова експлуатація зумовлює застосування якісніших матеріалів
Екологічні	Захист водоносних горизонтів	Вимагає герметичної ізоляції та дотримання нормативних вимог
	Запобігання витокам флюїдів	Обумовлює застосування багатоколонних конструкцій і якісного цементування
Фізико-хімічні властивості флюїдів	В'язкість і обводненість нафти	Визначають необхідність спеціальних методів видобутку і конструктивних рішень
	Корозійна активність (H <sub>2</sub> S, CO <sub>2</sub> , хлориди)	Потребує застосування корозійностійких матеріалів і захисних покриттів
	Схильність до піскоутворення	Зумовлює впровадження систем піскозахисту
Природно-кліматичні	Морські або сейсмічні умови	Вимагають спеціальних конструкцій і додаткового запасу міцності

Таким чином, вибір конструкції свердловини є багатофакторним завданням, що потребує комплексного врахування геологічних, технологічних, економічних та екологічних умов. Узагальнення основних факторів, наведених у табл. 1.1, дозволяє обґрунтовано приймати конструктивні рішення при проєктуванні нафтогазовидобувних свердловин.

До найбільш поширених ускладнень і аварій у процесі буріння належать поглинання бурового розчину, прихоплення бурильного інструменту, порушення стійкості стінок, зашламування свердловини, флюїдопрояви, відхилення траєкторії та забруднення продуктивних пластів [26, 45, 47]. Основні профілактичні заходи з попередження таких явищ наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні ускладнення при бурінні свердловин та заходи їх попередження

Ускладнення, аварії та брак у бурінні	Основні профілактичні заходи
Поглинання бурового розчину	Оптимізація густини та реологічних параметрів бурового розчину; коригування режимів буріння і гідродинамічних параметрів потоку; застосування спеціалізованих промивних агентів і протипоглиналих матеріалів; обмеження кількості та швидкості спуско-підіймальних операцій
Прихоплення бурильного інструменту	Підбір оптимальних гідродинамічних характеристик циркуляції; своєчасна проробка небезпечних інтервалів; регулювання фізико-хімічних властивостей бурового розчину із застосуванням спеціальних добавок; використання спеціальних компоновок низу бурильної колони та додаткових пристроїв; вибір оптимального способу буріння і профілю свердловини
Порушення стійкості стінок та зашламування свердловини	Забезпечення ефективного режиму промивки; регулювання параметрів і хімічних властивостей бурового розчину; скорочення часу перебування відкритого стовбура; своєчасне кріплення нестійких інтервалів
Флюїдопрояви (газо-, нафто-, водопрояви)	Контроль і підтримання необхідної густини бурового розчину; обмеження інтенсивності та тривалості спуско-підіймальних операцій; оперативне реагування на зміну газомісту розчину
Відхилення траєкторії свердловини від проєктної	Коригування параметрів режиму буріння; застосування телеметричних систем контролю траєкторії; використання спеціальних керованих компоновок низу бурильної колони
Забруднення продуктивного пласта	Оптимізація параметрів бурового розчину; застосування спеціалізованих мало забруднюючих бурових розчинів; вибір раціональної технології первинного розкриття продуктивного пласта

Проектування конструкції свердловини базується на аналізі співвідношення гідростатичного тиску стовпа бурового або цементного розчину з поровим тиском і тиском гідророзриву порід. Інтервал між цими величинами формує так зване «вікно буріння», яке визначає безпечний діапазон тисків для проведення бурових робіт (рис. 1.2).

