

**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 184 Гірництво

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми  
Харченко М.О.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

Завідувач кафедри буріння та геології  
Винников Ю.Л.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему Особливості технології буріння з керованим тиском на вибої свердловини з обґрунтуванням можливості впровадження даної технології на родовищах України**

**Пояснювальна записка**

**Керівник**  
**К.т.н., доц., доцент**  
**кафедри буріння та геології**  
**Харченко М.О.**  
*посада, наук. ступінь, ПІБ*

**Виконавець роботи**  
**студент група 601-МГР**  
**Бондар Ілля Ігорович**  
*студент, ПІБ*

\_\_\_\_\_

*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**

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ.....	9
АНОТАЦІЯ.....	10
ABSTRACTS.....	12
ВСТУП.....	13
INTRODUCTION.....	14
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ Ї БУРІННЯ З КЕРОВАНИМ ТИСКОМ.....	15
1.1 Аналіз технології буріння з керованим тиском.....	15
1.2 Способи буріння з регулюванням тиску.....	18
РОЗДІЛ 2 УСТАТКУВАННЯ MPD.....	21
2.1. Рейтинги тиску системи MPD - свердловина.....	21
2.2. Роторний гирловий герметизатор «RCD3».....	23
2.2.1. Підшипниковий ущільнювальний елемент.....	25
2.2.2. Чинники зменшення терміну служби ущільнювального елемента..	25
2.2.3. Рекомендації по заміні ПУВ - сумарне час обертання підшипника.....	28
2.2.4 Рекомендації по заміні ПУВ - ходіння інструменту.....	29
2.3 Маніфольд з напівавтоматичним дроселями «LPAC».....	30
2.3.1 Дросельний маніфольд.....	30
2.3.2 Гідравлічний дросель "Auto-choke" і панелі управління дроселем .....	31
2.4 Газовий витратомір Carbon Tracker.....	33
2.5 Газосепаратор «MGS».....	34
2.6 Смолоскипна установка.....	36
2.7 Схема обв'язки обладнання БРТ.....	37
2.7.1 Головна лінія БРТ.....	37
2.7.2 Допоміжна лінія БРТ.....	38
РОЗДІЛ 3 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ БУРІННЯ ТА ЦЕМЕНТУВАННЯ.....	39 <sub>2</sub>

3.1	Небезпечні фактори.....	39
3.2	Густина в поверхневих і свердловинних умовах.....	41
3.3	Визначення температури бурового розчину.....	42
3.4	Гідравлічні розрахунки МРД для буріння секції 152,4 мм.....	43
3.5.1	Вхідні дані для гідравлічних розрахунків ЕЦГ.....	44
3.5.3	Розрахунок ЕЦГ при перекладі свердловини на розчин 1,86 г/см <sup>3</sup> .....	46
РОЗДІЛ 4 СТРАТЕГІЯ МРД НА ПРИКЛАДІ ДЮЧИХ СВЕРДЛОВИНИ... 47		
4.1	Буріння в інтервалі з застосуванням технології МРД.....	47
4.2	Нарощування бурильного інструменту.....	47
4.3	Спускопідйомні операції.....	48
4.3.1	Підйом з протитиском в черевик ЕК з метою заміни ПУВ РУГ... 48	
4.3.2	Підйом з протитиском після заміщення на розчин глушіння 1,88 г/см <sup>3</sup> .....	48
4.4	Відповідальні сторони.....	48
4.5	Картування градієнтів тиску .....	49
4.6	Заміщення свердловини на розчин глушіння.....	51
РОЗДІЛ 5 ДІЇ ПРИ ПОЗАШТАТНИХ СИТУАЦІЯХ .....		53
5.1	Дерево рішення при поглинання .....	53
5.2	Дії при ГНВП – матриця МРД.....	53
5.3	Дії при ознаках нестабільності ствола .....	54
5.4	Дії при відмові зворотних клапанів в КНБК.....	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....		58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....		60
ДОДАТОК А.....		64
ДОДАТОК Б .....		65
ДОДАТОК В.....		66
ДОДАТОК Г .....		67
ДОДАТОК Д.....		68
ДОДАТОК Е.....		69

## СКОРОЧЕННЯ

- БРТ – буріння з регульованим тиском;
- РГГ – роторний гирловий герметизатор;
- ПУВ – підшипниковий ущільнювальний вузол;
- ЕЦГ – еквівалентна циркуляційна густина;
- ЕСГ – еквівалентна статична густина;
- СПО – спускопідйомні операції;
- ГРП – гідророзрив пласта;
- ОК – обсадна колона;
- ОБР - обважений бурильний розчин;
- МААСР – максимальний допустимий тиск в затруб'ї;
- ПВО – противикидне обладнання;
- ПУГ – превентор універсальний гідравлічний;
- DFIT – Dynamic Formation Integrity Test;
- SBP – протитиск на поверхні;
- MPD – Pressure Drilling.

## АНОТАЦІЯ

У роботі розглянуто технологія буріння з керованим тиском (MPD). MPD - це технологія, яка дозволяє контролювати тиск в свердловині за допомогою спеціального обладнання. Це дозволяє підвищити безпеку буріння і цементування, а також підвищити ефективність цих процесів.

У першому розділі роботи проаналізовано технології MPD. Розглядаються такі питання, як принцип роботи MPD, переваги і недоліки технології.

У другому розділі проаналізовано обладнання, яке використовується в системах MPD. Розглядаються такі типи обладнання, як роторний гирловий герметизатор, маніфольд з напівавтоматичним дроселями, газовий витратомір, газосепаратор, смолоскипна установка.

У третьому розділі дано гідравлічні розрахунки, які необхідні для забезпечення безпеки буріння і цементування за допомогою MPD. Розглядаються такі питання, як визначення небезпечних факторів, визначення густини бурового розчину, визначення температури бурового розчину, гідравлічні розрахунки MPD.

У четвертому розділі розглянуто стратегія застосування MPD на прикладі діючих свердловин. Розглядаються такі питання, як буріння в інтервалі з застосуванням MPD, нарощування бурильного інструменту, спускопідйомні операції, картування градієнтів тиску, заміщення свердловини на розчин глушіння.

