

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

П.В. Леонтєв

« ____ » _____ 2022р

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему: «Автоматизована система керування буровим станком F-400»

(Дипломний проєкт)

Керівник проєкту:

Завідувач кафедри Комп'ютеризованих систем управління,

Кандидат технічних наук

Леонтєв П.В.

Дипломник:

студент групи СУ-81

Токаренко О.В.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Леонт'єв П.В.
_____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту
Токаренко Олександр Володимировичу

1. Тема проєкту: Автоматизована система керування буровим станком F-400.
Затверджено наказом ректора університету. № 0360-VI від "17" травня 2022 р.
2. Термін здавання студентом закінченого проєкту "31" травня 2022 р.
3. Вихідні дані до проєкту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація тощо.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз предметної області, автоматизована система керування буровим станком F-400, вибір засобів автоматизації, розробка SCADA.
5. Перелік графічних матеріалів: 22 рисунки, 26 таблиць, 3 додатки.
6. Календарний план проєктування

| Номер етапу | | Термін виконання |
|-------------|--|-------------------------|
| 1 | Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел. | 14.04.2022 – 17.04.2022 |
| 2 | Аналіз предметної області. Область застосування. | 18.04.2022 – 25.04.2022 |
| 3 | Розробка автоматизованої системи керування буровим станком F-400. | 26.04.2022 – 05.05.2022 |
| 4 | Розробка основних схем автоматизації. | 06.05.2022 – 16.05.2022 |
| 5 | Створення SCADA системи. | 17.05.2022 – 22.05.2022 |
| 6 | Оформлення дипломного проєкту та супровідної документації | 23.05.2022 – 31.05.2022 |

7. Дата видачі завдання "14" квітня 2022р.

Керівник проєкту:
Посада, науковий ступінь:
Завідувач кафедри Комп'ютеризованих систем управління,
Кандидат технічних наук

Леонт'єв П.В.

До виконання прийняв:
студент групи СУ-81

Токаренко О.В.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизованої системи керування буровим станком F-400

Розробник:

студент групи СУ-81

Токаренко О.В.

Погоджено:

Посада, науковий ступінь:

Завідувач кафедри Комп'ютеризованих систем управління,
Кандидат технічних наук

Леонт'єв П.В.

1. Тема проекту та галузь застосування: автоматизована система керування буровим станком F-400; використовується в нафтогазовидобувній промисловості.

2. Затвержено ректором Сумського державного університету № 0360-VI від “17” травня 2022 року.

3. Призначення і мета проекту: розробити автоматизовану систему керування буровим станком F-400, спроможну виконувати ряд поставлених технічних задач:

- контроль температури головного двигуна;
- контроль швидкості обертання головного двигуна станка;
- управління подачею бурового розчину до зони буріння;
- управління швидкістю обертання головного двигуна;
- контроль глибини буріння бурового валу.

Для досягнення поставленої задачі була розроблена технічна документація, а саме: функціональна схеми автоматизації та схема інформаційно-матеріальних потоків бурової установки.

4. Література для розроблення та джерела: аналіз різноманітних систем керування за тематикою, конструкторська документація, яка була отримана в процесі проходження переддипломної практики, вебсайти, статті, тези.

5. Функціонування об'єкта за режимами: періодичність технічного огляду не рідше 2-4 разів на місяць. Щоб забезпечити надійну роботу без завад, система управління має бути обрана з урахуванням визначеного об'єкта автоматизації, а саме всі датчики збудовані з захистом від вибухів, пилу та вологи.

6. Умови експлуатації системи управління:

- 1) взаємодія з агресивними середовищами: агресивні гази, емульсія, пил та ін.;
- 2) сейсмічна активність до 5 балів;
- 3) довколишня температура від – 40 до +50 ° C;
- 4) атмосферний тиск 80 – 112 кПа.

7. Технічні вимоги: автоматизована система керування буровим станком F-400 має бути надійною, швидкодіююю, точною, забезпечувати безпечну експлуатацію і монтажні роботи, зручною в управлінні і має підтримувати задані параметри за тиском, температурою та рівнем в об'єкті.

8. Економічні показники якості: зменшення витрат на обслуговування системи за рахунок використання сучасних систем управління та ефективних алгоритмів функціонування, що в свою чергу підвищує якість функціонування.

9. План для проектних робіт:

| Номер етапу | Зміст етапу проектування | Термін виконання (початок – кінець) |
|-------------|---|-------------------------------------|
| 1 | Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Пошук, аналіз та підбір літератури та джерел. | 23.02.2022 – 27.02.2022 |
| 2 | Ознайомлення з документацією для засобу автоматизації | 28.02.2022 – 04.03.2022 |
| 3 | Опис технологічного процесу. | 05.03.2022 – 12.03.2022 |
| 4 | Розробка основних схем автоматизації. | 13.03.2022 – 25.03.2022 |
| 5 | Розробка пояснювальної записки. | 26.03.2022 – 20.04.2022 |
| 6 | Вибір засобів автоматизації для проекту. | 21.04.2022 – 09.05.2022 |
| 7 | Завершення написання дипломного проекту та додаткової документації. | 10.05.2022 – 31.05.2022 |

РЕФЕРАТ

Токаренко Олександр Володимирович. Автоматизована система керування буровим станком F-400. Пояснювальна записка до дипломного проекту. Сумський державний університет. Суми, 2022 рік.

Система автоматизації розроблена на базі ПЛК Siemens S7-1200.

Проект містить 50 аркушів пояснювальної записки, в яку входить 22 рисунки, 26 таблиць, 3 креслення, та 14 джерел інформації.

Проведено технічний аналіз процесу газонафтовидобування. В результаті аналізу розроблено автоматизовану систему управління буровим станком F-400. У пояснювальній записці представлено короткий опис технологічного процесу, контури керування та інформаційні контури бурового станка, та підібрані необхідні засоби автоматизації для даної системи.

Ключові слова: буровий станок, датчики, частотний перетворювач, бурова установка, нафтогазовидобування, програмований логічний контролер, панель управління, виконуючі механізми, сигнальні модулі, програмне забезпечення, система управління, функціональна схема автоматизації.

ABSTRACT

Tokarenko Olexandr Volodymyrovych. Automated control system for the F-400 drilling rig. Explanatory note to the diploma project. Sumy State University. Sumy, 2022.

The automation system is based on the Siemens S7-1200 PLC.

The project contains 50 sheets of explanatory note, which includes 22 figures, 26 tables, 3 drawings, and 14 sources of information.

The technical analysis of the gas and oil production process is carried out. As a result of the analysis, an automated control system for the F-400 drilling machine was developed. The explanatory note provides a brief description of the technological process, control circuits and information contours of the drilling machine, and selected the necessary automation tools for this system.

Key words: drilling machine, sensors, frequency converter, drilling rig, oil and gas production, programmable logic controller, control panel, actuators, signal modules, software, control system, automation functional diagram.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проєкту
Автоматизована система керування буровим станком F-400

Керівник проєкту:

Завідувач кафедри Комп'ютеризованих систем управління,

Кандидат технічних наук

Леонтєв П.В.

Виконав:

студент групи СУ-81

Токаренко О.В.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ..... | 3 |
| ВСТУП..... | 4 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ БУРОВИХ УСТАНОВОК..... | 6 |
| 1.1. Бурова установка як об'єкт технології..... | 6 |
| 1.2. Характеристика об'єкта автоматизації'..... | 11 |
| 1.3. Порівняльний аналіз сучасних бурових установок..... | 19 |
| РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БУРОВОЮ УСТАНОВКОЮ. КОНЦЕПЦІЯ..... | 23 |
| РОЗДІЛ 3. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БУРОВОЮ УСТАНОВКОЮ..... | 26 |
| РОЗДІЛ 4. МАТЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ БУРОВОЮ УСТАНОВКОЮ..... | 31 |
| 4.1. Особливості проектування АСУ режимом буріння..... | 31 |
| 4.2. Особливості управління режимом буріння..... | 37 |
| 4.3. Оптимізація режиму буріння..... | 39 |
| РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ПРЕДСТАВЛЕННЯ SCADA-СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БУРОВИМ СТАНКОМ F-400..... | 41 |
| ВИСНОВКИ..... | 46 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... | 47 |
| ДОДАТКИ..... | 49 |
| Додаток А Схема інформаційно-матеріальних потоків..... | 49 |
| Додаток Б Функціональна схема автоматизації..... | 50 |
| Додаток В Схема електрична принципова..... | 51 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|---|--|--|---------------------|------|--------|--|--|
| | | | | | <i>СУ-81.6.151.26.ДП</i> | | | | | | | |
| Змн | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | | |
| Розробив | | Токаренко О.В | | | Автоматизована система керування буровим станком F-400 | | | Лит. | Арк. | Листів | | |
| Перевірів | | Леонтьєв П.В. | | | | | | Т | 2 | 50 | | |
| Реценз. | | | | | | | | <i>СумДУ, СУ-81</i> | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | | | | | |
| Затвердив | | | | | | | | | | | | |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСУ – автоматизована система управління;

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ПЗО – прилад зв'язку з об'єктом;

АРМ – автоматизоване робоче місце;

ЕОМ – електронно обчислювальна машина;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

МК – мікроконтролер;

ВМ – виконавчий механізм;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПК – промисловий комп'ютер;

ПУ – панель управління;

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | 47 |
| м | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВСТУП

Україна є однією з найстаріших нафтогазовидобувних держав світу. Літературні джерела свідчать про перші гірничі споруди на території України в Галичині ще з кінця VII сторіччя. Це були копанки, ями (дучки) або колодязі, студні або шахти для видобування нафти, а потім і озокериту. Глибина цих гірничих видобувань досягала близько 200 метрів. Бурхливий та стрімкий розвиток нафтогазової промисловості розпочався в другій половині XIX століття, в той час, коли зросла потреба в нафті, а також в продуктах її переробки. В 1853 році у Львові винайшли та й виготовили газову лампу, що стало поштовхом для створення і застосування двигунів внутрішнього згорання.

На території України існують три нафтогазоносних регіони: Карпатський, Причорноморсько-Кримський та Дніпровсько-Донецький.[10]

В Українському науково-дослідному інституті природних газів (УкрНДІгаз) розроблено ряд значимих технічних рішень, зокрема, створено вакуумний дегазатор, що широко застосовується в галузі. За проектами інституту розробляється майже 80 % газових і газоконденсатних родовищ України, побудовано потужну українську мережу підземних сховищ. Сучасна техніка спільно з новими технологіями Укрнафтогазу забезпечують високоефективну експлуатацію газонафтових покладів на кінцевому етапі розробки; безперервну та надійну роботу української мережі магістральних нафтогазопроводів і сховищ.

Фахівці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) працюють над розробленням та подальшим удосконаленням технологій і технічних методів інтенсифікації процесів геологічної розвідки, глибинного буріння, видобування, транспортування та зберігання видобутих нафти та газу.

Бурове обладнання, як і будь-яке інше, не може ровиватися продуктивно окремо від стрімкого розвитку сучасних технологій буріння. Необхідно мати на увазі, що обладнання – це лише засіб реалізації відповідних технологій.[10]

Об'єкт дослідження: буровий станок F-400.

Предмет дослідження: методи і засоби автоматизованого керування буровим станком F-400.

Мета дослідження: Розробити енергоефективну та раціональну автоматизовану систему керування буровим станком F-400, що дозволить знизити витрати на послуги з обслуговування, звільнити задіяний до цих задач персонал від необхідності регулювати процеси в ручному режимі.

У відповідності до предмету дослідження і поставленої мети роботи нами були поставлені та вирішені наступні задачі:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|-------------------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист 47 |
| ЗМН | | | | | | |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1. Проведено передпроектне дослідження, зібрана та проаналізована інформація по буровому станку F-400;
2. Розроблено концепцію автоматизованої системи керування станком;
3. У відповідності з функціональними вимогами підібрано необхідне апаратно – програмне забезпечення.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | 47 |
| м | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ БУРОВИХ УСТАНОВОК

1.1. Бурова установка як об'єкт технології

F-400 називають буровим станком, але, зважаючи на його розміри та можливості, логічніше називати його буровою установкою. Тому в цій роботі буде розглянутий та наданий опис процесу автоматизації саме бурової установки.