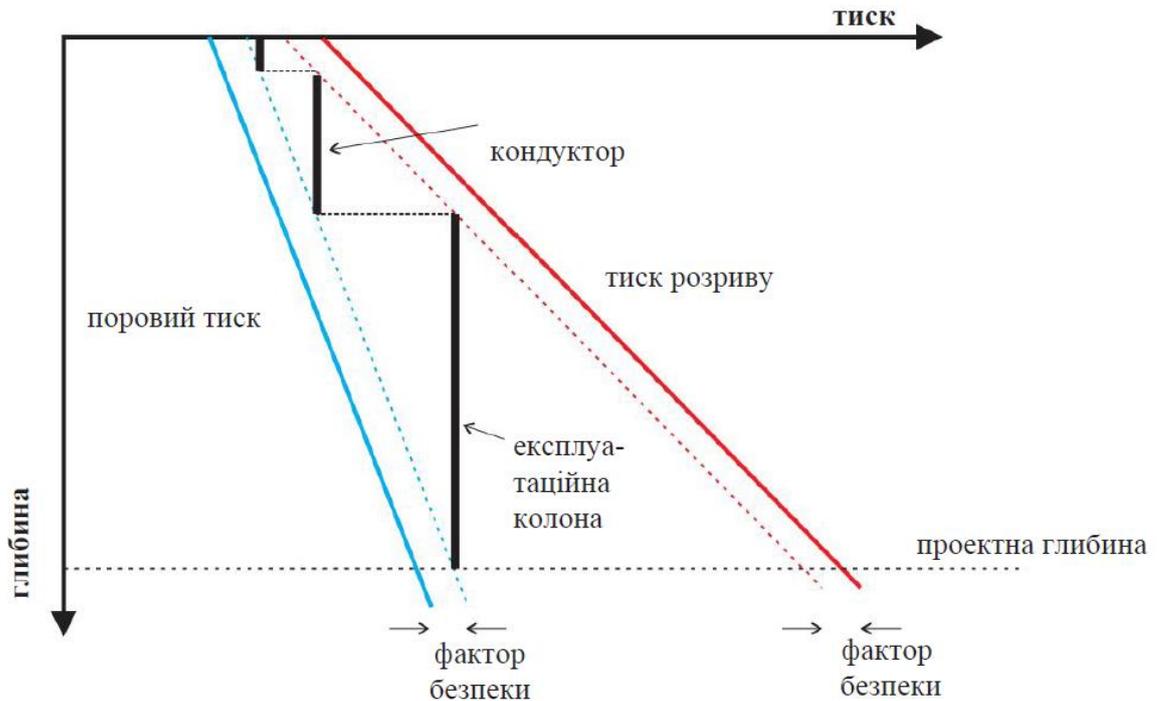


Рисунок 1.2 – Конструкція свердловини залежно від вікна тисків [42]

Нижньою межею вікна буріння є поровий тиск, перевищення якого необхідне для забезпечення стійкості стінок свердловини [30]. Верхня межа відповідає тиску гідророзриву порід, перевищення якого призводить до утворення тріщин, втрат бурового розчину та дестабілізації стовбура. Тому густина бурового розчину підбирається таким чином, щоб створюваний гідростатичний тиск перевищував пластовий, але залишався нижчим за тиск гідророзриву.

На величину та ширину вікна буріння впливають глибина свердловини (зі збільшенням глибини вікно звужується), геологічна неоднорідність розрізу,

рівень пластових тисків і властивості бурового розчину, зокрема його густина та реологічні характеристики [42].

Проектування конструкції починається з виділення зон з несумісними умовами буріння. До таких відносять суміжні інтервали, у яких зміна густини бурового розчину, необхідна для нижньої зони, може спричинити поглинання, флюїдопрояви або втрату стійкості в верхній зоні. Зони сумісних умов буріння формують зони кріплення свердловини обсадними колонами, кількість яких відповідає числу обсадних колон. Глибина спуску кожної колони визначається межею між зонами несумісних умов і повинна розташовуватися в стійких породах.

У разі встановлення противикидного обладнання (ПВО) башмак обсадної колони має бути розміщений на такій глибині, щоб під час глушіння свердловини не відбувся гідророзрив порід нижче башмака [9].

Густина бурового розчину визначається з умови створення необхідного гідростатичного тиску і розраховується за відомою залежністю (1.1).

$$\rho_{б.р} = \frac{P_{пл} + \Delta P}{g \cdot h}, \quad (1.1)$$

де  $P_{пл}$  – пластовий тиск, Па;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$h$  – глибина відповідного пластового тиску, м;

$\Delta P$  – величина перевищення тиск у свердловині над пластовим, Па.

Якщо вимоги до густини не обумовлені необхідністю стабілізації стінок, у зонах сумісних умов буріння вона повинна перевищувати пластовий тиск на 10 – 15 % для свердловин глибиною до 1200 м, на 5 – 10 % для інтервалів 1200 – 2500 м і на 4 – 7 % для свердловин глибиною понад 2500 м, але в межах установлених граничних значень [12, 28, 49].