У п'ятому розділі розроблено дії при позаштатних ситуаціях, які можуть виникнути при бурінні з застосуванням MPD. Розглядаються такі питання, як дії при поглинання, дії при ГНВП, дії при ознаках нестабільності ствола, дії при відмові зворотних клапанів в КНБК.

**Ключові слова:** буріння з регульованим тиском, спускопідйомні операції, гідророзрив пласта, обсадна колона, противикидне обладнання, превентор універсальний гідравлічний.

## ABSTRACTS.

This paper discusses the technology of pressure-controlled drilling (MPD). MPD is a technology that allows controlling the pressure in the well using special equipment. This allows to improve the safety of drilling and cementing, as well as increase the efficiency of these processes.

The first section of the paper analyzes MPD technologies. It discusses the MPD principle, advantages and disadvantages of the technology.

The second section analyzes the equipment used in MPD systems. Such types of equipment as a rotary wellhead sealer, a manifold with semi-automatic chokes, a gas flow meter, a gas separator, and a torch unit are considered.

The third chapter presents the hydraulic calculations necessary to ensure the safety of drilling and cementing with MPD. The following issues are considered: determination of hazardous factors, determination of drilling mud density, determination of drilling mud temperature, MPD hydraulic calculations.

The fourth chapter discusses the strategy of MPD application on the example of operating wells. It considers such issues as drilling in the interval using MPD, drilling tool build-up, running-in operations, pressure gradient mapping, and replacing the well with killing fluid.

The fifth section describes actions to be taken in case of emergency situations that may arise during MPD drilling. The following issues are considered: actions in case of absorption, actions in case of HFD, actions in case of signs of borehole instability, actions in case of check valves failure in the BHA.

**Keywords:** controlled-pressure drilling, run-in operations, hydraulic fracturing, casing, blowout preventer, universal hydraulic preventers.

## ВСТУП

### Актуальність теми

Буріння свердловин є одним з найважливіших процесів у нафтогазовій промисловості. Воно дозволяє отримувати доступ до нафтових і газових родовищ, а також до інших підземних ресурсів.

Традиційні методи буріння часто не можуть забезпечити необхідну безпеку та ефективність у складних геологічних умовах. Такі умови можуть виникати внаслідок наявності високопроникних пластів, високої пластової температури, високої щільності газу або високої схильності до сейсмоактивності.

Технологія буріння з керованим тиском (MPD) є однією з найсучасніших технологій буріння, яка дозволяє підвищити безпеку та ефективність бурових робіт у складних геологічних умовах.

Технологія MPD має ряд переваг перед традиційними методами буріння, зокрема:

- покращена безпека. MPD дозволяє запобігати гідророзриву пласта, викидам та іншим позаштатним ситуаціям, які можуть призвести до травм або загибелі людей, а також до екологічних катастроф.
- покращена ефективність. MPD дозволяє підвищити швидкість буріння, зменшити витрати бурового розчину та зменшити кількість часу, що витрачається на проведення позаштатних робіт.

Актуальність технології MPD зростає з кожним роком. Це пов'язано з наступними факторами:

- Зростання складності геологічних умов. Нафтогазові родовища стають все більш складними з точки зору геології. Це вимагає використання більш ефективних технологій буріння, які можуть забезпечити безпеку та ефективність бурових робіт у таких умовах.
- Зростання вимог до безпеки. Уряди та громадськість все більше уваги приділяють безпеці нафтогазової промисловості. Технологія MPD

дозволяє значно підвищити безпеку бурових робіт, що відповідає цим вимогам.

- Зростання витрат на буріння. Вартість бурових робіт постійно зростає. Технологія MPD дозволяє зменшити витрати на буріння, що є важливим фактором у сучасних економічних умовах.

Технологія MPD широко застосовується в світі. За даними компанії Baker Hughes, у 2023 році MPD використовувалося на 20% всіх бурових установок у світі.

Технологія MPD застосовується в різних країнах, у тому числі в США, Канаді, Росії, Китаї, Бразилії та інших.

Технологія MPD починає набирати популярності в Україні. У 2023 році MPD використовувалося на 5% всіх бурових установок в Україні.

Технологія MPD застосовується на таких родовищах, як:

- Прикарпатське нафтогазоносне родовище
- Дніпровсько-Донецький нафтогазоносний басейн
- Глибоководні нафтогазоносні родовища Чорного та Азовського морів

**Метою** роботи є розроблення рекомендації щодо застосування технології MPD у складних геологічних умовах.

Для досягнення мети дослідження необхідно було виконати такі **завдання**:

- Ознайомитися з теоретичними основами технології MPD;
- Охарактеризувати обладнання, яке використовується для MPD;
- Розрахувати гідравлічні параметри для буріння свердловин у складних геологічних умовах з використанням технології MPD;
- Розробити стратегію застосування технології MPD у складних геологічних умовах;
- Розробити рекомендації щодо дій при позаштатних ситуаціях при бурінні з використанням технології MPD у складних геологічних умовах.

**Об'єктом** дослідження є процес буріння свердловин з використанням технології MPD.

**Предметом** дослідження є застосування технології MPD у складних

геологічних умовах.

Для досягнення поставлених завдань були використані такі **методи дослідження**: статистичний аналіз, розробка математичних моделей.

**Наукова новизна одержаних результатів** – удосконалено технологію буріння з керованим тиском (MPD) у складних геологічних умовах.

**Практичне значення отриманих результатів** – отримані результати можуть бути використані для підвищення безпеки та ефективності бурових робіт при застосуванні технології MPD у складних геологічних умовах.

**Структура і обсяг роботи.** Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Вона викладена на 69 сторінках, у тому числі 65 сторінок основного тексту, 18 рисунків, 12 таблиць, 5 сторінок списку використаних джерел.

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., доцента, доцента кафедри буріння та геології Харченка Максима Олександровича.

# INTRODUCTION

## **Relevance of the topic**

Well drilling is one of the most important processes in the oil and gas industry. It allows access to oil and gas fields, as well as other underground resources.

Conventional drilling methods often fail to provide the required safety and efficiency in difficult geological conditions. Such conditions can arise from highly permeable formations, high reservoir temperatures, high gas density, or high seismicity.