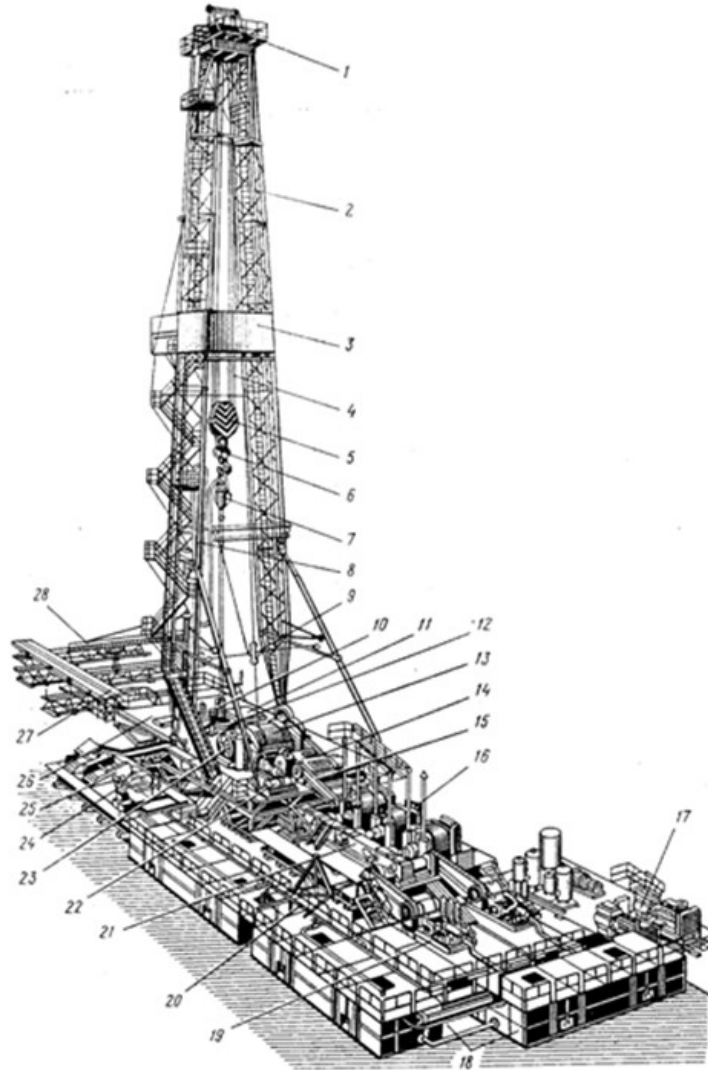


Рисунок 1.1. Склад та компонування бурової установки:

1 – кронблок; 2 – вежа; 3 – палати вежі; 4 – талевий канат; 5 – талевий блок; 6 – гак; 7 – вертлюг; 8 – буровий рукав; 9 – заспокійник талевого каната; 10 – автоматичний буровий ключ; 11 – свічник; 12 – ротор; 13 – льодяник; 14 – коробка передач; 15 – похила передача; 16 – силові агрегати; 17 – компресорна станція; 18 – циркуляційна система; 19 – буровий насос; 20 – маніфольд; 21 – підсумовуючий редуктор силових агрегатів; 22 – регулятор подачі долота; 23 – гідродинамічне гальмо; 24 – гідроциклони; 25 – вібросито; 26 – основа лебідкового блоку; 27 – містки та стелажі; 28 – консольно-поворотний кран

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

Бурова установка – це один із видів нафтогазового обладнання. Є комплексом обладнання та бурових споруд, які призначені для буріння нафтогазових свердловин. Бурові установки для розробки та розвідки нафтових та газових родовищ у загальному вигляді включають:

- спускопідйомне обладнання (кронблок, лебідка, крюкоблок);
- циркуляційне обладнання (бурові насоси, вертлюги, ємності, маніфольди);
- бурові споруди (бурові вежі, містки, основи вежі, стелажі);
- противикидне обладнання;
- обладнання для приготування бурових розчинів (шламові насоси, гідроворонки, гідромішалки);
- силове обладнання для приводу лебідки, бурових насосів, ротора (дизельні двигуни, електричні двигуни).

Усі бурові установки комплектуються приводом головних механізмів (дизельний з механічною трансмісією або електричний із цифровою системою плавного регулювання). У деяких випадках можлива комплектація незалежним приводом ротора.

Кінетична основа бурової установки – підйомний механізм, який запускається у разі виникнення динамічних навантажень, які в свою чергу виникають при спускопідйомних операціях внаслідок дії прискорення або уповільнення, а також пружних коливань, що створюються під час перехідних процесів. Джерелами динамічних навантажень виступають удари та поштовхи, що виникають при підхопленні колони труб і переходах талевого каната на наступний шар навивки. Динамічному навантаженню також можуть сприяти зазори та монтажні зміщення у зчленуваннях вузлів та деталей підйомного механізму та його приводу.

Бурові установки застосовуються для:

- буріння неглибоких свердловин (до 25 м) та свердловин невеликого діаметру (76-219 мм) при сейсмозвідці;
- буріння свердловин середньої глибини (до 600 м) – структурних та пошукових свердловин на тверді корисні копалини;
- буріння глибоких свердловин (до 6000 м);
- видобутку нафти та газу, а також для розвідки нових нафтових та газових родовищ;
- надглибокого буріння свердловин (до 15000 м) – для видобутку нафти та газу та розробки нових родовищ;
- буріння свердловин на воду;
- капітального ремонту нафтогазових свердловин;
- випробування свердловин на нафту та газ.

За функціональним призначенням бурові установки поділяються на:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

- установки для інженерно-геологічних вишукувань;
- установки для видобутку води, робіт з водозниження та геотермального теплопостачання, для різних гідрогеологічних робіт;
- установки для будівельних робіт (буріння під пальові та мікропальові основи, для встановлення анкерів);
- установки для геологорозвідувальних робіт;
- установки для сейморозвідувальних робіт;
- установки для спорудження опор ЛЕП.[2]

Конструкція обладнання для буріння

Будь-яка бурова установка містить кілька типів органів, які відрізняються за принципом дії та цілями.

Основні органи бурильної споруди:

1. Виконавчі частини, які також є головними або ключовими. До них відносять лебідкове обладнання, ротори, підйомні вежі, вертлюжне обладнання, насоси бурового типу, а також системи для циркуляції рідини.
2. Органи для забезпечення спорудження енергією: електричні, бензинові або дизельні двигуни, приводи різного типу, гідравлічна система, пневматичні пристрої.
3. Додаткові частини (допоміжний тип). До них відносяться механізми для транспортування, металеві вироби, запасні лебідки, освітлювальні прилади, засоби опалення, водопостачання тощо.
4. Інформаційні органи, які відповідають за регулювання, коригування та відстеження параметрів процесу буріння.
5. Органи управління.

Особливості основних органів бурильної установки

Бурова вежа є головним вузлом у всьому оснащенні установок, і до її функцій відносяться такі завдання:

- підтримка колони на талевому пристрої;
- операції зі спуску та підйому, при яких використовуються труби різного виду (обсадні, а також вироби для буріння);
- розташування в стовбурі самих труб для буріння.

Класифікація вишок можлива за кількома критеріями. За призначенням споруди поділяються на пристрої для капремонту різних свердловин, а також іншого обладнання, пристрої для морських установок під буріння, бурових споруд мобільного типу (пересувні установки) та пристрої для стаціонарних бурових конструкцій. За будовою вежі можуть бути щоглового типу або у вигляді веж.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|-------------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | <i>Лист</i> |
| ЗМН | | | | | | |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

Іншим видом важливого обладнання для буріння є лафети: навісні пристрої, які встановлюються на екскаваторну техніку. Маса лафету може становити від 10 і більше тонн. Конструкція лафета складається з ходової частини, яка працює від двигуна гусеничного типу з вбудованим тягловим механізмом, що має гідравлічну схему пристрою. Навісний лафет може використовуватися в роботі з ущільнення ґрунтових шарів, буріння, яке здійснюється за допомогою пневматичного ударного обладнання, та при бурінні під установку паль та анкерів.

Роторні механізми є ще одним важливим елементом бурових установок будь-якого типу. Дані пристрої використовуються для обертання інструменту, а також для підтримки бурильної колони в процесі створення свердловини.

Для спуску та підйому обладнання на бурову установку ставиться лебідка. Даний механізм може застосовуватися для маніпуляцій з обсадними та буровими трубами, передачі крутного моменту на конструкцію ротора, а також передачі того чи іншого інструменту в зону вибою.

Використання бурильних установок має широкий спектр застосування. За рахунок того, що з ними може застосовуватися різне додаткове обладнання, бурильні споруди поширені у різних сферах діяльності, у тому числі у нафтовидобутку.[6]

Енергетична стратегія розвитку нафтогазовидобувної промисловості України [14] передбачає вирішення складних науково-технічних завдань, пов'язаних з роботами по освоєнню нових нафтових і газових родовищ та глибокозалеглих пластів. Для цього необхідно ширше розгорнути роботи з буріння нафтових і газових свердловин, збільшити середні швидкості буріння свердловин, обсяги розвідувального буріння, а також буріння глибоких і надглибоких свердловин. Поставлені завдання можна вирішити як шляхом покращення технології буріння свердловин, так і шляхом створення нових, більш досконалих бурових установок, широкого впровадження автоматизації технологічних процесів і комп'ютерно-інтегрованих технологій. Використання сучасного обладнання і новітніх засобів автоматизації допоможе створити такі установки, що дозволить забезпечити високі швидкості проходки за мінімальних витрат по всій глибині свердловини.

Однак вирішення цього завдання потребує виконання ряду серйозних наукових досліджень у напрямі удосконалення способів буріння. Одним із найбільших перспективних способів буріння нафтових і газових свердловин є електробуріння (рис. 1.2).

Занурний двигун електробура має ряд важливих переваг [9] порівняно з привідними двигунами інших типів, використовуваними в бурінні:

- безпосередній зв'язок двигуна електробура з долотом покращує технологію буріння;
- створюються сприятливі умови для автоматичного керування електробуром і для неперервного контролю за роботою занурного двигуна;

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | |
| М | Дрк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

- спеціальна апаратура електробура і кабель дають змогу контролювати кривизну свердловини;

- робота двигуна електробура не залежить від якості і кількості промивальної рідини. Це сприяє ефективному застосуванню електробурів для буріння з промиванням обваженими розчинами і стисненим повітрям;

- збільшується термін експлуатації бурильних труб, зменшується витрата металу.

Типові структурні схеми автоматизованої бурової установки наведено на рис. 1.2. Представлено типову структурну схему та типову схему інформаційно-матеріальних потоків.

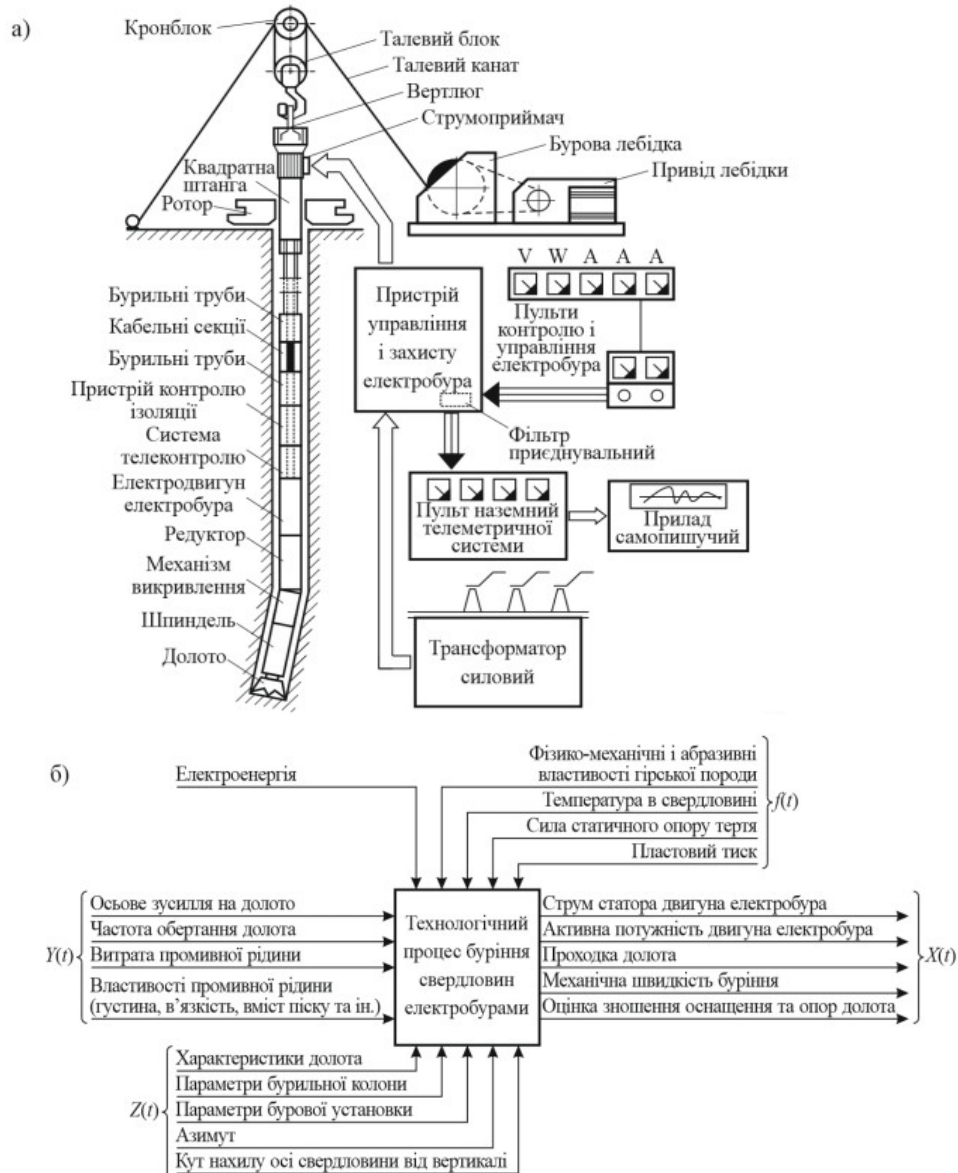


Рисунок 1.2. Структурна схема системи управління (а) та схема інформаційно-матеріальних потоків (б) процесу буріння свердловин електробурами:

$Y(t)$ – керувальні дії на вході об'єкта; $Z(t)$ – некеровані параметри, що визначаються режимами буріння; $f(t)$ – збурювальні впливи; $X(t)$ – показники процесу буріння, що визначаються множиною вхідних параметрів

1.2. Характеристика об'єкта автоматизації

Буровий станок F-400 Румунського виробництва, що працює на постійному струмі, призначений для буріння та освоєння глибоких свердловин до глибини 5500 – 8500 м у кліматичній зоні від +40°C – до –40°C. Глибина свердловини залежить від діаметра свердловини та застосовуваних бурильних труб. Наприклад: при використанні 114 мм і легкосплавних бурильних труб можна пробурити 8500 м, а 140 мм бурильними трубами – 5500 м. Середня глибина, рекомендована при застосуванні 114 мм бурильних труб становить 6500 м.[7] Вага комплекту бурильного інструменту не повинна перевищувати 400 т.

Буровий станок складається з наступних основних вузлів:

1. Пристрій для буріння та спуско-підйомних операцій (пульт управління, ротор, лебідка, вертлюг, кронблок, талевий блок, система прийому та пакування свічок, гідравлічний індикатор ваги, інші прилади, квадрат, машинні ключі та ін.).
2. Компресорна система.
3. Гідронагнітальна система буровими насосами.
4. Електричне постачання постійним струмом (силові трансформатори змінного струму, система перетворення змінного струму на постійний, кабельна система електрозабезпечення та ін.).
5. Відділ приготування, хімічної обробки, циркуляції та очищення промивної рідини.
6. Приймальний міст та підйомні механізми.