свердловин;

– дослідити геолого-промислові, гідрогеологічні та термобаричні умови Машівського газоконденсатного родовища, що визначають складність спорудження свердловин;

– обґрунтувати технологічні рішення зі спорудження похило-скерованих свердловин, зокрема конструкції, бурові та тампонажні розчини, порядок кріплення й цементування обсадних колон;

– розробити та обґрунтувати рішення з безпеки буріння, включаючи протифонтанний захист при розкритті газоносних горизонтів.

## GENERAL CONCLUSIONS

The study addresses a significant scientific and engineering challenge regarding the justification of a rational directional well design, using the geological and technical conditions of the Mashivske gas condensate field as a case study.

1. It has been proven that the geological and reservoir conditions of the Mashivske field are characterized by a complex structure and a significant gross pay interval exceeding 1000 m. There are 24 productive horizons, primarily concentrated in the Gzhelian stage of the Upper Carboniferous, with pay zones at depths ranging from 3,850 to 4,180 m and initial gas-in-place (GIP) (Category C<sub>1</sub>) of 41.0 billion m<sup>3</sup>.

2. It was established that the PT (pressure-temperature) conditions of the Upper Carboniferous horizons in the Mashivske field correspond to a normal hydrodynamic regime. The pore pressure gradient ranges from 0.008 to 0.0107 MPa/m, with a pressure-to-hydrostatic ratio of 0.95–1.15. This allows for the application of standard design solutions with local adjustments to drilling parameters in specific intervals.

3. It is justified that the rational well architecture for directional wells N. 126–130 should account for 3–4 zones of incompatible drilling conditions and utilize a multi-string casing program: a surface casing (Ø340–508 mm), two intermediate casings (Ø245 and Ø178 mm), a production casing (Ø178 mm), and a liner (Ø127 mm). This configuration ensures the isolation of aquifers and salt formations, as well as the safe well completion of productive targets.

4. It was determined that the use of tailored drilling fluids with densities of 1,100–1,600 kg/m<sup>3</sup> (water-based muds, polymer-clay, salt-saturated, and oil-based muds (OBM)), combined with well cementing using Portland cements for low/normal temperatures and Class G cement (slurry densities of 1,500–1,920 kg/m<sup>3</sup>), along with well control (BOP) measures, reduces the risk of drilling hazards. Such complications can account for up to 30% of the well construction costs (CAPEX) in the Dnieper-Donets Basin (DDB).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Арсірій Ю.О. Картографічне вивчення глибинної структури Дніпровсько-Донецької западини / Ю.О. Арсірій, А.Б. Холодних, К.К. Філюшкін // Зб. наук. праць УкрДГРІ. – К.: УкрДГРІ, 2007. – №2. – С. 121 – 129.
2. Атлас родовищ нафти і газу України: В 6 т. / Ред. М.М. Іванюта, В.О. Федішин, Б.І. Денєга та ін. – Львів: УНГА, 1998.
3. Воевідко І.В. Точність проведення похило-спрямованих свердловин / І.В. Воевідко // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – №2 (27). – С. 27 – 30.
4. Вплив структурно-літологічних особливостей основних нафтогазоносних комплексів північного борту Дніпровсько-Донецької западини на ефективність геологорозвідувальних робіт / О.Ю. Лукін [та ін.] // Академічна й університетська наука: зб. наук. пр. Секції за матеріалами Всеукр. наук.-практ. конф. «Сучасні рецепції світоглядно-ціннісних орієнтирів Григорія Сковороди», 02 груд. 2022 р. : Т. 2. – Полтава : Нац. ун-т ім. Юрія Кондратюка, 2022. – С. 65–67.
5. Гладун В.В. Нафтогазоперспективні об'єкти України. Дніпровсько-Донецький авлакоген / В.В. Гладун. – К.: Наук. думка, 2001. – 323 с.
6. Горський В.Ф. Тампонажні матеріали і розчини / В.Ф. Горський. – Чернівці, 2006. – 524 с.
7. Дніпровсько-Донецька западина / Т.Ю. Лапчак, К.С. Супрунук, П.Д. Пастієвська, І.В. Галицький та ін. // Стратиграфія УРСР. – К.: Наукова Думка, 1970. – Т. VI. – Ч. 1. – С. 174.
8. Доленко Г.Н. Розломна тектоніка та нафтогазоносність України / Г.Н. Доленко, С.А. Варичев, В.В. Колодій та ін. – К.: Наукова думка, 1989. – 116 с.