Managed pressure drilling (MPD) technology is one of the most advanced drilling technologies that allows to increase the safety and efficiency of drilling operations in difficult geological conditions.

MPD technology has a number of advantages over traditional drilling methods, including

- Improved safety. MPD prevents hydraulic fracturing, blowouts and other emergencies that can lead to injury or death, as well as environmental disasters.
- Improved efficiency. MPD allows to increase drilling speed, reduce drilling mud consumption and reduce the amount of time spent on emergency operations.

The relevance of MPD technology is growing every year. This is due to the following factors:

- Increasing complexity of geological conditions. Oil and gas fields are becoming increasingly complex in terms of geology. This requires the use of more efficient drilling technologies that can ensure the safety and efficiency of drilling operations in such conditions.

- Increasing safety requirements. Governments and the public are increasingly paying attention to the safety of the oil and gas industry. MPD technology can significantly improve drilling safety to meet these requirements.

- Rising drilling costs. The cost of drilling operations is constantly growing. MPD technology helps to reduce drilling costs, which is an important factor in the current economic environment.

MPD technology is widely used around the world. According to Baker Hughes, in 2023, MPD was used on 20% of all drilling rigs in the world.

MPD technology is used in various countries, including the United States, Canada, Russia, China, Brazil, and others.

MPD technology is starting to gain popularity in Ukraine. In 2023, MPD was used on 5% of all drilling rigs in Ukraine.

MPD technology is used at such fields as:

- Prykarpattya oil and gas field
- Dnipro-Donetsk oil and gas basin
- Deepwater oil and gas fields of the Black and Azov Seas

The purpose of the master's thesis is to develop recommendations for the application of MPD technology in complex geological conditions.

To achieve the research goal, the following tasks had to be performed:

- To get acquainted with the theoretical foundations of MPD technology;
- Characterize the equipment used for MPD;
- Calculate hydraulic parameters for drilling wells in difficult geological conditions using MPD technology;
- Develop a strategy for applying MPD technology in difficult geological conditions;
- Develop recommendations for actions in case of emergency situations when drilling using MPD technology in difficult geological conditions.

### **Research objectives**

The object of study is the process of well drilling using MPD technology.

**The subject of the study** is the application of MPD technology in difficult geological conditions.

The following research methods were used to achieve the **objectives**:

- Analysis of theoretical sources;
- Statistical analysis;
- Development of mathematical models.

**The scientific novelty** of the results obtained is the development of 11

recommendations for the application of MPD technology in difficult geological conditions.

**Practical significance of the results**

**The obtained results** can be used to improve the safety and efficiency of drilling operations when using MPD technology in difficult geological conditions.

**The volume of the final qualification work** is 68 pages, 14 figures, 19 tables, 45 references.

# **РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУРІННЯ З КЕРОВАНИМ ТИСКОМ**

## **1.1 Аналіз технології буріння з керованим тиском**

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі вирішено важливу науково-технічну задачу – розробці вказівок у разі виникнення ускладнень при використанні технології буріння з керованим тиском (MPD) .

1. Управління тиском у процесі буріння - удосконалена форма первинного управління свердловиною, створена для запобігання простоям і витрат непродуктивного часу, властивих традиційним методам буріння. Найбільш поширені варіанти контролю тиску в процесі буріння забезпечують можливість використання закритої системи повернення розчину та системи, яка витримує високий тиск. Останнє дозволяє, у свою чергу, точніше керувати профілем тиску по всьому стовбуру свердловини.

2. Перевагою контролю тиску в процесі буріння слід вважати можливість регулювати тиск на вибої при мінімальному перериванні ходу бурових робіт. У відмінність від буріння на депресії, основна мета якого складається в підвищенні продуктивності свердловини за рахунок мінімізації ризику пошкодження продуктивних зон, головною метою технології управління тиском у процесі буріння є зниження його вартості. Значна кількість проблем, пов'язаних із бурінням (а відповідно і з часом роботи без поглиблення вибою), з якими сьогодні стикається галузь буріння, може бути в тій або інакший ступеня вирішено за допомогою вибудовування більш точної технології керування тиском у стовбурі свердловини.

3. Проаналізувавши особливості буріння свердловин з керованим тиском, було виведено схему вказівок, в якій описані дії при виникненнях ускладнень під час використання технології БРТ, що дозволить зробити правильні кроки при їх усуненні.

4. Результатом даної роботи стало узагальнення і систематизація даних в галузі будівництва свердловин із керованим тиском. Можуть бути використані при проектуванні будівництва свердловин з вузьким вікном буріння сервісними організаціями.

## GENERAL CONCLUSIONS

This paper solves an important scientific and technical problem - the development of guidelines in case of complications when using the technology of controlled pressure drilling (MPD).

1. Pressure control during drilling is an advanced form of primary well control designed to prevent downtime and unproductive time inherent in traditional drilling methods. The most common variants of pressure control during drilling provide the possibility of using a closed mud return system and a system that can withstand high pressure. The latter allows for more precise control of the pressure profile along the entire wellbore.

2. The advantage of pressure control during drilling is the ability to adjust the bottomhole pressure with minimal interruption of drilling operations. In contrast to underbalanced drilling, the main purpose of which is to increase well productivity by minimizing the risk of damage to productive zones, the main goal of the technology of pressure control during drilling is to reduce its cost. A significant number of drilling-related problems (and, accordingly, the time of operation without deepening the bottom hole) faced by the drilling industry today can be solved to a greater or lesser extent by building a more accurate downhole pressure control technology.

3. Having analyzed the peculiarities of drilling wells with controlled pressure, we have developed a scheme of guidelines that describes actions in case of complications during the use of the BRT technology, which will allow taking the right steps to eliminate them.