Загальна інформація, максимальні експлуатаційні умови роботи бурової установки наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальна інформація та максимальні експлуатаційні умови бурової установки F-400

| Найменування | Опис |
|--|--|
| Назва бурової установки | Буровий станок |
| Тип та модель | F-400 – ЗДХ-У-1/F-400-3DH-U-1 з балконом та пересувною люлькою верхового робітника |
| Виробник, місце та дата виготовлення | Румунія, UPETROM, № 31, 1988 р.в. |
| Система верхнього приводу | TOP DRIVE TDS 11 SA, Tesco ASI 1205 (гідравлічний) |
| Максимальне навантаження на кронблок, кН | 5000 |
| Максимальне навантаження на гак, кН | 4000 |
| Максимальне навантаження на ротор, кН | 5000 |
| Максимальне навантаження на свічник, кН | 4000 |
| Максимальне сумарне навантаження на основу, кН | 6400 |
| Максимальні експлуатаційні умови роботи | |
| Температура (низька та висока) | - 40 / + 40°C |

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

Технічні можливості та технічні характеристики вежі представлені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні можливості та технічні характеристики вежі

| Найменування | Параметри |
|--|----------------------------|
| Містки для труб/місткість, тон | 640 |
| Циркуляційна система бурового розчину: робочий об'єм та резервний об'єм, м ³ | 420 |
| Загальний запас диз. палива, м ³ | 105 |
| Загальний запас масла, м ³ | 14 |
| Технічні характеристики | |
| Марка та тип | МА-400-2 |
| Висота | 44 м |
| Максимальне номінальне навантаження, кН | 5000 |
| Кронблок: марка та тип 127 мм за палець (м) | 7.35 GF-500У, г/п 500 тн |
| Заспокійник талевого каната | В наявності |
| Марка, модель та ємність свічників | г/п 250 тн |
| Основа під вежу | |
| Макс. сумарне навантаження на основу, кН | 6400 |
| Мінімальна висота під будь-якими балками | 6.49 м |
| Номінальна висота робочого майданчика | 8 м |
| Приймальні містки, (м) | 27,5 x 2,0 x 1,2 |
| Додаткове обладнання | Інструментальний майданчик |

Технічні характеристики бурової лебідки наведені в табл. 1.3. Описані основні вузли та відповідні параметри.

Таблиця 1.3 – Характеристика бурової лебідки

| Найменування | Параметри |
|---|---|
| Потужність, ТФ-44 | 3000 к.с. |
| Тип приводу та технічні характеристики | Дизель-гідролічний з коробкою передач |
| Тип та марка допоміжного гальма | Гідролічний; ГН-60, з напівмуфтою, бак з ручним регулюванням рівня рідини |
| Система охолодження | Охолоджувальна рідина та система охолодження з двох насосів К 80 x 65 x 160 та трубопроводами |
| Потужність насосу К 80 x 65 x 160, кВт | 6,2 |
| Діаметр та навивка основного барабана | 900 мм з напрямними накладками |
| Противозтягувач талевого блоку під кронблок | В наявності |
| Тип, діаметр | 35 мм |

Параметри пневматичної лебідки розміщені в табл. 1.4. Дано опис основних вузлів та відповідних параметрів.

Таблиця 1.4. – Характеристика бурової лебідки

| Найменування | Параметри |
|-----------------------------|---|
| Тип пневматичного двигуна | Радіальний, зірковий, з 5-ю поршнями, з обертанням в обох напрямках |
| Потужність, об/хв | 1400 |
| Діаметр барабана, мм | 210 |
| Довжина барабана, мм | 420 |
| Число пневматичних двигунів | 2 |
| Тип гальма | Стрічковий, нормальний, пневматичний |
| Тип запобіжного стопора | Гальмівна стрічка |

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | 47 |
| м | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Технічні характеристики допоміжної лебідки зафіксовані в табл. 1.5. Описаний натяг каната, а також – швидкість навивки каната.

Таблиця 1.5. – Параметри лебідки допоміжної ЛД – 44

| Найменування | Параметри |
|---|-----------|
| Потужність приводу, кВт | 15 |
| Натяг каната, кН | |
| На барабані Ø 240 мм | 44 |
| На барабані Ø 500 мм | 24,5 |
| Швидкість навивки каната, м/с | |
| На барабані Ø 240 мм | 0,36 |
| На барабані Ø 500 мм | 0,63 |
| Гальмівний момент гальма ТГК – 300 (регулюється пружиною), Нм | 300 |
| Максимальний момент, що передається муфтою запобіжною, Нм | 196 |
| Маса лебідки (без пульта управління та ЗІПу), кг | 1857 |
| Маса пульта керування, кг | 39,4 |

Особливості технічного характеру тального блоку/крюкоблоку наведені в табл. 1.6. Надані найменування та параметри вузлів.

Таблиця 1.6. – Технічні особливості тального блоку/крюкоблоку

| Найменування | Параметри |
|-----------------------------------|-----------------|
| Марка та тип блоку | 6 x 35 МЧА 500У |
| Допустиме навантаження на блок, т | 500 |
| Число роликів для каната | 6 |
| Діаметр каната, мм | 35 |
| Розкриття гака, мм | 240 |
| Хід гака, мм | 200 |

Технічні параметри кронблоку показані в табл. 1.7. Дано опис основних складників та параметрів кронблоку.

Таблиця 1.7. – Параметри кронблоку

| Найменування | Параметри |
|-----------------------------------|---------------------|
| Марка та тип блоку | 7 x 35 GF – 500 - У |
| Допустиме навантаження на блок, т | 500 |
| Число роликів для каната | 7 |
| Діаметр каната, мм | 35 |

Тип, частота обертання верхнього трубозатискного пристрою, обертаючий момент бурового автоматичного двошвидкісного ключа з пневмоприводом АКБ – 4 представлені в табл. 1.8. Наведений опис та основні параметри трубозатискного пристрою.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | 47 |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 1.8. – Характеристика ключа бурового автоматичного двошвидкісного з пневмоприводом АКБ - 4

| Найменування | Параметри |
|---|-----------|
| Тип | АКБ - 4 |
| Діаметр бурильних труб, що згвинчуються і розгвинчуються ключем, мм | 108 - 216 |
| Діаметр обсадних труб, що згвинчуються і розгвинчуються ключем, мм | 114 - 194 |
| Частота обертання верхнього трубозатискного пристрою | |
| На першій (швидкій) передачі, об/хв | 0 – 22 |
| На другій (повільній) передачі, об/хв | 0 – 1,5 |
| Обертаючий момент | |
| На першій (швидкій) передачі, кН х м | 5,0±0,5 |
| На другій (повільній) передачі, об/хв | 72,5±2,5 |
| Довжина ходу висунання блоку ключа, мм | 1000±25 |
| Потужність пневмодвигуна, кВт | 13 |
| Маса комплекту ключа, кг | 3300 |
| Маса ключа, кг | 2700 |

Найменування та технічна характеристика складових роторного обладнання бурової установки розміщені в табл. 1.9. Описані параметри основних складових роторного обладнання.

Таблиця 1.9. – Технічна характеристика роторного обладнання

| Найменування | Параметри |
|--|--------------------|
| Марка та тип ротора | МРЛ-27 1/2" |
| Прохідний отвір | Ø 698 мм |
| Привід | Дизель-гідролічний |
| Максимальна приводна потужність, кВт | 450 |
| Основні вкладиші | В наявності |
| Вкладиші під кожен розмір труби 3 1/2"- 20" | В наявності |
| Номінальне статичне навантаження (на стіл ротора), т | 500 |
| Максимальний допустимий момент обертання (фунт/фут) | 86100 |
| Максимальна кількість обертів за хв | 250 |

Складові вертлюга та їх технічна характеристика наведені в табл. 1.10. Надано опис та граничні показники вертлюга.

Таблиця 1.10. – Опис вертлюга

| Найменування | Параметри |
|---|-------------|
| Марка та тип вертлюга | СН-400 |
| Допустиме навантаження (статичне), кН | 4000 |
| Максимальний робочий тиск, psi | 5000 |
| Наявність гусака з отвором для кріплення запобіжного каната | В наявності |
| Максимальна кількість обертів за хв | 250 |

Найменування складових бурових насосів представлені в табл. 1.11. Описані параметри бурових насосів.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | 47 |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 1.11. – Показники бурових насосів

| Найменування | Параметри |
|--|---------------------------------|
| Кількість бурових насосів, шт. | 3 |
| Марка бурових насосів | УНБТ-950 |
| Тип бурових насосів | Триплекс, з підпірними насосами |
| Привід бурових насосів | Дизель-гідрравлічний/механічний |
| Макс. приводна потужність насоса, кВт, (к.с.) | 950 (1300) |
| Розміри втулок, наявних та запасних | 140 – 180 мм |
| Наявність компенсатора | В наявності |
| Засувки високого тиску, встановлені після насосу. Тип та номінальний тиск | 100 x 35 МПа |
| Всмоктуючий колектор | 250 мм |
| Відцентрові насоси К50х32х125 для системи охолодження поршнів бурових насосів УНБТ-950 у комплекті з водяними ємностями (баками) та водяною трубою обв'язкою | 3 комплекти |

Опис приводів установки, силового агрегату та електростанції з дизелем наведені в табл. 1.12. Зафіксовані найменування та технічні характеристики силових приводів лебідки, насосів, силового агрегату, а також – електростанції з дизелем.

Таблиця 1.12. – Технічна характеристика приводів бурової установки

| Найменування | Параметри |
|---|---|
| Силовий привід лебідки | СА-20 – 3 шт. з гідротрансформаторами СНС-750 – 3 шт. (Трансмсія ланцюгова) |
| Привід насоса №1 | Трансмсія ланцюгова привода від силового приводу лебідки (3-х дизельна) Муфтами ШПН-700 із перехідними фланцями, карданними валами L=850 |
| Привід насоса №2 | Трансмсія ланцюгова привода, силові агрегати СА-20 (2 шт), турботрансформатори СНС-750 (2 шт), Охолоджувачі масла від СА-10, муфти ШПМ-700 з перехідними фланцями карданні вали L=850 |
| Привід насоса №3 | Трансмсія ремінна бурового насоса, Силові агрегати СА-20 (2 шт), двохшківна АСДУ 2Ш-500/580, модернізована під 2ШПМ-500, з передачею через карданні вали 14-0057-3036656-2 L=700, укомплектовані текстурними ременями |
| Силовий агрегат СА – 20 – 7 комплектів | |
| Двигун внутрішнього згоряння | 6ЧН 21/21 (225 Д У2) |
| Напрямок обертання колінчастого валу | ліве |
| Повна потужність дизеля, кВт (к.с.) | 691 (940) |
| Частота обертання, що відповідає повній потужності, об/хв | 1400 |
| Електростанція з дизелем Д210 – 1 комплект | |
| Потужність, кВА (кВт) | 390 (312) |
| Двигун внутрішнього згоряння | 6ЧН 21/21 (210 Д У2) |
| Напрямок обертання колінчастого валу | ліве |
| Повна потужність дизеля, кВт (к.с.) | 463(630) |
| Частота обертання, що відповідає повній | 1200 |

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | 47 |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| |
|--------------------|
| потужності, об/мхв |
|--------------------|

Характеристика грязьових ліній високого тиску представлена в табл. 1.13. Показані параметри складових грязьових ліній високого тиску.

Таблиця 1.13. – Опис грязьових ліній високого тиску

| Найменування | Параметри |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Маніфольд високого тиску та стояк | 100 x 35 МПа |
| Специфікації викидної лінії | 100 x 35 МПа |
| Наявність грязьових шлангів | 2 |
| Робочий тиск грязьових шлангів | 35 МПа |
| Розмір та довжина грязьових шлангів | 100 мм x 35 МПа x 22-24 м |
| Кількість стояків | 1 |

Інформація стосовно підготовки бурових розчинів наведена в табл. 1.14. Охарактеризовані найменування та основні параметри складових, задіяних у підготовці бурових розчинів.

Таблиця 1.14. – Інформація щодо підготовки бурових розчинів

| Найменування | Параметри |
|---|---|
| Гідроронка низького тиску в комплекті з відцентровим насосом | 2 |
| Кількість змішувальних насосів | 2 |
| Марка та тип змішувальних насосів | АГ-150-400, обв'язані для всіх технологічних операцій |
| Розташування змішувального насоса | Горизонтальне, обв'язане маніфольдом з усіма резервуарами |
| Привід змішувального насосу | Електричний |
| Пристрої для перемішування бурового розчину, високого та низького тиску | Гідромонітори та пропелерні мішалки з електроприводом |

Опис піскоуловлювачів, мірників резервуарів для бурового розчину викладений в табл. 1.15. Показані характеристики резервуарів для бурового розчину.

Таблиця 1.15. – Резервуари для бурового розчину

| Найменування | Параметри |
|--|---|
| Піскоуловлювачі, кількість, функції та обсяг | Піскоуловлювач - 19 м ³ Відстійники – 39 м ³ - 3 к-та Блок очищення – 43 м ³ |
| Активний обсяг мірників, кількість | 6 мірників, 420 м ³ |

Інформація щодо типу насоса, розташування доливної ємності розміщена, в табл. 1.16. Наведені основні параметри доливної ємності.

Таблиця 1.16. – Інформація стосовно доливної ємності

| Найменування | Параметри |
|--------------|---------------------------|
| Ємність | 20 м ³ |
| Розташування | Вбудована в блок очищення |
| Тип насосу | АГ-150-400 |
| Рівнемір | Є |

Характеристику водяних резервуарів наведено в табл. 1.17. Описано місткість, з'єднання, продуктивність, потужність приводу водяних резервуарів.

Таблиця 1.17. – Характеристика водяних резервуарів

| Найменування | Параметри |
|-------------------------------------|------------------|
| Місткість, м ³ | 60 |
| З'єднання | 3" Гнучкий шланг |
| Кількість водяних насосів | 2 |
| Продуктивність, м ³ /год | 25 x 2 = 50 |
| Тиск, кг/см ² | 4 |
| Потужність приводу, к.с. | 7 x 2 = 14 |

Найменування та параметри мішалок для бурового розчину представлені в табл. 1.18. Охарактеризовані складові мішалок для бурового розчину.

Таблиця 1.18. – Опис мішалок для бурового розчину

| Найменування | Параметри |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Перемішувач механічний вертикальний | 10 |
| Марка та тип | B10-КП//X – 2000 |
| Розташування | Вертикальне |
| Привід | Електричний двигун, 7 кВт |
| Донні перемішувачі (4УПГ) | 12 |
| Робочий тиск, МПа | 4 |

Опис повітряних компресорів бурового станка наведений в табл. 1.19. Зафіксовані основні компоненти повітряних компресорів та надана їх технічна характеристика.