9. ДСТУ ГОСТ 13862:2018 (ГОСТ 13862–2003, IDT) Устаткування противикидне. Типові схеми, основні параметри та загальні технічні вимоги до конструкції.

10. ДСТУ Б В.2.7-88-99. Портландцементи тампонажні. Технічні умови.

11. Інструкція по технології кріплення свердловин в розрізах, які вміщують текучі соленосні відклади. – Держнафтогазпром. УкрНГІ. – Київ, 1995. – 26 с.

12. Коцкулич Я.С. Бурові промивні рідини: Підручник / Я.С. Коцкулич, М.І. Оринчак, М.М. Оринчак. – Івано-Франківськ: Факел, 2008. – 500 с.

13. Коцкулич Я.С. Закінчування свердловин / Я.С. Коцкулич, О.В. Тищенко. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2004. – 366 с.

14. Крижанівський Є.І. Буріння свердловин з горизонтальними стовбурами: аналіз тенденцій розвитку / Є.І. Крижанівський, В.М. Мойсишин, М.М.Яворський // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2005. – № 1. – С. 5 – 11.

15. Кунцяк Р.Я. Удосконалення технології буріння похило-скерованих та горизонтальних свердловин в нестійких породах (на прикладі родовищ Дніпрово-Донецької западини): дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.15.06 «Розробка нафтових та газових родовищ» : Дата захисту 08.12.11 / Р.Я. Кунцяк. – Івано-Франківськ, 2011. – 173 с.

16. Маєвський Б.Й. Щодо проблеми нафтогазогеологічного районування території України / Б.Й. Маєвський // Нафт. і газова промисловість. – К., 2002. – №4. – С. 6 – 8.

17. Мислюк М. А. Буріння свердловин : довідник : у 5 т. Т. 4 : Завершення свердловин / М. А. Мислюк, І. Й. Рибчич, Р. С. Яремійчук. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2012. – 608 с.

18. Мислюк М. А. Буріння свердловин : довідник : у 5 т. Т. 5 : Ускладнення. Аварії. Екологія / М. А. Мислюк, І. Й. Рибчич, Р. С. Яремійчук.

– К. : Інтерпрес ЛТД, 2004. – 376 с.

19. Наказ від 27.04.2023 № 2610 Про затвердження Правил безпеки в нафтогазодобувній промисловості.

20. Нафтогазоносні провінції світу / Маєвський Б.Й., Євдощук М.І., Лозинський О.Є. – К.: Наук. думка, 2002. – 403 с.

21. НПАОП 11.1.1-1.20-03 Правила безпеки у нафтогазовидобувній промисловості України, К., 2004.

22. Орловський В.М. Тампонажні матеріали, що розширюються при твердінні: монографія / В.М. Орловський. – Полтава, 2015. – 129 с.

23. Освоєння, інтенсифікація та ремонт свердловин / П.О. Катеринчук, Д.В. Римчук, С.В. Цибулько, О.Л. Шудрик. – Х.: Пром-Арт, 2018. – 608 с.

24. Патент 29718 Україна. Тампонажний розчин для цементування нафтогазових свердловин в умовах калій-магнієвої агресії / Р.О. Гордієвський, Р.С. Яремійчук та інші / ДК «Укргазвидобування». – №29718; Заявл. 21.09.2007. Опубл. 25.01.2008.

25. Планування рішень в ускладнених умовах буріння свердловин на нафту й газ / О.В. Аниськовцев, В.М. Чарковський, А.С. Непомнящий, І.Д. Щербатюк, В.Д. Середюк // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2008. № 3(28). – С. 5 – 10.

26. Похилко А.М. Аналіз причин ускладнень при бурінні та кріпленні обсадних колон свердловин Дніпровсько-Донецької западини / А.М. Похилко, Ю.С. Міщук // Нафтогазова інженерія. Число 2 (2017). – С. 103 – 109.

27. Правила розробки нафтових і газових родовищ України. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2017. – 107 с.

28. Промивальні рідини в бурінні: підручник / Є.А. Коровяка, Ю.Л. Винников, А.О. Ігнатов, О.В. Матяш, В.О. Расцветаєв; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – 4-те вид., доп. – Дніпро : Журфонд, 2023. – 420 с.