4. The result of this work was the generalization and systematization of data in the field of controlled pressure well construction. They can be used in the design of well construction with a narrow drilling window by service organizations.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Винников Ю.Л. Методологія науково-дослідних робіт: конспект лекцій для студентів спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології. Ступінь вищої освіти – магістр / Ю.Л. Винников. – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2022 – 70 с.
2. Колісніченко Е.В. Бурові промивальні рідини: конспект лекцій / Е.В. Колісніченко. – Суми: СумДУ, 2013. – 76 с.
3. Політучий О.І. Буріння нафтових і газових свердловин: навч. посібник / О.І. Політучий. – Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021. – 170 с.
4. Сенюшкович М.В. Первинне розкриття та випробування продуктивних пластів: конспект лекцій / М.В. Сенюшкович – Івано-Франківськ: Факел, 2003. – 267 с.
5. Буріння свердловин: навч. посіб. / Є.А. Коровяка, В.Л. Хоменко, Ю.Л. Винников, М.О. Харченко, В.О. Расцветаев; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2021. – 292 с.
6. Промивальні рідини в бурінні: Підручник для студентів спеціальностей 184 «Гірництво» та 185 «Нафтогазова інженерія та технології» / Є.А. Коровяка, Ю.Л. Винников, А.О. Ігнатов, О.В. Матяш, В.О. Расцветаев; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка», 4-те вид., доп. – Дніпро : Журфонд, 2023. – 420 с.
7. Коцкулич Я.С. Закінчування свердловин: підручник / Я.С.Коцкулич, О.В. Тищенко. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2009. – 366 с.
8. Гошовський С.В. Ефективність сучасних технологій вторинного розкриття продуктивних горизонтів і шляхи її підвищення / С.В. Гошовський, Ю.І. Войтенко, П.О. Сорокін // Нафтова і газова промисловість. – 2013. – №2. – С. 12 – 15.
9. Світлицький В.М. Сучасні проблеми розкриття та збереження

продуктивних характеристик пластів / В.М. Світлицький, О.О. Іванків, Є.В. Вішнікін // Нафтова і газова промисловість. – 2006. – №6. – С. 16 – 18.

10. До оцінки первинного розкриття продуктивних горизонтів на родовищах України / М.А. Мислюк, І.М. Ковбасюк, В.М. Стасенко, М.В. Гунда // Нафтова і газова промисловість. – 2005. – №6. – С. 17 – 19.

11. До питання визначення відкритої пористості порід за допомогою газоволюметричного методу / М.Ю. Нестеренко, Я.А. Пилип, В.В. Іванов, Ю.М. Віхоть // Нафтова і газова промисловість. – 2011. – №2. – С. 17 – 20.

12. Нестеренко М.Ю. До питання визначення відкритої пористості порід за допомогою газоволюметричного методу / М.Ю. Нестеренко, Я.А. Пилип, В.В. Іванов, Ю.М. Віхоть // Нафтова і газова промисловість. – 2011. – №2. – С. 17 – 20.

13. Новітні методи розкриття та освоєння пластів з аномально низькими пластовими тисками / О.О.Іванків, В.М.Світлицький, М.М. Яворський, А.А.Писаренко // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2007. – №2(16). – С. 48 – 53.

14. Бойко В.С. Підземний ремонт свердловин / В.С. Бойко. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2009. – 587 с.

15. Дем'яненко І.І. Проблеми і оптимізація нафтогазопошукових і розвідувальних робіт на об'єктах Дніпровсько–Донецької западини / І.І. Дем'яненко. – Чернігів: ЦНТЕІ, 2004. – 220 с.

16. Карп І.М. Стан і перспективи розвитку нафтогазового комплексу України / І.М. Карп, Д.О. Єгер, Ю.С. Зарубін. – К.: «Наукова думка», 2006. – 309 с.

17. Рудий М.І. Кислотне діяння на нафтогазовий пласт: у 2 кн. / М.І. Рудий, С.М. Рудий, С.В. Наследніков. – Івано-Франківськ: «Галицька друкарня плюс». – Кн.1. – 2011. – 482 с.; Кн.2. – 2011. – 576 с.

18. Технологія і техніка буріння / В.С. Войтенко, В.Г. Вітрик, Р.С. Яремійчук, Я.С. Яремійчук. – Львів: Центр Європи, 2012. – 708 с.

19. Ефективні конструктивно-технологічні рішення об'єктів зберігання нафти і нафтопродуктів у складних інженерно-геологічних умовах: Монографія 17

/ В.О. Онищенко, Ю.Л. Винников, М.Л. Зоценко, М.О. Харченко, І.І. Ларцева, В.І. Бредун, Т.М. Нестеренко. – Полтава: ФОП Пусан А.Ф., 2019. – 233 с.

20. Морські бурові платформи: Перший том. Монографія / В.Д. Макаренко, С.Ю. Максимов, Ю.Л. Винников, Ю.М. Кусков, М.О. Харченко. Під ред. проф. В.Д. Макаренко. – К.: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України. – 2020. – 420 с.

21. Дослідження впливу бурового розчину на механічні характеристики тампонажного каменю / Л.В. Бондар, Р.В. Петраш, О.В. Петраш, Н.М. Попович // Building innovations – 2020 : зб. наук. пр. за матеріалами III Міжнар. азерб.-укр. наук.-практ. конф. (1 – 2 черв. 2020 р., Баку – Полтава). – Полтава : Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2020. – С. 61-64.

22. А.Н. Попов, А.І. Співак, Т.О. Акбулатов і ін. Технологія буріння нафтових і газових свердловин: Учеб. для вузів. Під загальною редакцією А.І. Співака. - М.: ТОВ «Надра-Бизнесцентр», 2003. - 509 с.

23. Вовк М.О. Нетрадиційні поклади вуглеводнів в Україні / М.О. Вовк, А.С. Єльченко // Тези 69-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету (Полтава, 19 квітня - 19 травня 2017 р.). – Полтава : ПолтНТУ, 2017. – Т. 1. – С. 222-223.

24. Поліщук Ю.М., Ященко Н.Г. Важкі нафти закономірності просторового розміщення // Нафтове господарство. - 2007. -№2. - с.110-113.

25. Вовк М.О. Класифікація комбінованих пасток вуглеводнів північних флангів Донецької складчастої споруди та Бахмутської улоговини / М.О. Вовк, М.Л. Зоценко // Молодь: наука та інновації – 2020 : матеріали VIII Ювілейної Всеукр. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених (Дніпро, 26-27 листоп. 2020 р.). – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – Т. 8. – С. 33-34.