Таблиця 1.19. – Опис повітряних компресорів

| Найменування | Параметри |
|--|------------------------------|
| Кількість основних компресорів | 3 |
| Продуктивність та тиск | 5 м ³ /хв x 1 МПа |
| Марка та тип | 4 ВУ -1-5/9 |
| Привід | Електричний |
| Осушка повітря | В наявності |
| Ємності для стисненого повітря, м ³ | 4x2 = 8 |

Технічна характеристика струменевих насосів, їх потужність та продуктивність, тип приводу представлена в табл. 1.20. Охарактеризовані основні складники шахтного насосу.

Таблиця 1.20. – Технічна характеристика шахтного насосу

| Найменування | Параметри |
|-------------------------------------|-----------------|
| Кількість струменевих насосів | 1 к-т, ВШН-150 |
| Потужність, кВт та тиск | 30 кВт, 0,4 МПа |
| Продуктивність, м ³ /год | 150 |
| Тип приводу | Електричний |

Інформація щодо наявності індикаторів параметрів буріння надана в табл. 1.21. Показаний перелік наявних індикаторів параметрів буріння.

Таблиця 1.21. – Наявність індикаторів параметрів буріння

| Найменування | Параметри |
|--|-------------|
| Індикатор навантаження на гак ДЕЛ-150 | В наявності |
| Навантаження на долото | В наявності |
| Газосигналізатор | В наявності |
| Крутний момент на роторі (умовні одиниці) | В наявності |
| Тиск у стояку | В наявності |
| Загальний обсяг резервуарів (одиниці) (станція ДМК) | В наявності |
| Крутний момент на ключі | В наявності |

Модель вібросита, продуктивність та оснащення системи очищення продемонстрована в табл. 1.22. Описані параметри вібросита, його продуктивність та потужність.

Таблиця 1.22. – Опис системи очищення

| Найменування | Параметри |
|--|--|
| Вібросіто | 1 шт. - оснащено пісковідділювачем та иловідділювачем ГЦК-360 2 шт. - окремо стоять |
| Модель | FSI-A500-B3X-15 VGS |
| Продуктивність вібросита, літ/сек | 36 |
| Вібросіто оснащене електромотором СХР 200-4V Виробництво (Нідерланди), шт. | 2 |
| Потужність, кВт | 5 |

Таблиця 1.23. – Характеристика пристрою для переміщення труб на містках

| Найменування | Параметри |
|---|-----------|
| Телемак НТ-125 | 1 шт. |
| Номінальне навантаження на Р=3 м | 12,5 т |
| Максимальне навантаження на Р=11,25 м | 1,8 т |
| Відстань між осями санчат і опорними стійками | 5 м |
| Ширина кілець опорних стійок | 5 м |
| Максимальна висота на гачок | 13,4 м |

| | |
|--------------------------|-------|
| Кран поворотний в/п (5т) | 3 шт. |
| Кран поворотний в/п (2т) | 2 шт. |

Характеристика пристрою для переміщення труб на містках представлена в табл. 1.23. Наведені основні складові пристрою для переміщення труб на містках та зафіксовані їх параметри.

Перелік додаткового обладнання показаний в табл. 1.24. Представлено опис додаткового обладнання бурової установки та їх кількість.

Таблиця 1.24. – Перелік додаткового обладнання

| Найменування | Кількість |
|---------------------------------|------------|
| Стелажі трубні (Румунія) | 6 шт. |
| Освітлювальні щогли | 4 шт. |
| Розподільний пристрій РП-0,4 кВ | 1 комплект |

1.3. Порівняльний аналіз сучасних бурових установок

Бурова установка – це комплекс наземного устаткування, необхідний для проведення операції по бурінню свердловини. Вимоги, що пред'являються до бурових установок, обумовлені низкою чинників, які необхідно враховувати при виборі їх для кожного конкретного випадку. До цих факторів належать: глибина проектованої свердловини; твердість, пластичність і абразивність порід, що підлягають розбурювання; очікуване відносний тиск в прохідних горизонтах і можливість тих чи інших ускладнень; діаметри доліт і бурильних труб, якими будуть бурити стовбур свердловини під ці колони; спосіб буріння; комплектність бурової установки й її монтажездатність.[12]

З'ясувавши і проаналізувавши всі ці фактори, вибирають тип бурової установки, яка повинна забезпечити максимальну продуктивність і ефективність.

Бурові установки СУ 1600/100

Бурові установки БУ 1600/100 мають дві модифікації:

- БУ 1600/100 ЕУ з електричним, змінного струму, приводом основних механізмів, бурових насосів, бурової лебідки, ротора;
- БУ 1600/100 ДДУ з дизель-гідролічним груповим приводом механізмів універсальної монтажоспроможності та транспортабельності.

Бурові установки класу БУ 1600/100 забезпечують високоефективне буріння нафтових та газових свердловин глибиною до 2450 м бурильними трубами 4 1/2» (d = 114 мм) та до 3500 м бурильними трубами 3 1/2» (d = 89 мм).

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | 47 |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Вантажопідйомність бурової установки 1000 кН (100 тс), що допускається, забезпечена міцнісними характеристиками вежі та основи при восьмиструнному оснащенні талевої системи, дозволяє ліквідувати ускладнення, що виникають у процесі буріння власною буровою лебідкою без використання додаткових засобів і насосного блоку):

- крупноблочний на підкатних візках вантажопідйомністю 60 т (у т. ч. блоку вишки з піднятою або демонтованою вежею);
- дрібноблоковий – на спеціальних трайлерах блоків та секцій масою до 20 т, а також іншими видами транспорту, включаючи гелікоптери;
- окремими агрегатами та звичайному транспорті.

Розміщення бурового обладнання (вишки, ротора, лебідки з коробкою передач, силових агрегатів) на єдиній підставі та бурових насосів, на власній єдиній підставі, дозволяє не тільки мобільно переміщувати обладнання на точку буріння, але, використовуючи ноу-хау, швидко і без додаткових зусиль об'єднувати вищий та насосний блоки в єдиний робочий майданчик та одночасно забезпечувати надійну передачу потужності від силових агрегатів до бурових насосів незалежно від можливих вертикальних переміщень блоків унаслідок просідання на м'яких ґрунтах.

Таблиця 1.25 – Технічна характеристика бурової установки СУ 1600/100

| Найменування | Параметри |
|---|------------|
| Умовна глибина буріння, м | 1600 |
| Навантаження, що допускається на гаку, кН | 1000 |
| Загальна потужність приводу основних механізмів, кВт | 500 - 640 |
| Швидкість підйому гака, м/с | 0,2 - 1,84 |
| Прохідний діаметр стола ротора, мм | 560 |
| Статичне навантаження, що допускається на стіл ротора, кН | 2500 |
| Число бурових насосів, шт | 2 |
| Найбільший тиск на виході насоса, МПа | 25 |
| Найбільша об'ємна подача насоса, забезпечується приводом, м ³ /с | 0,0858 |
| Корисна висота вежі, м | 38,7 |
| Число й потужність дизель-генераторних станцій, кВт | 2 x 200 |
| Номінальна довжина свічки, м | 25 |
| Корисний сумарний об'єм циркуляційної системи, м ³ | 60 |

| | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|--|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | | Лист |
| ЗМН | | | | | | | 47 |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |

А – образна секційна трубна шпренгельного типу з вбудованим механізмом підйому та опускання та захищеними від атмосферних опадів та вітру полотями для верхового робочого конструкція має хорошу стійкість, що забезпечує роботу без додаткових відтяжок, проглядання та, у поєднанні з автоматизацією робіт, підвищені зручності в експлуатації.

У приводі бурової установки БО 1600/100 ГУ застосовані швидкохідні дизелі з труботрансформаторами, що забезпечують найкомфортніші умови роботи дизеля.

Потужність двох силових агрегатів (250-320 кВт кожен) підсумовується в ланцюговій трансмісії і може, залежно від технологічних вимог, у повному обсязі спрямовуватись на буровий насос і ротор або на насос, бурову лебідку та ротор.

Привід основних механізмів бурової установки СУ 1600/100 ЕУ здійснюється від асинхронних електродвигунів.

Підйомний механізм бурової установки БУ 1600/100 ДДУ складається з лебідки та двошвидкісної комбінованої зубчасто-ланцюгової коробки передач.[1]

Технічна характеристика бурової установки наведена в табл. 1.25

Бурові установки типу TD-80-CA-A4

Бурові установки типу TD-80-CA-A4 призначені для поодинокого буріння нафтових та газових свердловин.

Установка типу TD-80-CA-A4 також може бути застосована при виконанні таких операцій:

- спуско-підйомні операції з бурильними, насосно-компресорними трубами та насосними штангами;
- тортальні операції;
- розбурювання цементних та піщаних пробок;
- фрезерування вікон у колоні;
- поглиблення свердловин;
- операції з освоєння свердловин.

Установки випускаються наступного виконання:

- з транспортабельності – самохідні на п'ятиосному автомобільному шасі;
- для різних кліматичних умов – для арктичного, помірному клімату, для тропіків.

Установка поставляється у велико-блоковому виконанні, а транспорт її здійснюється таким чином:

- вежо-лебідковий блок установки змонтований на автомобільному шасі;

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

- пересувна платформа для труб представляє окрему транспортну одиницю на причепі;
- мото-насосний блок на санчатах, підвищена основа, складові частини системи очищення бурового розчину, енергетичне обладнання, противикидове обладнання, котельна установка та інше транспортуються на окремих причепах, розміри яких не перевищують 12 x 13 x 3 (м).

Максимальна висота всіх окремих транспортних одиниць при транспортуванні не перевищує 4,5 м. Мобільна установка укомплектована гнучкими та швидкознімними сполучними елементами.[1]

Установка монтується на колісному шасі румунського виробництва РОМАН48300.

Технічна специфікація бурової установки представлена в табл. 1.26.

Таблиця 1.26 – Технічна специфікація бурової установки

| Найменування | Параметри |
|--|-----------|
| Максимальне статичне робоче навантаження на гаку, мс | 80 |
| Максимальне робоче навантаження на гаку при розходженні бурильних труб, мс | 60 |
| Умовна глибина буріння бурильними трубами 4.1/2", м | 1500 |
| Тип щогли | MU-80 |
| Висота щогли від землі до підкронблокової балки, м | 32 |
| Максимальна потужність приводного двигуна, к. с. | 300 |
| Максимальний робочий тиск у вертлюзі, бар | 280 |
| Максимальне статичне навантаження на ротор, мс | 250 |
| Максимальна швидкість обертання ротора, об/хв | 300 |
| Потужність бурового насоса, к.с. | 700 |
| Висота основи (позначка підлоги бурової) не менше, м | 3,5 |
| Об'єм бурового розчину, м ³ | 90 |

З'ясувавши і проаналізувавши всі ці фактори, вибирають тип бурової установки, яка повинна забезпечити максимальну продуктивність і ефективність для виконання поставлених завдань.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | 47 |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БУРОВОЮ УСТАНОВКОЮ. КОНЦЕПЦІЯ

Для виконання завдань автоматизації процесу буріння пропонується розробити АСУ ТП бурового станка F-400, яка вирішувала б наступні завдання автоматизації: оптимальне управління процесом буріння, створення сприятливих умов для автоматичного управління електробуром і неперервним контролем за температурним режимом головного електродвигуна, автоматизований контроль температури робочої частини валу електробура та подачі бурового розчину на долото.

Відповідно вищезначених завдань розроблені наступні контури управління технологічним процесом буріння: контур управління швидкістю обертання головного валу бурового станка F-400, контур управління охолодженням головного електродвигуна та контур управління подачею бурового розчину до зони буріння.

Контур управління швидкістю обертання головного валу бурового станка F-400.

Контур управління швидкістю обертання головного валу бурового станка F-400 зображено на рис. 2.1.

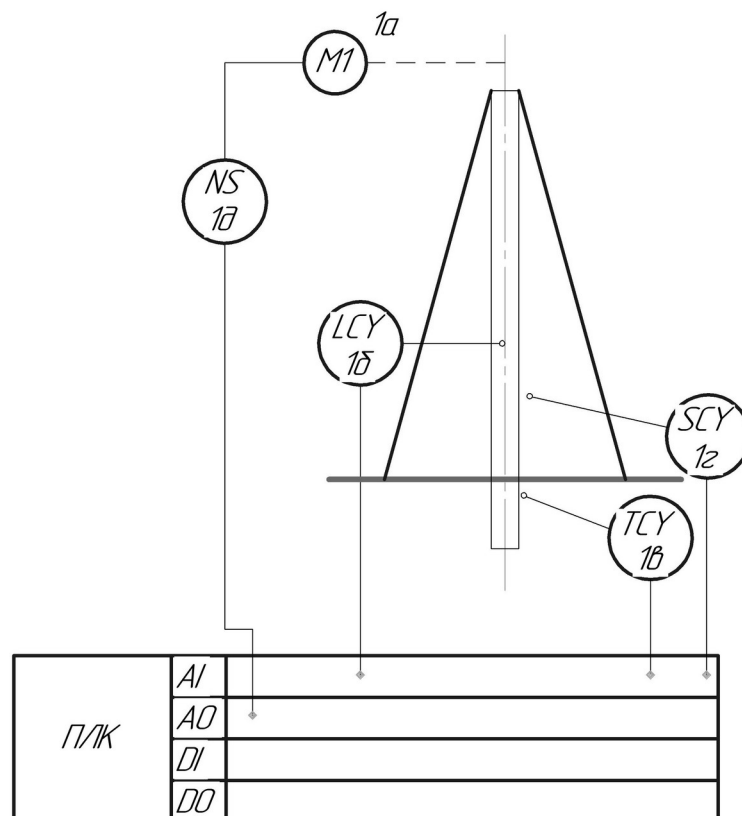


Рисунок 2.1. Контур управління швидкістю обертання головного валу
бурового станка F-400

ПЛК отримує від датчиків інформацію щодо глибини, на якій відбувається буріння, температури робочої поверхні долота електробура та швидкості обертання головного валу бурового станка. Згідно отриманих даних через перетворювач частоти на головний електродвигун подаються сигнали управління подачею імпульсів струму, що призводить до керування та контролю швидкістю обертання робочого валу бурової установки.