29. СОУ 11.2-30019775-020:2004. Свердловини на нафту і газ. Обсадні труби. Порядок експлуатації. ДК «Укргазвидобування».

30. СОУ 11.2-30019775-105:2007. Свердловини на нафту і газ. Попередження порушення стійкості стінок ствола при бурінні. ДК «Укргазвидобування».

31. СОУ 11.2-30019775-109:2007. Цементування свердловин на нафту і газ. Розчини тампонажні з розширюючими добавками. Технологія приготування. ДК «Укргазвидобування».

32. СОУ 11.2-30019775-141:2008. Вимоги до монтажу та експлуатації колонних головок під час буріння свердловин.

33. СОУ 11.2-30019775-142:2008. Вимоги до монтажу та експлуатації протиударних пристроїв під час буріння свердловин.

34. Ставичний Є.М. Розроблення тампонажних систем для цементування хомогенних відкладів у свердловинах родовищ Дніпровсько-Донецької западини: дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.15.10 «Буріння свердловин»: Дата захисту 17.03.16 / Є. М. Ставичний. – Івано-Франківськ, 2015. – 198 с.

35. Сусяк Т.Я. Досвід проходки похило-скерованих свердловин з великими значеннями відходу від вертикалі / Т.Я. Сусяк, А.П. Верстюк // Буріння газових свердловин. – Вип. XXXVIII. – 2010. – С. 53 – 57.

36. Технологічний регламент з недопущення деформацій обсадних колон в текучих солевих і глинистих породах при бурінні, кріпленні і освоєнні свердловин. – УкрНДІГаз, ДК «Укргазвидобування». – Харків, 2008. – С. 13.

37. Технологія і техніка буріння. Узагальнююча довідникова книга / В.С. Войтенко, В.Г. Вітрик, Р.С. Яремійчук. – Львів: Центр Європи, 2012. – 708.

38. Цементування свердловин / Я.В. Кунцяк, А.Б. Скочеляс, М.М. Величко, Я.Ю. Соболевський. – Львів: Світ, 2002. – 88 с.

39. Шляхи вирішення проблем стійкості стовбура свердловини під час буріння: матеріали 7-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Нафта і газ України» (Київ, 25-29 травня 2002 р.) / А.М. Андрусак, М.В. Лігоцький, В.С. Чапля та ін. – Київ: Техніка, 2002. – 425 с.

40. API 13A. Specification for Drilling-Fluid Materials.

41. Auslander, D. M. (2016). Directional drilling and deviation control technology. Gulf Professional Publishing.
42. Bennett T. Well Cement Integrity and Cementing Practices. The University of Adelaide. 62 p.
43. Chen, Z., Chaudhary, S., and Shin, J. (2014). Intermixing of cement aids: Understanding mud displacement and cement placement. Society of Petroleum Engineers, SPE 167922.
44. Guan Z., Chen T., Liao H. Theory and Technology of Drilling Engineering. Springer; 1st edition, 2020. 789 p.
45. Hossain M.E., Al-Majed A.A. Fundamentals of Sustainable Drilling Engineering. Wiley-Scrivener; 1st edition, 2015. 786 p.
46. Jeffery W.H. Deep Well Drilling: The Principles and Practices of Deep Well Drilling, and a Hand Book of Useful Information for the Well Driller. Palala Press, 2018. 538 p.
47. King, G. E. and King, D. E. (2013). Environmental risk arising from well construction failure: difference between barrier and well failure, and estimates of failure frequency across common well types, locations and age. Society of Petroleum Engineers, SPE 166142.
48. Sanchez, A., Brown, C. F., and Adams, W. (2012). Casing centralization in horizontal and extended reach wells. Society of Petroleum Engineers, SPE 150317.
49. Smith, J. K., & Johnson, A. B. (2019). Drilling Engineering: A Complete Well Planning Handbook. Gulf Professional Publishing.
50. Soltanian H. A new cement additive to improve the physical properties of oil well cement and to enhance zonal isolation / H. Soltanian, A. Khojastefar, A. Ghorban. – Journal of Petroleum Science and Technology, Tehran, Iran: April. – №3 (1). – 2013. – P. 31 – 38.