26. Воєнчук М.П. Геологічна будова і нафтогазоносність солянокупольних структур Дніпровсько-Донецької западини / М.П. Воєнчук, М.О. Вовк // Академічна й університетська наука: результати та перспективи : зб. наук. пр. XII Міжнар. наук.-практ. конф., 6 груд. 2019 р. – Полтава : Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2019. – С. 197-200.

27. Савик В.М. Використання вибійного бурового обладнання для буріння нафтових свердловин при зниженому гідростатичному тиску в стволі свердловини / В.М. Савик, П.О. Молчанов, М.М. Лях // Нафтогазова інженерія: наук.-техн. журн. – Полтава : ПолтНТУ, 2017. – Число 2. – С. 81– 88.
28. Schaaf, S., Pafitis, D., and Guichemerre, E. 2000. Application of the point the bit rotary steerable system in Directional drilling Prototype Well-Bore profiles. Presented at the SPE/AAPG Western Regional Meeting, Long Beach, California, and 19-22 June. SPE-62519-MS.
29. Abraham W. Khaemba, Dennis M. Onchiri, BHA and drilling parameters design for deviation control in directional wells-menengai experience. Proceedings of the 6th African Rift Geothermal Conference (2016), p.8
30. Wang Haige, Ge Yunhua, Shi Lin, Technologies in deep and ultra-deep well drilling: Present status, challenges and future trends in the 13th Five-Year Plan period (2016-2020). Natural Gas Industry B 4 (2017), pp. 319-326
31. Jiayang Xia, Changxue Yang, Xingzhong Wang, Key technologies for well drilling and completion in ultra-deep sour gas reservoirs, Yuanba Gasfield, Sichuan Basin. Natural Gas Industry B 3 (2016), pp. 607-613
32. Briaud J.-L. Geotechnical Engineering: Unsaturated and Saturated Soils / J.-L. Briaud. Wiley. – 2013. – 1024 p.
33. Churcher P.L. Properly designed underbalanced drilling fluids can limit formation damage / P.L. Churcher // Oil and Gas J. – 1996, Vol. 94, №18. – P. 50 – 56.
34. Oil Wells Hydrate Formation Regularities / A. Liashenko, V. Makarenko, Yu. Vynnykov, O. Petrash // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 3/6 (111) 2021. – P. 19 – 24.
35. Correlation equation between physical and mechanical properties of sedimentary rocks / M. Zotsenko, Yu. Vynnykov, M. Kharchenko, M. Rybalko, A. Aniskin // Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering. – Poltava: Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University. – 2022. – Is. 2(59)'. – P. 89 – 91.

36. The development of potassium cellulosic polymers and their contribution to the inhibition of hydratable clays / S. Palumbo, D. Giacco, M. Ferrari, P. Pirovano // SPE JADC Drilling conf. – 1989. III. – №18477. – P. 149 – 152.

37. Косарев, В. В. Буріння з керованим тиском: Навчальний посібник / В. В. Косарев, С. Н. Ляшенко, А. І. Шаблінський. - К.: ТОВ «Недра-Бізнесцентр», 2015. - 288 с.

38. Методика розрахунку параметрів буріння з керованим тиском / В. В. Косарев, С. Н. Ляшенко, А. І. Шаблінський. - К.: ТОВ «Недра-Бізнесцентр», 2015. - 128 с.

39. Буріння з керованим тиском: Навчально-методичний посібник / В. В. Косарев, С. Н. Ляшенко, А. І. Шаблінський. - К.: ТОВ «Недра-Бізнесцентр», 2016. - 144 с.

**ДОДАТОК А**  
**Вихідні дані для розрахунку профілю свердловини**

Найменування параметра	Значення
Діаметр долота	152.4 мм
Довжина секції	2866-3030 м
Глибина долота	3030 м
Продуктивність насосів	600 - 1200 л/хв
Механічна швидкість проходки	5 – 15 м/год
Частота обертання інструменту	0 - 40 про/хв

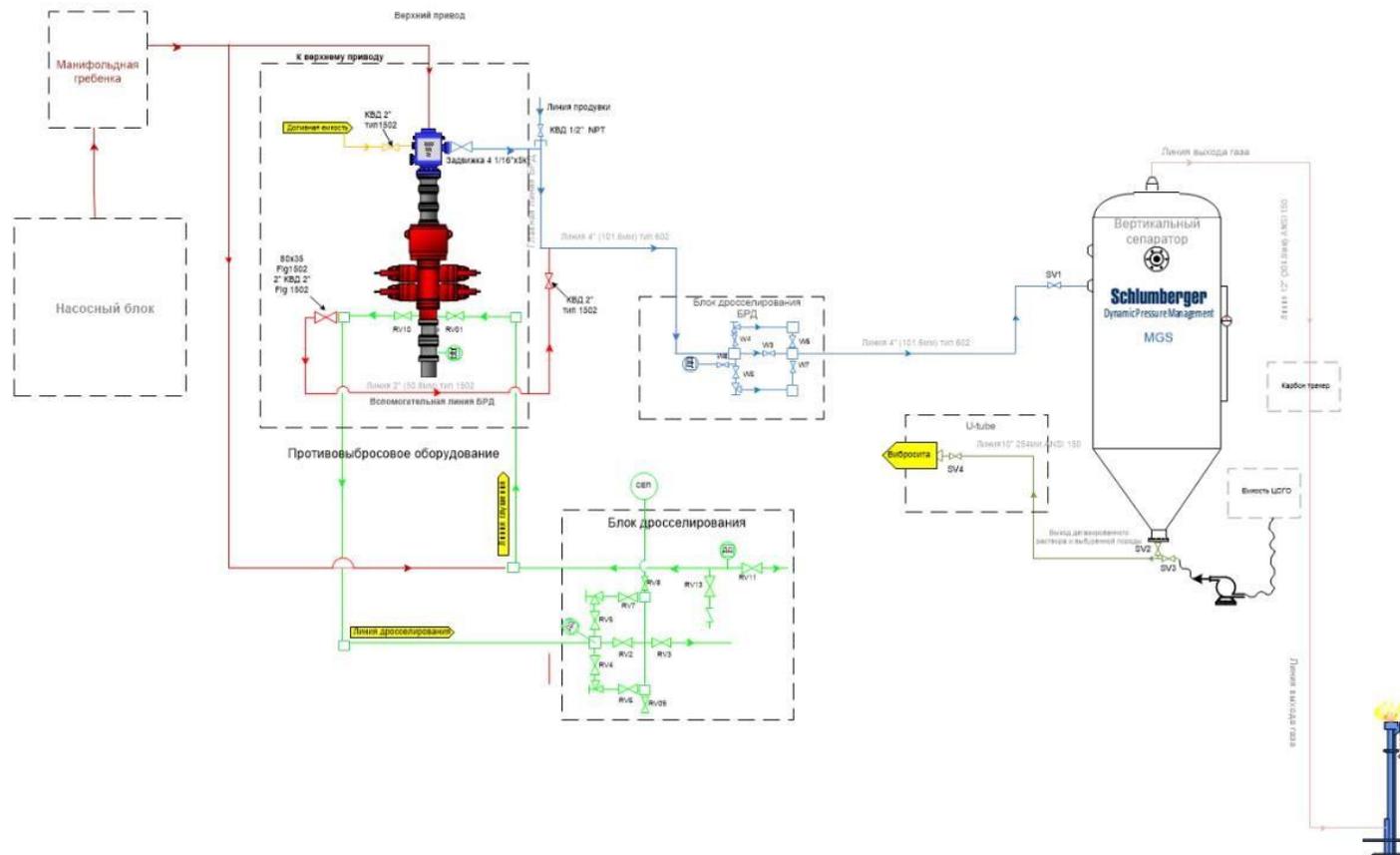
Найменування параметра	Значення
Температура виміру	20
густина	1,50 г/см <sup>3</sup>
R600	92
R300	60
R200	47
R100	30
R6	16
R3	11
Gel10s	12
Gel10m	25