Контур управління охолодженням головного електродвигуна.

Контур управління охолодженням головного електродвигуна представлений на рис. 2.2.

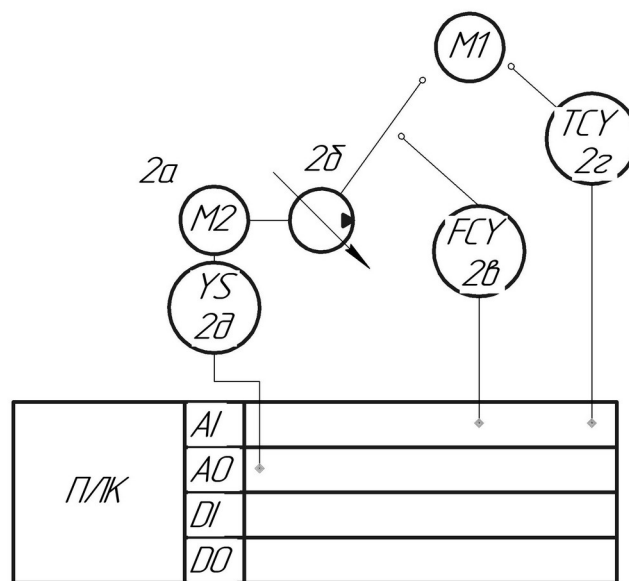


Рисунок 2.2. Контур управління охолодженням головного електродвигуна

Система охолодження головного електродвигуна організована за допомогою ШІМ-регулятора. На ПЛК надходить інформація з датчиків температури та швидкості протікання охолоджувальної рідини. Згідно отриманих показників, ПЛК подає електроімпульсні сигнали на ШІМ-регулятор та, відповідно, керує чинниками вказаних параметрів, як от температурою двигуна та швидкістю протікання охолоджувальної рідини в системі охолодження.

Контур управління подачею бурового розчину до точки буріння.

Контур управління процесом подачі бурового розчину до зони буріння для забезпечення охолодження долота електробура зображено на рис. 2.3.

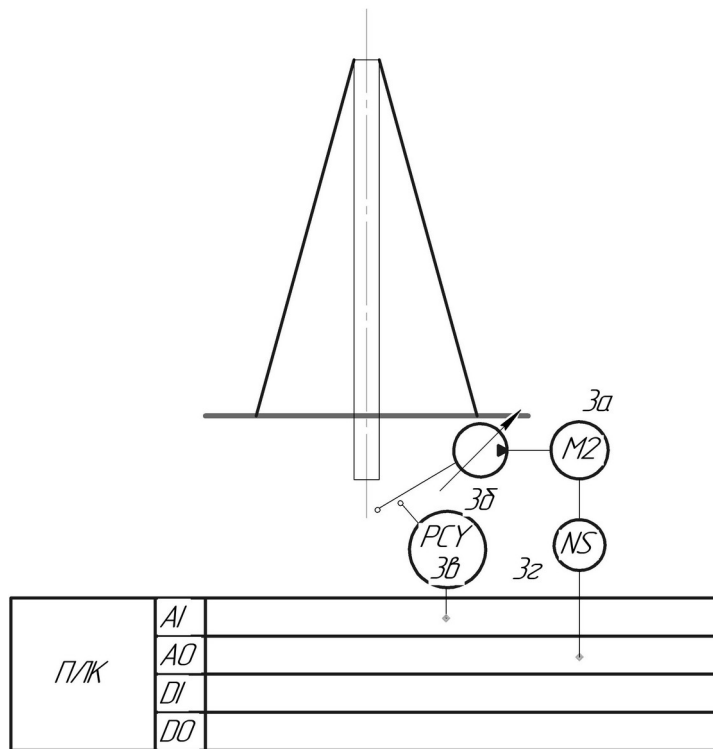


Рисунок 2.3. Контур управління охолодженням долота електробура

Третій контур – контур управління охолодженням долота електробура, який входить до обраних об'єктів автоматизації, працює наступним чином: програмований логічний контролер, отримавши інформацію від датчика тиску, подає електричні сигнали до перетворювача частоти та керує подачею бурового розчину до зони буріння через поздовжні отвори у штанзі бурового валу. Розчин подається під великим (для побутового розуміння) тиском, сприяє охолодженню ріжучих кромek головного буру, вимиванню залишків буріння, а також зміцненню стінок бурової шахти.

Для забезпечення безаварійної роботи насосу подачі розчину передбачено датчик рівня розчину в резервуарі. У випадку зниження рівня бурового розчину у резервуарі нижче критичного рівня (наприклад, 5% об'єму резервуара), передбачено режим миттєвої зупинки подачі розчину до зони буріння. При цьому запускається процес поступової (протягом декількох секунд) зупинки головного агрегату станка для забезпечення безаварійної роботи системи.

Розчин у резервуарі поповнюється стороннім зусиллям обслуговуючого персоналу бурової установки, що не входить до задач автоматизації, тож виключається з переліку досліджуваних в цій роботі процесів.

РОЗДІЛ 3. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БУРОВОЮ УСТАНОВКОЮ

Типова бурова установка F-400 складається з таких елементів: головний двигун (основний привід), бурова вежа, спорядження для виконання спуско-підйомних операцій (СПО), підвищувальна основа (фундамент), бурові насоси, противикидове обладнання (превентори).

В сучасних бурових станках, як основні енергоприводи, застосовують двигуни внутрішнього згорання. Легкодоступна й основна сировина – це дизельне паливо. Де-які бурові установки використовують двигуни, які працюють на природному газі.

Кількість і розміри основних двигунів залежать від параметрів та призначення бурової установки. В бурових станках для виконання буріння, що менше 1524 м, застосовують два двигуни, які мають потужність 373-746 кВт. Для більш глибокого буріння використовують потужніші бурові верстати, які забезпечені трьома, або навіть чотирма двигунами, що здатні генерувати потужність до 2236 кВт.

Передача енергії до різних вузлів бурової установки відбувається механічним чи електричним способом. При механічній передачі застосовується загальний вузол, який зветься трансмісією, що приймає в себе енергію кожного двигуна. Трансмісія через втулково-роликівий ланцюг та ланцюгові колеса передає енергію ротору та лебідці. Для механічної передачі енергії буровим насосам користуються великими приводними ременями. Якщо застосовується електрична передача енергії, то розміщення дизельних двигунів виконують на де-якій відстані від бурового станка та використовують для включення в роботу потужних енергогенераторів, які в свою чергу виробляють електричний струм, що передається до електродвигунів по дротах, з'єднаних з буровим насосом, ротором та лебідкою. Загальна можливість практичної реалізації дизельно-електричної передачі сгенерованої енергії зводиться до того, що вона не застосовує силову трансмісію. Окрім цього, із використанням дизельно-електричного режиму, надмірність шуму працюючих двигунів знаходиться якнайдалі від місця роботи бригади бурової установки.

До спуско-підйомного обладнання відносять лебідку, талеву систему та талевий канат. Лебідка є основним елементом бурової установки, який дозволяє керувати важкими вантажами: пересувати їх вгору та вниз за допомогою дротяного каната, що накручений на барабан. Також, за її допомогою, працівник бурового верстата згвинчує або розгвинчує бурильні труби та де-які інші елементи, використовуючи при цьому катушки.[11]

Тальова система складається з двох блоків: кронблок та талевий блок. Кронблок – це нерухомий елемент, який закріплений у верхній частині бурової вежі. В процесі згвинчування та розгвинчування труб талевий блок зміщується вгору та вниз по вежі. Кожен

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | 47 |
| М | Дрк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

такий блок має де-кілька шківів, через які рухається талевий канат. Один з кінців такого талевого каната, виходячи з кронблока, прикріплено під підвищеною основою до спеціального елемента кріплення (мертвий кінець), в той час, як інший – накручений на барабан лебідки.

Використовується канат, який має довжину більше в кілька разів, ніж одна мотузка, що в свою чергу надає перевагу вантажопідйомності. Слідом за кількома спуско-підйомними операціями, талевий канат знімають, відсікають та нову частину подають у роботу. Таким чином, одні й ті самі елементи каната не залишаються в місцях високих навантажень.

Талевий канат – це потужний дротяний трос, який використовується при операції буріння, а також при закінченні свердловини для переміщення вгору чи вниз бурового обладнання, що важить де-кілька десятків тонн.

Устаткування для проведення роторного буріння вміщує в себе ротор та роторні вкладиші, провідну трубу та вкладиш (затискач) під трубу (рис. 3.1), вертлюг та бурильну колону.

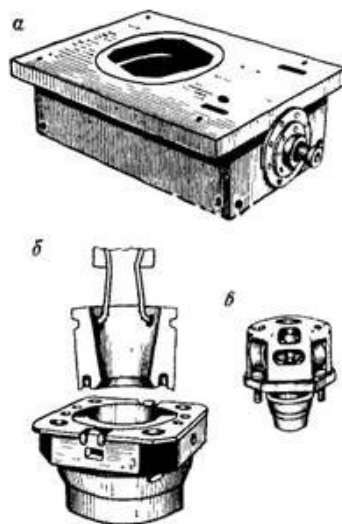


Рисунок 3.1. Ротор (а), вкладиші роторні (б), вкладиші для провідної труби (в)

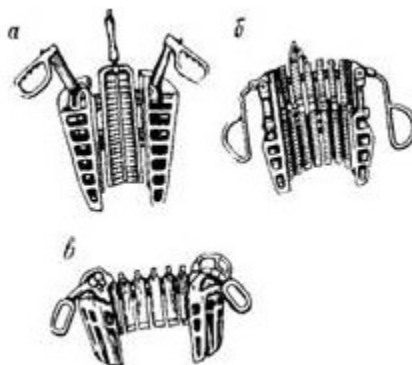


Рисунок 3.2. Клини: бурільних труб (а), обсадних труб (в); ОБТ (б)

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|--------------------------|--|------|
| | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | | Лист |
| ЗМН | | | | | | 47 |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Головне призначення ротора полягає в передаванні обертального руху підшипникам ведучої труби і бурильним трубам, а також – долоту. Обертання робочого елемента валу долота необхідне для руйнування породи та буріння свердловини. Саме вкладиші, окрім передачі обертання провідної труби, здійснюють функцію посадкових гніздечок для клинів.

Роторні клини бурильних та обсадних труб (рис. 3.2) – це спеціальні механізми із зубчастими елементами, які закріплені на внутрішній площині. Вони застосовуються для захвату бурильної колони, яка закріплена в свердловині, при виконанні операцій згвинчування та розгвинчування елементів бурильних труб та ОБТ.

Енергія, потрібна для повноцінної роботи ротора, надходить від головних приводних двигунів за допомогою ланцюгової передачі трансмісії. Також потужність може передаватись безпосередньо через привод ротора, тобто – через вал, що з'єднаний з приводним двигуном. Основна функція провідної труби, яка зазвичай шестикутна чи квадратна за формою, полягає в передачі динамічного обертового руху бурильній колоні, а вкладиші ротора з'єднані з вкладишами провідної труби. Другою функцією провідної труби є надання каналу для подання бурового розчину до долота за допомогою бурильних труб. Під час виконання спуско-підйомних операцій вищезначена провідна труба міститься в боковому тунелі меншого поперечника (шурфі), який спеціально пробурено для цих цілей.

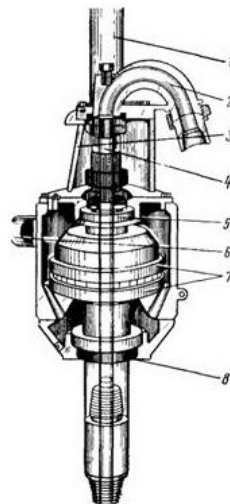


Рисунок 3.3. Компонування вертлюга:

1 – штроп; 2 – відведення штропу; 3 – кришка; 4 – самовстановлювана труба; 5 – конічні ролики; 6 – кронштейн з амортизаторами; 7 – нижні та верхні підшипники; 8 – подовжене внутрішнє кільце нижнього радіального підшипника

Вертлюг (рис. 3.3) зазвичай розташовують поверх провідної труби. Основна його функція – виключити передавання обертального переміщення від канату до бурильної колони чи провідної труби. Це забезпечується обертанням нижнього компонента вертлюга за

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

допомогою потужних роликів підшипників. Оскільки вертлюг мусить тримати вагу цілої бурильної колони, то він мусить бути надзвичайно міцним та мати такі ж самі номінальні характеристики, що і талевий блок.

Вертлюг забезпечується штропом, який фіксують на гаку нижнього кінця талевого блока. Штроп (1) виготовлений із термообробленої сталі підвищеної зносостійкості. Відведення штропу (2) виготовлено із термообробленого сталевих сплаву підвищеної зносостійкості та міцності (від дії високого тиску розчину). Кришка (3) служить опорою відведення штропу. Головний елемент вертлюга – плаваюча змінна самовстановлювальна труба (4), виготовляється з цементованої сталі, що поєднується зі стволом вертлюга та має внизу кільця ущільнювачів.

Верхній ряд конічних роликів (5) (підшипник) приймає дію осьових навантажень (спрямованих вгору) і виключає радіальні коливання. Кронштейни з амортизаторами (6) збільшують робочий простір бурової вежі. Основний нижній і верхній підшипники (7) забезпечують співвісність нерухомих та обертових деталей вертлюга. Усі деталі вертлюга, що обертаються, знаходяться в маслі, витікання якого стримує подовжене внутрішнє кільце (8) нижнього радіального підшипника.

Орім того, існує можливість подання бурового розчину в провідну трубу, використовуючи бокове з'єднання – відвід, за допомогою якого буровий гнучкий шланг поєднаний з вертлюгом. Гнучкий буровий шланг через поверхневу обв'язку та стояк приєднується до бурових насосів.

Бурильна колона вміщує в собі наступні елементи: бурильні труби, ОБТ, елементи компонування низу бурильної колони (КНБК) та долото. Бурильна колона використовується, як засіб передачі обертального руху долота, а також – в якості каналу подання бурового розчину.

Обтяжені бурильні труби (ОБТ) з великим зовнішнім діаметром використовують переважно для забезпечення певного навантаження на робочу частину долота під час виконання бурових робіт. Досвід буріння показав, що долото має складати максимум 85 % загальної ваги ОБТ. Інша вага застосовується для розтягування бурової колони, щоб позбавитись поздовжнього вигину.

Елементи КНБК зазвичай вміщують ОБТ, амортизатори та стабілізатори. Обтяжені бурильні труби використовують для забезпечення постійного розтягування бурильної колони. Стабілізатор – це спеціальний пристрій із зовнішнім діаметром, який близький до діаметра свердловини. Головна функція стабілізатора – це запобігання скручуванню та вигину ОБТ, а також – управління напрямом бурильної колони. Стабілізатори встановлюють поблизу долота між ОБТ. Амортизатор входить до складу КНБК для уникнення ударів при

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | 47 |
| М | Дрк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

вертикальному коливанні долота в процесі буріння твердих порід. Тим самим бурильна колона та гирлове обладнання захищаються від дії вібрацій долота.

Долото – головний механізм бурильної колони, що використовується для руйнування породи при бурінні свердловини. Долото може мати одну (наприклад, алмазне або полікристалічне штиреве долото), дві або навіть три ріжучі голівки, які ще називають шарошками (дво- або тришарошкове долото). Останнє широко використовується у нафтовій промисловості.[5]

Основним елементом бурового насоса є поршень, який виконує зворотно-поступальні рухи в циліндрі та створює необхідний тиск для переміщення певної кількості рідини. Зазвичай бурові насоси застосовують для забезпечення подання великої кількості бурової рідини (18-45 л/с) по бурильним трубам, використовуючи насадки на долоті й назад – на поверхню. Таким чином, насос здатен створювати тиск, якого достатньо для подолання великих сил опору, а також для переміщення бурового розчину.

Використовують насоси двох різних типів:

- двоциліндрові (дуплекс-насоси), що включають два поршні подвійної дії (поршень в такому типі насоса створює тиск водночас як при поступальному, так і при зворотному ході);
- трициліндрові насоси, які складаються з поршня одинарної дії (в цьому типі бурового насоса поршень створює тиск тільки при поступальному ході).

Регулювати тиск та об'єм можна, якщо змінювати розміри поршня або внутрішній діаметр циліндра через використання втулок різноманітних діаметрів.

Газоводонафтопроявлення – це небажаний наплив пластової рідини до свердловини, який може (якщо не управляти ним) перейти у фонтанування свердловини.

Загалом, превентори – це такі клапани, які здатні закритись будь-якої миті при виявленні газо-, водо- та нафтопрояв.

Превентори використовують трьох видів:

1 – універсальні превентори, що виготовлені таким чином, щоб закриватися на трубі абиякої форми та розміру, спущеної до свердловини. Вони повинні закритися, якщо свердловині загрожує небезпека викиду;

2 – трубні плашки, що мають два види: зі змінним та постійним діаметрами. Трубні плашки змінного діаметра призначені для ущільнення різних типів та розмірів труб. Плашки, що мають постійний діаметр, призначені для бурових труб одного типу й розміру та можуть використовуватись під час буріння.;

3 – зрізні та глухі плашки. Для перекриття свердловини, в місцях, де немає обсадних труб або бурильної колони, використовують глухі плашки. Зрізаючий плашок – такий

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

різновид глухої плашки, який має можливість зрізати трубу та закрити відкриту свердловину.

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------|-------------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | <i>Лист</i> |
| <i>ЗМН</i> | | | | | | 47 |
| <i>М</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

РОЗДІЛ 4. МАТЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ БУРОВОЮ УСТАНОВКОЮ

4.1. Особливості проектування АСУ режимом буріння

У теоретичному плані складність проектування РПД та алгоритмів управління режимом автоматизованого буріння полягає в тому, що обурювальні (від вибою) та керуючі (від РПД) впливи передаються із запізненням через хвилеводи з розподіленими параметрами. Це визначає необхідність використання в алгоритмах управління прогнозуючих оцінок. Крім того, оскільки об'єкт управління – система з невідомою динамічною характеристикою, що змінюється в часі, при керуванні необхідно використовувати методи адаптації.

Загалом осьове навантаження на долото G залежить від поздовжнього зусилля в нижньому перерізі бурильної колони завдовжки L :

$$N(L) = W + G_{3A} \cos \alpha \tilde{G},$$

де W - осьова гідравлічна сила на корпусі гідродвигуна від перепаду тиску в ЗД та долоті з урахуванням вибійного тиску в кільцевому просторі; G_{3A} - сила тяжіння вибійного агрегату; α – кут відхилення ЗД від вертикалі (зенітний кут на вибої свердловини).

У відомих способах регулювання навантаження на долото, заснованих на підтримці постійного зусилля або швидкості верхнього перерізу бурильної колони ($N(0) = \text{idem}$; $v(0) = \text{idem}$) динамічний стан системи визначається спільною дією напруг розтягування (стиснення) та кручення, розподілених по довжині колони.

Силкові фактори (подовжнє навантаження і момент, що крутить) у заданому перерізі колони x залежать від відповідних деформацій ($\Delta u / \Delta x$; $\Delta \varphi / \Delta x$) перерізу

$$N(x) = EF \frac{\partial u}{\partial x}; \quad M(x) = G_p I_p \frac{\partial \varphi}{\partial x}.$$

(4.1)

Розрахунок динамічних процесів у колоні труб з урахуванням спільної дії напруг стиснення (розтягування) та кручення, розподілених по довжині труб, є одним з основних завдань при моделюванні ДС.

В ідеалізованому стаціонарному режимі поглиблення вибою швидкості верхнього та нижнього перерізів колони однакові ($v(0) = v(L)$) та відповідають механічній швидкості буріння, пропорційному коефіцієнту буримості β та осьовому навантаженню на долото ($v_m = v_{кр} = \beta G$). У цьому випадку поздовжні зусилля у верхньому та нижньому перерізі бурильної колони, які визначають відповідно зусилля на гаку $G_{кр}$ та навантаження на долото G , відрізняються на величину поздовжньої складової сили тяжіння бурильної колони в рідині $G_{бк}$ з урахуванням дії сумарної сили тертя колони об стінки свердловини $F_{тер}$:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | 47 |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$N(0) \sim N(L) \approx G_{\text{БК}} \tilde{F}_{\text{тер}} \cdot \quad (4.2)$$

Сила тертя $F_{\text{тер}}$ є важковизначеною змінною процесу буріння, істотне значення та невизначеність якої у похилих та горизонтальних свердловинах ускладнює доведення осевого навантаження до вибою та підтримання заданого режиму роботи ЗД.

У статичній постановці задачі система рівнянь, що визначають закономірність розподілу зусиль на барабані лебідки, гаку, бурильній колоні, вибійному двигуні та долоті, набуває наступного вигляду:

$$S_x = \frac{G_{\text{кр}} + G_{\text{тс}}}{i_{\text{тс}}} \eta_{\text{тс}}$$

$$G_{\text{кр}} = N(0) + G_{\text{в}}$$

$$N(0) = N(l_{\text{бт}}) + G_{\text{бт}}^* - F_{\text{тр.бт}}$$

$$N(l_{\text{бт}}) = (G_{\text{убт}} + G_{\text{зд}}) k_{\text{А}} \cos \alpha - F_{\text{тр.кнБК}} + F_{\text{зд}} - F_{\text{А}} - G$$

$$F_{\text{А}} = p_{\text{заб}} F$$

$$F_{\text{зд}} = P_{\text{зд}} F_{\text{п}}$$

$$P_{\text{зд}} = P_x + k_p M$$

$$M = M_{\text{уд}} G,$$

(4.3)

де $G_{\text{бт}}^*$ – продольна проекція сили тяжіння бурильних труб у повітрі.

Заданий режим навантаження долота забезпечується за рахунок утримання необхідного гальмівного моменту на барабані лебідки за допомогою стрічкового гальма або РПД (пасивного або активного).

У процесі буріння (поглиблення вибою) порушення динамічного режиму руху колони, що встановився, може статися внаслідок:

- зміни механічних властивостей гірських порід ($\equiv M_{\text{уд}}$; $\equiv \rho_x$), що призведе до зміни швидкості проходки, гідравлічної сили та моменту ЗД, що крутить, а також кута закручування колони;
- регулювання витрати промивної рідини ($\equiv Q$), що супроводжуватиметься зміною частоти обертання ЗД та гідравлічної сили W ;
- зашламування затрубного простору ($\equiv p$) з відповідним збільшенням сили, що виштовхує, і відповідно зниженням гідравлічного зусилля W ;
- зміни сил тертя колони об стінки свердловини ($\equiv F_{\text{тр}}$) або переходу до нової форми просторового положення колони, що призведе до перерозподілу поздовжніх та крутильних навантажень по довжині колони.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | 47 |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

У реальному *нестационарному* режимі подачі колони миттєві значення швидкостей верхнього (ds/dt) та нижнього (dh/dt) перерізів внаслідок безперервного вибурювання вибою свердловини та перемішування гака не однакові (рис. 4.1), а рівняння (4.2) не відображає особливості динамічних процесів у протяжній колоні труб, оскільки силові фактори (4.1) у різних перерізах стають залежними від хвильових процесів ($\Delta u / \Delta x; \Delta z / \Delta x \approx \text{var}$).

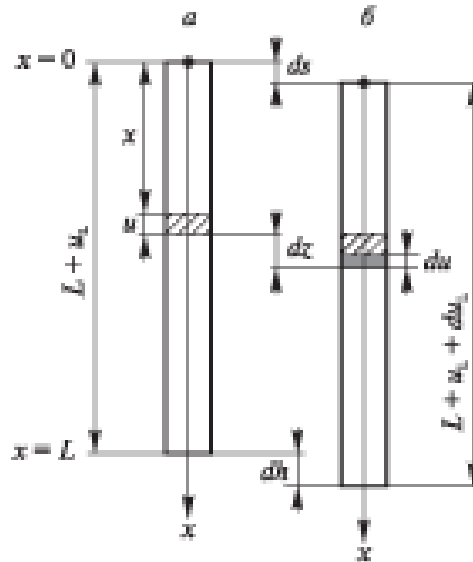


Рисунок. 4.1. До розрахунку деформацій та швидкостей перерізів протяжної бурильної колони:

a – у час t ; b – у час $t+dt$

$\Delta z \approx ds / dt$; $\Delta L_1 \approx dh / dt$;

dz – миттєве переміщення перетину щодо нерухомої системи координат

Якщо прийняти, що зміна деформації всіх перерізів колони однакова (модель пружини), то залежність миттєвих швидкостей кінцевих перерізів колони наводиться до наближеного вигляду

$$v(0) = v(L) + \frac{L}{EF} \frac{d}{dt} (G - W).$$

Оцінка впливу відхилення одного з вищевказаних режимних параметрів на поведінку ДС (4.3) та вибір оптимальних алгоритмів управління залежить від точності визначення передавальних функцій, зокрема щодо зміни навантаження на долото ($\approx G$):

- за питомим моментом гірських порід:

$$\frac{\Delta G}{G} = \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon \left(1 + \frac{\Delta M_{уд}}{M_{уд}} \right)} \cdot \frac{\Delta M_{уд}}{M_{уд}};$$

- по навантаженню на гаку:

$$\frac{\Delta G}{\Delta G_{кр}} = -\frac{1}{1-\varepsilon};$$

- за витратою бурового розчину:

$$\frac{\Delta G}{\Delta Q} = \frac{\psi}{1-\varepsilon};$$

- за силою тертя:

$$\frac{\Delta G}{\Delta F_{тр}} = -\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} \cdot \frac{1}{F_{п}};$$

- за щільністю бурового розчину:

$$\frac{\Delta G}{\Delta \rho} = \frac{\xi_x Q F_{п} - g L F}{1-\varepsilon};$$

де $\varepsilon_{п}$ – безрозмірний параметр, що визначає статичні характеристики системи «бурильна колона – ЗД – долото – гірська порода» [4]:

$$\varepsilon = \frac{dF_{зд}}{dG} = F_{п} \frac{dP_{зд}}{dG} = k_P M_{уд} F_{п};$$

ψ – розмірний параметр, що виражає зміну поздовжнього зусилля на корпусі ЗД при зміні витрати (коефіцієнт передачі витрат):

$$\psi = \frac{dF_{зд}}{dQ} = F_{п} \frac{dP_x}{dQ} = \xi_x \rho F_{п}.$$

Тут k_P – коефіцієнт нахилу лінії тиску ЗД,

$$k_P = \frac{dP_{зд}}{dM};$$

ξ_x – коефіцієнт втрат тиску в холостому режимі ЗД, для ГВД $\xi_x = P_x / Q$

З представлених виразів передавальних функцій випливає, що основним фактором, який визначає відгук аналізованої динамічної системи на відхилення параметрів її стану від номінальних (спочатку встановлених) значень, є безрозмірний комплекс $\varepsilon_{п}$ (коефіцієнт передачі по навантаженню), що поєднує параметри гірських порід, прохідного перерізу бурильних труб та показники ЗД.