**ДОДАТОК Б**  
**Проектный профиль свердловини**  
**Таблица Б.1 - Проектный профиль свердловини**

09_SDM_01_365-P_Design #6_Version 1_03-12-2020											
Дата рапорта / Report Date			December 2, 2020			Координатная привязка / Local Co-ordinate Reference			Устье скважины / Slot		
Заказчик / Client			VCNG			Метод расчета траектории / Calculation Method			Minimum Curvature		
Проект / Field			SDM, Russia, Irkutsk			Азимут вертикальной секции / Vertical Section Azimuth			(Grid North) 187.00		
Куст / Pad			1			Начало вертикальной секции / Vertical Section Origin			0,000 m, 0,000 m		
Скважина / Well			365-P			Системный уровень приведения / System Datum			Mean Sea Level		
Стол / Borehole			Wellbore 1			Привязка вертикальной отметки / TVD Reference Datum Type			Стол ротора		
План / Plan			Design #6			Смещение вертикали относительно привязки (TVD) / Datum Elevation			421.04		
Система координат / Coordinate System			Universal Transverse Mercator			Высота устья скважины относительно уровня моря / Ground Elevation (m):			407.60		
Геодезический репер / Geo Datum			WGS 1984			Ориентация относительно / North Reference			Картографический север (Grid North)		
Картографическая зона / Map Zone			Zone 49N (108 E to 114 E)			Магнитная модель / Magnetic Model			NCGM2020 (02.12.2020 г.)		
Широта / Latitude			59° 37' 58.3227 N			Магнитное наклонение / DIP Angle, °			77.71		
Долгота / Longitude			108° 4' 29.5405 E			Напряженность магнитного поля / Field Strenght (nT)			61276		
Отход на Север / Northing (m)			6614159.214			Магнитное склонение / Magnetic Declination, °			-7.90		
Отход на Восток / Easting (m)			335073.856			Схождение меридианов / Grid Convergence °			-2.52		
Коеф. Масштабирования / Scale Factor			0.9999338			Поправка Магнитный Север -> Картографический Север / Total Cor. Mag North to Grid North, °			-5.38		
Индекс сложности бурения (DDI)			6.287			Размер цели / азимут цели* / Target Dimensions, m / Target Azimuth,			100x200@187°		
						Географические коорд. Центра цели Широта / Location Latitude:			59°36'48.8458		
						Географические коорд. Центра цели Долгота / Location Longitude:			108°04'44.8558		
Комментарии / Comments	Глубина по столу / MD (m)	Зенитный угол / Incl (°)	Азимут / Azim Grid (°)	Глубина по вертикали / TVD (m)	Абсолютная Отметка / SSTVD (m)	СЮ/ NS (m)	ВЗ/ EW (m)	Отход / Closure (m)	Азимут на точку / Closure Azimuth (°)	Пространственная Интенсивность / DLS (г/30м)	Положение Отклонителя / TF (°)
Tie-In	0.00	0.00	0.00	0.00	-421.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Четвертинные отложения	14.00	0.00	0.00	14.00	-407.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
КОР	80.00	0.00	0.00	80.00	-341.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
ЕОС	170.00	6.00	170.00	169.84	-251.20	-4.64	0.82	4.71	170.00	2.00	0
Верхоленская свита	187.26	6.00	170.00	187.00	-234.04	-6.41	1.13	6.51	170.00	0.00	0
Направление 426 мм	200.00	6.00	170.00	199.67	-221.37	-7.72	1.36	7.84	170.00	0.00	0
КОР	220.00	6.00	170.00	219.56	-201.48	-9.78	1.73	9.93	170.00	0.00	0
Литвинцевская свита	557.01	34.08	170.00	533.00	111.96	-122.39	21.58	124.28	170.00	2.50	0
ЕОС	580.00	36.00	170.00	551.82	130.78	-135.39	23.87	137.48	170.00	2.50	0
Ангарская свита	737.20	36.00	170.00	679.00	257.96	-226.38	39.92	229.88	170.00	0.00	0
Булайская свита	858.33	36.00	170.00	777.00	355.96	-296.50	52.28	301.08	170.00	0.00	0
Кондуктор 324 мм	904.07	36.00	170.00	814.00	392.96	-322.98	56.95	327.96	170.00	0.00	0
КОР	914.07	36.00	170.00	822.09	401.05	-328.77	57.97	333.84	170.00	0.00	0
Верхне Бельская подсвита	937.86	38.74	170.77	841.00	419.96	-343.00	60.38	348.28	170.02	3.50	10
ЕОС	1258.49	75.85	176.61	1011.35	590.31	-606.63	86.61	612.78	171.87	3.50	6
Нижне-средне Бельская подсвита - Атовский горизонт (А-4 кровля)	1465.63	75.85	176.61	1062.00	640.96	-807.13	98.49	813.11	173.04	0.00	0
А-4 подошва	1645.57	75.85	176.61	1106.00	684.96	-981.30	108.81	987.31	173.67	0.00	0
Христофоровский горизонт (А-6 кровля)	2287.61	75.85	176.61	1263.00	841.96	-1602.75	145.63	1609.36	174.81	0.00	0
Уольская свита (А-6 подошва)	2459.37	75.85	176.61	1305.00	883.96	-1769.01	155.48	1775.82	174.98	0.00	0
КОР	2484.30	75.85	176.61	1311.10	890.06	-1793.14	156.91	1799.99	175.00	0.00	0
Ус (межсоловой) кровля	2838.87	41.37	186.67	1493.34	1072.30	-2090.69	153.35	2096.30	175.80	3.00	163
ЕОС	2846.20	40.67	187.00	1498.87	1077.83	-2095.46	152.78	2101.03	175.83	3.00	163
Ус (межсоловой) подошва	2853.15	40.67	187.00	1504.14	1083.10	-2099.96	152.23	2105.47	175.85	0.00	0
ЭК 178 мм	2866.00	40.67	187.00	1513.89	1092.85	-2108.27	151.20	2113.69	175.90	0.00	0
КОР	2875.43	40.67	187.00	1521.04	1100.00	-2114.37	150.46	2119.72	175.93	0.00	0
ЕОС - Осинский горизонт (Б-1 кровля)	2881.20	40.00	187.00	1525.44	1104.40	-2118.08	150.00	2123.39	175.95	3.50	180
Б-1 подошва	2999.87	40.00	187.00	1616.34	1195.30	-2193.79	140.70	2198.30	176.33	0.00	0
Б-2 кровля	3002.09	40.00	187.00	1618.04	1197.00	-2195.20	140.53	2199.70	176.34	0.00	0
TD	3030.00	40.00	187.00	1639.42	1218.38	-2213.01	138.34	2217.33	176.42	0.00	0