Для найбільш поширеного практично випадку буріння свердловини ГВД діаметром 195 мм ($k_P = 0,7$ кПа/Н·м) з використанням бурильних труб 127×9 у породах середньої твердості ($M_{уд} = 10$ Н·м/кН)

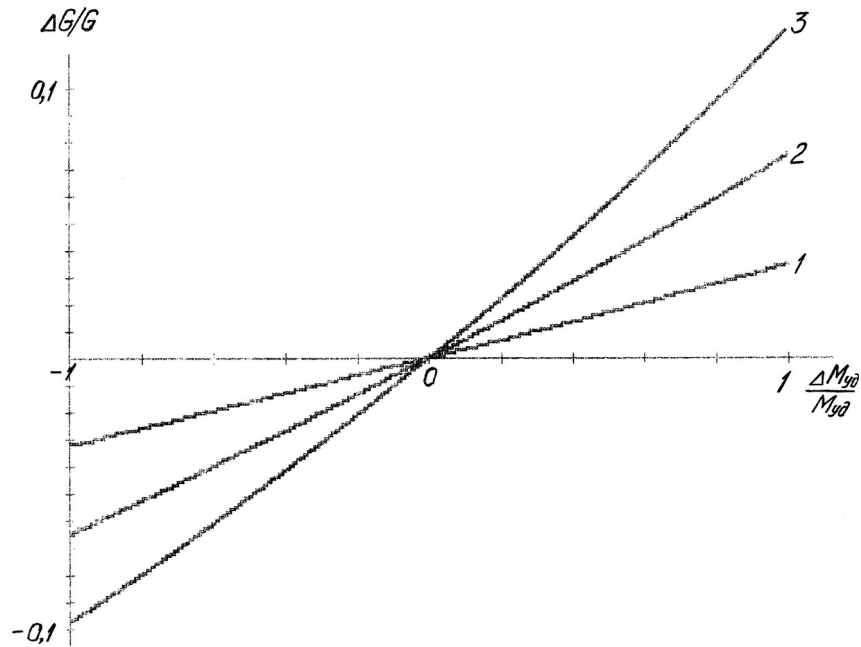
$$\varepsilon_{п} = 0,065.$$

Це означає, що при зниженні навантаження на гаку на 10 кН (внаслідок неправильних дій бурильника або збою в системі управління РПД) навантаження на долото збільшиться на

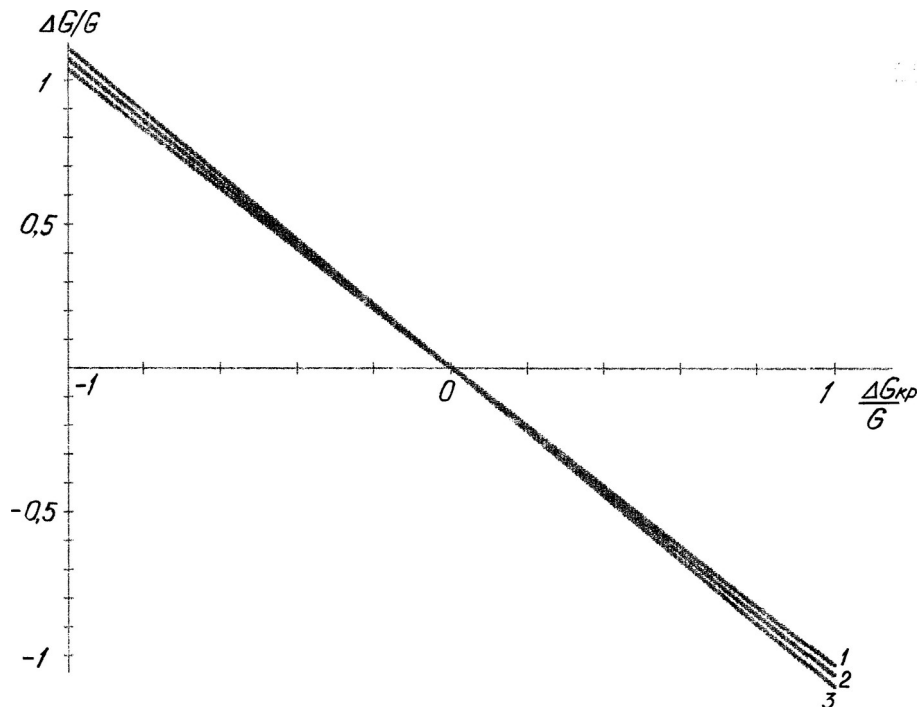
| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

10,7 кН, а при переході в пропласток м'яких порід ($M_{уд} = 15 \text{ Н}\cdot\text{м/кН}$) навантаження на долото збільшиться на 3,6% (внаслідок зростання гідравлічної сили від перепаду тиску у ГВД).

Графічні залежності передавальних функцій, які можна використовувати як номограми для ідентифікації режимних параметрів або при проектуванні автоматизованих систем керування процесом буріння свердловин, представлені на рис. 4.2.



a



б

Рисунок 4.2. Передавальні функції динамічної системи «бурильна колона – 3Д – долото – гірська порода»: а – за питомим моментом гірських порід; б – по навантаженню на гаку

1 – $M_{уд} = 5 \text{ Н}\cdot\text{м/кН}$; 2 – $M_{уд} = 10 \text{ Н}\cdot\text{м/кН}$; 3 – $M_{уд} = 15 \text{ Н}\cdot\text{м/кН}$.

Визначальне значення для проектування АСУ РБ має моделювання хвильових процесів, що відбуваються у протяжних хвилеводах, що зв'язують вибій і гирло свердловини, що бурить.

Як відомо, поздовжньо-крутильні коливання суттєво впливають на динамічний стан системи, процес передачі навантаження на вибій, показники відпрацювання долот, довговічність бурильного інструменту та ЗД. У цьому зв'язку аналітичні (з використанням сучасного арсеналу чисельних методів) та експериментальні дослідження взаємозв'язку хвильових процесів у бурильній колоні та її напірній лінії, що описуються подібними диференційними рівняннями другого порядку та поширюваними з швидкостями ($c = 1,2-1,5$ км/с, $c_u = 5,1$ км/с, $c_{\text{вв}} = 3,2$ км/с), є дуже актуальними при оптимізації режимів буріння та управління ЗД.[4]

Швидкості поширення коливань по стовпу рідини (c) і колоні труб ($c_u, c_{\text{вв}}$) визначають час запізнення розповсюдження сигналів, що керують:

- за стовпом рідини:

$$\Delta t = \frac{l}{c};$$

- по колоні труб (поздовжні коливання):

$$\Delta t_u = \frac{L}{c_u};$$

- по колоні труб (крутильні коливання):

$$\Delta t_{\phi} = \frac{L}{c_{\phi}},$$

де L, l – відповідно довжина бурильної колоні та протяжність напірної лінії (від насоса до ЗД).

Колівальні процеси в напірній лінії, що впливають на рівномірність обертання ЗД та якість функціонування телеметричних систем із гідравлічним каналом зв'язку, залежать від поєднання двох критеріїв подібності:

- частотного

$$\mu = \frac{n_u l}{c};$$

- акустичного

$$H = \frac{c}{m \xi f Q_u^{m-1}}.$$

Динамічні та перехідні характеристики системи також залежать від наведеного моменту інерції J або постійного часу гідродвигуна η та інших елементів системи (БНА, лебідки, РПД).

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

Під час визначення інерційних параметрів ГВД необхідно враховувати особливості кінематики планетарного руху його робочих органів.

При виборі оптимальних параметрів цифрового ПД-регулятора (кроку управління Δt_y , коефіцієнта пропорційності $k_{\text{пер}}$, постійних інтегрування T_i та диференціювання T_d) крім параметрів окремих елементів, необхідно визначити постійну часу системи. Її можна розрахувати за перехідними характеристиками, що знімаються як експериментально (на об'єкті), так і аналітично на основі математичного моделювання з урахуванням транспортного (у ланках із розподіленими параметрами) та інерційного запізнювання.

Тоді в процесі буріння з використанням АСУ РБ поточна зміна впливу, що управляє, визначається в залежності від відхилення параметра регулювання ($\Delta Y = Y - Y_{\text{зад}}$) та її першої (dY) та другої (d^2Y) похідних з урахуванням попередження на транспортне запізнення Δt^*

$$\Delta U = \frac{1}{k_{\text{пер}}} \left[\frac{\Delta t_y}{T_i} \Delta Y(t + \Delta t^*) + dY(t + \Delta t^*) + \frac{T_d}{\Delta t_y} d^2Y(t + \Delta t^*) \right].$$

4.2. Особливості управління режимом буріння

Для управління режимом буріння, що відрізняється безперервним впливом різних факторів, доцільно використовувати адаптивні алгоритми управління, в яких координата завдання $Y_{\text{зад}}$ розглядається як змінна величина (рис. 4.3), що залежить від стану системи, що ідентифікується за показаннями датчиків і прогнозованого на основі «дерева» можливого розвитку процесу. Подібна адаптивна АСУ набуває властивостей інтелектуальної системи управління нового покоління з гнучкими процедурами прийняття рішення та самоналаштування параметрів.

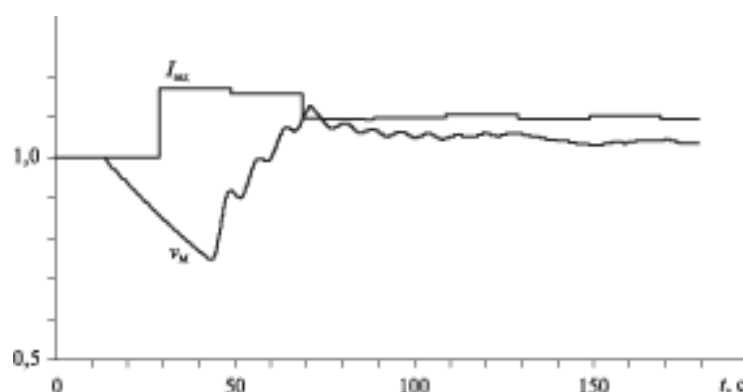


Рисунок 4.3. Зміна механічної швидкості буріння v_m та струму завдання $I_{\text{завд}}$ при реакції цифрової АСУ РБ на стрибок тиску в затрубному просторі

Особливістю АСУ РБ з використанням РПД на базі електропорошкового гальма є її несиметрична реакція на начерк ($+\Delta U$) та скидання ($-\Delta U$) напруги гальма, що пояснюється продовженням вибурювання породи та поступовим зниженням навантаження на долото при

загальмовуванні барабана лебідки, оскільки пасивних РПД підйом інструменту або зворотне обертання підйомного валу неможливі.

При керуванні режимом буріння гідродвигуна зі змінним перепадом тиску необхідно враховувати гідромеханічні ефекти в системі з позитивним зворотним зв'язком (бурильна колона – ГВД – долото), в якій збільшення моменту, що крутить (наприклад, при входженні долота в пропласток більш моментомістких порід) призводить до зростання перепаду тиску у ГВД, що у свою чергу супроводжується подовженням бурильної колони і, як наслідок, призводить до відповідного збільшення осьового навантаження на долото і ще більшого зростання моменту, що крутить.[8] Подібний гідромеханічний ефект (рис. 4.4) у разі, якщо ГВД не має достатнього запасу моменту, може призвести до гальмування ГВД та зажадати корекції заданого навантаження на долото та витрати рідини. Інші можливі способи вирішення даної проблеми – заміна долота на менш моментомісткий або двигун на більш високомоментний.

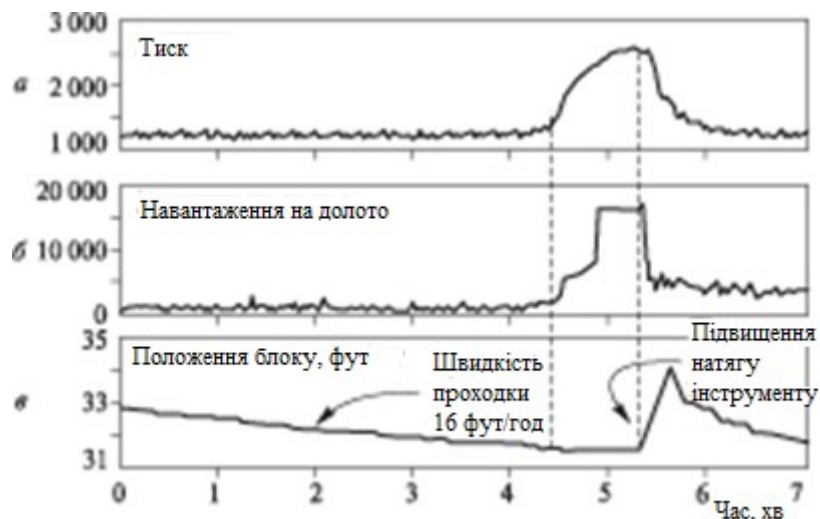


Рисунок 4.4. Зміна перепаду тиску у ГВД (а), навантаження на долото (б) та швидкості проходки (в) у процесі похило спрямованого буріння на обсадних трубах

При початковій установці навантаження на долото (переході від холостого режиму ГВД до робочого) при бурінні свердловин зі значним відхиленням від вертикалі необхідно враховувати відмінність статичного та динамічного коефіцієнтів тертя ковзання (на 25%), що потребує ретельного контролю та корекції показань ваги при нерухомому та переміщуваному бурильному інструменті (оскільки існує небезпека перевантаження ГВД від неврахованого 25% залишку сили тертя спокою).

При керуванні ЗД у разі використання в якості робочого агента флюїду, що стискається (газорідинні технології, буріння з безперервною колоною труб), необхідно враховувати гідродинамічні ефекти, що проявляються при зміні моменту сил опору на долоті в процесі буріння свердловини.

Різкий розгін або зупинка гідродвигуна, що відбуваються відповідно при зниженні або зростанні навантаження, часто є причинами того, що термін служби ГВД при використанні флюїдів, що стискаються, виявляється нижчим у порівнянні з традиційним бурінням на однофазній рідині.

Фізична сутність такої поведінки системи полягає в тому, що при зміні моменту навантаження на валу двигун не може швидко відреагувати на це обурення зміною перепаду тиску внаслідок стисливості флюїду всередині колони труб (бурильна колона в цьому випадку може розглядатися як протяжний акумулятор тиску). Зокрема двигун перестає обертатися, коли навантаження зростає, так як перепад тиску виявляється недостатнім для нового режиму навантаження.

Управління ГВД у газорідних технологіях утруднене, тому що зміни перепаду тиску в двигуні (як у стаціонарних, так і перехідних процесах) можуть не відпрацьовувати безпосередньо на тиску нагнітання наземного промивного насоса і не ідентифікуватися оператором.

Час, який потрібен для зміни тиску нагнітання, залежить від довжини і діаметра труб, витрати потоку, газоутримання і, зазвичай, становить від кількох хвилин до кількох годин, що несприятливо позначається ресурсі ГВД.

Осцилограми перехідних процесів, отримані в реальних умовах буріння із застосуванням колтюбінгу, підтверджують нездатність ГВД до швидкого реагування на зміну режиму навантаження на вибої, що призводить до частих зупинок та розгонів двигуна та зниження ефективності буріння та ресурсу ГВД.[13]

Раціональним способом усунення зазначених гідродинамічних ефектів є установка у вибійному компонуванні (найчастіше над ГВД) гідравлічного опору у вигляді насадки або сопла, що дозволяє двигуну практично миттєво реагувати на зміну навантаження.