## ДОДАТОК В

### Схема обв'язки обладнання БРТ



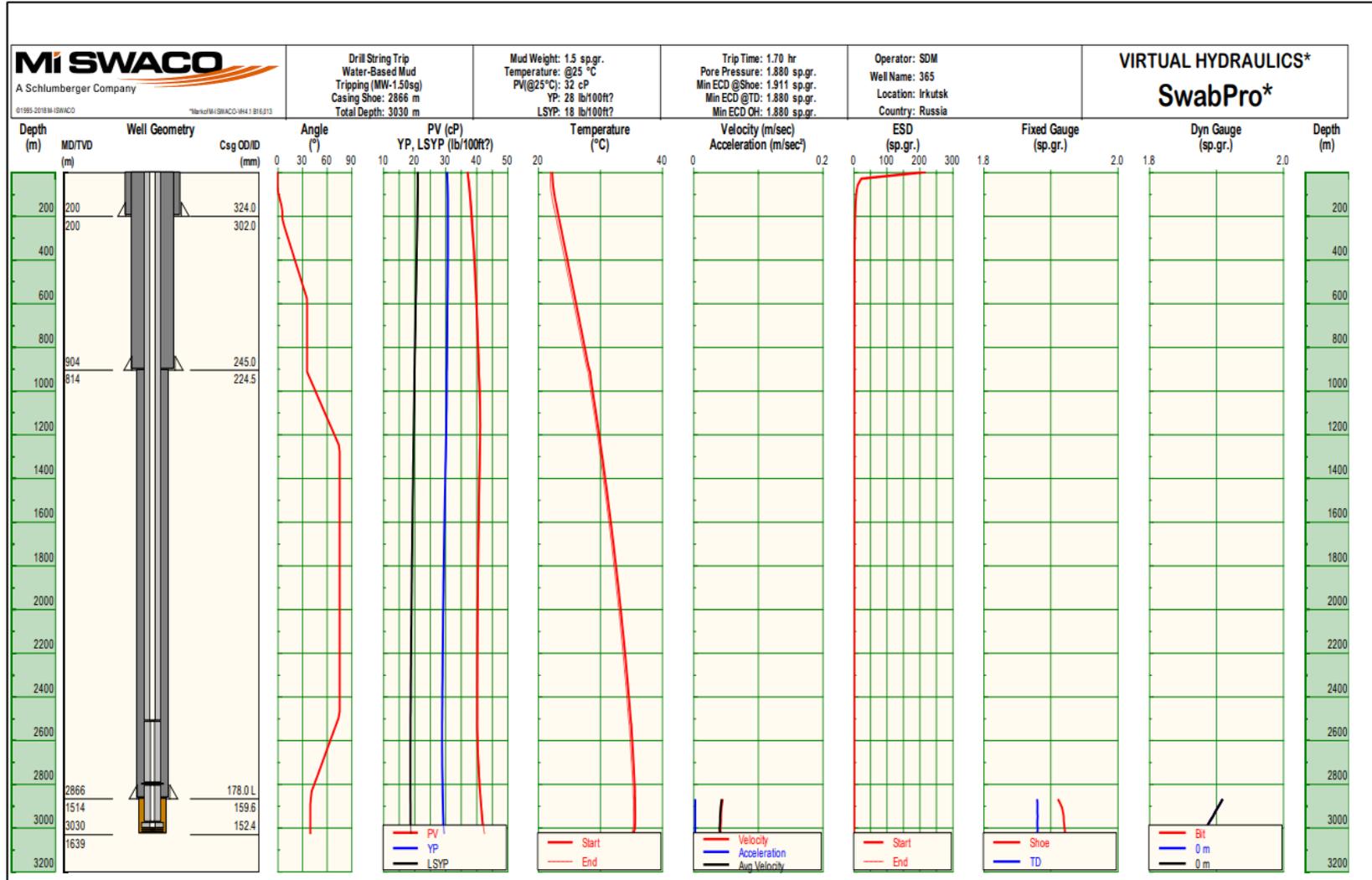
Легенда:				Создание линий:		Подготовка:		ИМЯ		
	Задвижка		Дроссельная задвижка		Линия с бурового насоса	Подготовка	Аксел-Фавелес	Северо-даниловское месторождение		
	Центробежный насос		Обратный клапан		Линия ГВО бурового подразделения	Проектир				Создатель
	Датчик давления		Подшивной клапан		Линия БРД	Революция 1				Революция 2
	Газосепаратор буровой		Буровой насос		Главная линия 4" тип 602	Революция 3				Масштаб
	Квадратный угольник 80x35		Квадратный угольник 80x35		Линия дегазированного раствора 10" фланец ANSI 150	 Dynamic Pressure Management		ЗАКАЗЧИК		
	Квадратный угольник 80x35		Квадратный угольник 80x35		Линия выхода газа 12" фланец ANSI 150			АО «Верхнеконсннефтегаз»		
	Квадратный угольник 80x35		Квадратный угольник 80x35		Вспомогательная линия 2" тип 1502	DPM-P&ID-RCA-SDM 20				

Рисунок В 1 - Схема обв'язки обладнання БРТ

# Додаток Г

## Розрахунок свабування при СПО

Таблиця Г.1 - Розрахунок свабування при СПО з розчином 1,50 г/см<sup>3</sup>



T



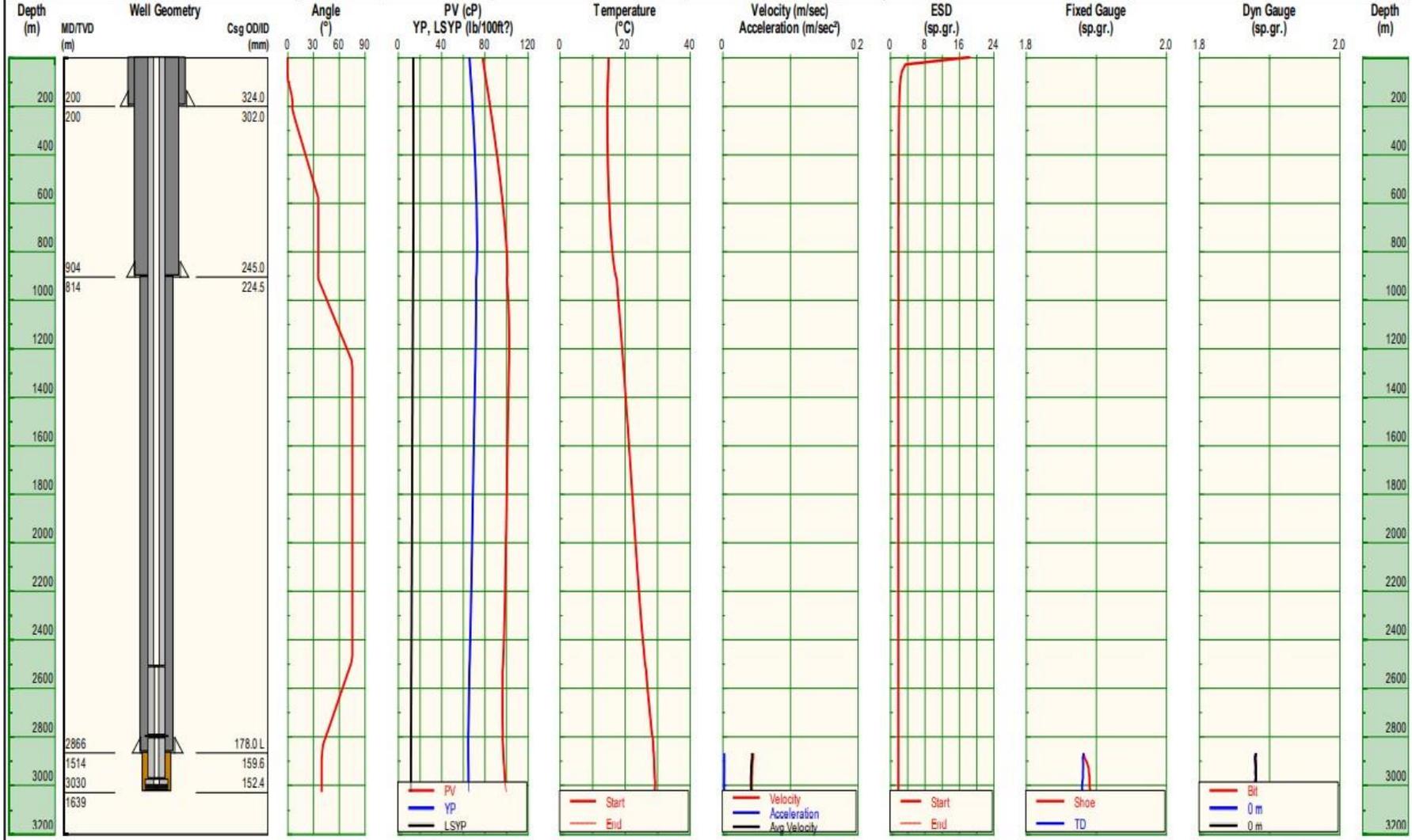
Drill String Trip  
Water-Based Mud  
Tripping (MW-1.88sg)  
Casing Shoe: 2866 m  
Total Depth: 3030 m

Mud Weight: 1.88 sp.gr.  
Temperature: @25 °C  
PV@25°C: 67 cP  
YP: 57 lb/100ft?  
LSYP: 11 lb/100ft?

Trip Time: 1.67 hr  
Pore Pressure: 1.880 sp.gr.  
Min ECD @Shoe: 1.882 sp.gr.  
Min ECD @TD: 1.880 sp.gr.  
Min ECD OH: 1.880 sp.gr.

Operator: SDM  
Well Name: 365  
Location: Irkutsk  
Country: Russia

**VIRTUAL HYDRAULICS\***  
**SwabPro\***



додаток Д

Таблиця Д 1 - Операційна матриця MPD