При цьому додатковий перепад тиску в насадці у разі використання флюїду не суттєво впливає на тиск на виході з промивного насоса та енерговитрати в процесі буріння. Цей феномен пояснюється стисливістю газорідної суміші та збільшенням гідростатичного тиску, що скорочує необхідний тиск нагнітання.

4.3. Оптимізація режиму буріння

Оптимізація режиму буріння та оперативне керування вибійним гідродвигуном неможливі без відповідного *математичного моделювання процесу поглиблення стовбура свердловини.*

Механічна швидкість буріння у випадку представляється як степенева залежність

$$v_m = C \left(\frac{G}{D_d} \right)^a n^b,$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | |
| М | Дрк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

де C, a, b – емпіричні коефіцієнти, що залежать від типу долота та гірничо- геологічних умов.

З досвіду буріння ГВД відомо, що показники ступеня впливу режимних параметрів на рівні:

$a=1,25; b= 0,75$ для шарошечних долот;

$a=1,5; b=1$ для долот PDC.

Отже, при розрахунках можна прийняти лінійну залежність v_m від частоти обертання і представити її як функцію проходки на оборот v_m/n від питомого навантаження на долото:

$$\frac{v_m}{n} = C \left(\frac{G}{D_d} \right)^a.$$

Оскільки в робочій зоні ГВД мають високу жорсткість лінії $n - M$ (з несуттєвою залежністю швидкості від навантаження), то в першому наближенні можна прийняти наступну модель процесу буріння:

$$v_m \frac{V}{Q} = C^* \left(\frac{G}{D_d} \right)^a,$$

де V – робочий обсяг ГВД; C^* – коефіцієнт, що залежить від ступеня зносу робочої пари ГВД.

В.М. Плотніков на основі аналізу показників буріння ВЗД встановив, що залежність проходки на оборот від питомого навантаження має екстремальний характер [3] (рис. 4.5), що дозволяє виробити обґрунтовані підходи до вибору осьових навантажень та витрат рідини в різних умовах буріння.

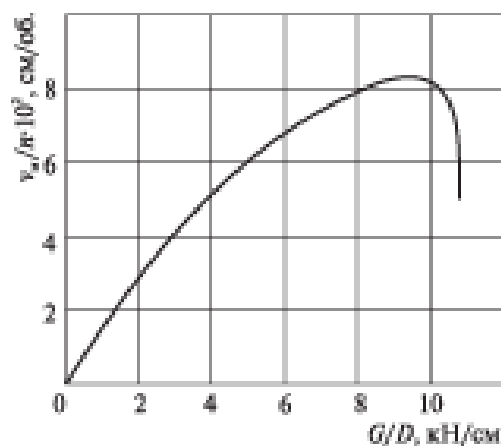


Рисунок 4.5. Залежність проходки на оборот від питомого навантаження на долото

Під час експлуатації ГВД багато організацій користуються програмами оптимізації процесу буріння. Так, В.О. Білорусовим розроблено програму, на основі якої здійснюється повне комп'ютерне моделювання процесу буріння. Інтегральним критерієм оптимальності є мінімум вартості метра проходки.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ПРЕДСТАВЛЕННЯ SCADA-СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БУРОВИМ СТАНКОМ F-400

Розробка системи буріння бурових систем створюється за допомогою SCADA SystemSwinks. Система SCADA базується на технології встановлення в галузі програмного забезпечення та вимагає використання комп'ютерних технологій у процесі зменшення потреби у надійності, вартості та безпеці. Система SCADA-WINCC використовує широкий сектор технологій Oracle, щоб допомогти клієнтам з різними типами продуктивності.

Система SCADA забезпечує великий діапазон драйверів або приводів/виходів. Це дозволяє підключитися до зовнішнього, некомп'ютерного компонента, в обсязі окремих програмних та апаратних модулів, створених розробниками.

| Переменные ПЛК | | | | | | | | | |
|----------------|------------------|-------------------|------------|--------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----|
| | Имя | Таблица переменн. | Тип данных | Адрес | Удер... | Досту... | Запис... | Отоб... | Ком |
| 1 | tit_001 | Default tag table | Int | %MW22 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 2 | tit_002 | Default tag table | Int | %MW2 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 3 | pit_001 | Default tag table | Int | %MW4 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 4 | pit_003 | Default tag table | Int | %MW6 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 5 | fit_001 | Default tag table | Int | %MW8 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 6 | AO_PID | Default tag table | Int | %QW10 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 7 | LIT_001 | Default tag table | Int | %MW12 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 8 | Clock_Byte | Default tag table | Byte | %MB0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 9 | Clock_10Hz | Default tag table | Bool | %M0.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 10 | Clock_5Hz | Default tag table | Bool | %M0.1 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 11 | Clock_2.5Hz | Default tag table | Bool | %M0.2 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 12 | Clock_2Hz | Default tag table | Bool | %M0.3 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 13 | Clock_1.25Hz | Default tag table | Bool | %M0.4 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 14 | Clock_1Hz | Default tag table | Bool | %M0.5 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 15 | Clock_0.625Hz | Default tag table | Bool | %M0.6 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 16 | Clock_0.5Hz | Default tag table | Bool | %M0.7 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 17 | System_Byte | Default tag table | Byte | %MB1 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 18 | FirstScan | Default tag table | Bool | %M1.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 19 | DiagStatusUpdate | Default tag table | Bool | %M1.1 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 20 | AlwaysTRUE | Default tag table | Bool | %M1.2 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 21 | AlwaysFALSE | Default tag table | Bool | %M1.3 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 22 | Tag_1 | Default tag table | Bool | %M25.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 23 | Tag_2 | Default tag table | Word | %MW106 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 24 | Tag_3 | Default tag table | Bool | %M11.0 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |

Рисунок 5.1 – Теги управління

Програма написана у LAD. За допомогою команд ми добре контролюємо систему буріння нафти. Програма була описана в головному блоці (OB1). У головному блоці (OB1) було введено два режими управління, а також були описані автоматичні та ручні режими роботи та надзвичайні ситуації.

Спочатку розглянемо режим автоматичного управління (рис 5.2).

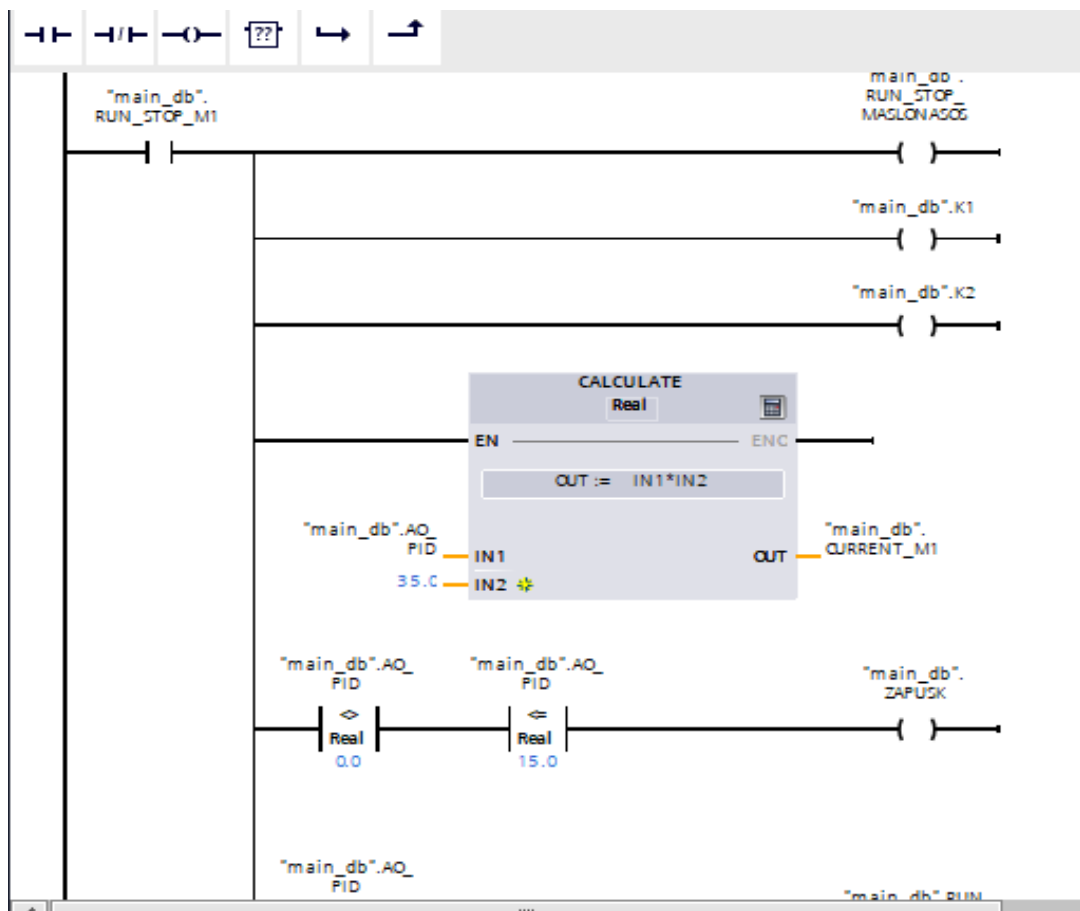


Рисунок 5.2 – Блок запуску програми

Коли натиснута кнопка RUN_STOP_M1, масляний насос запускається спочатку, обхід К1 та К2 відкриваються. У розрахунковому блоці ми визначаємо силу струму.

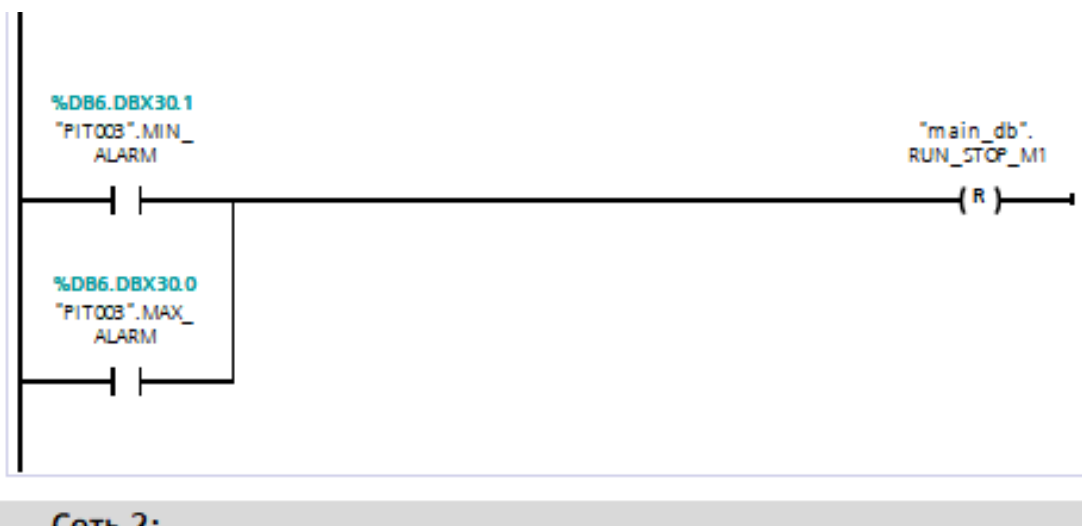


Рисунок 5.3 – Дві аварійні умови масляного насоса

Якщо викликається мінімальне та максимальне значення, то значення скидаються, тобто аварія викликається (рис 5.3).

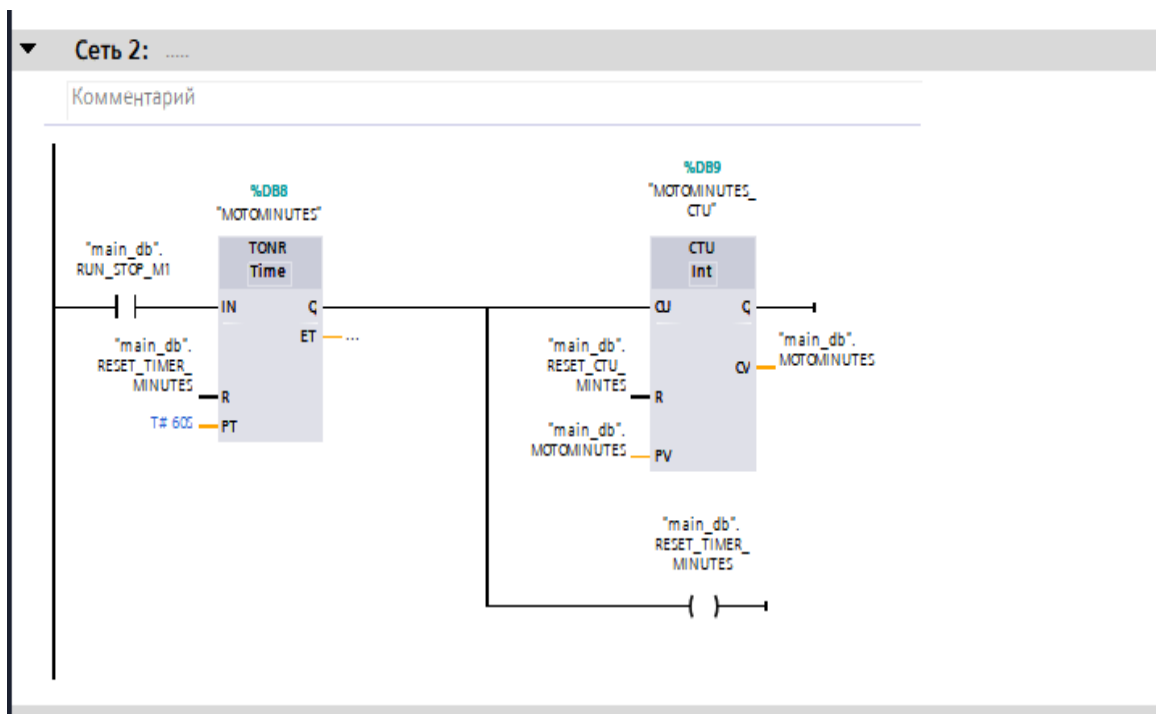


Рисунок 5.4 – Мотогодини

Мотогодини (рис. 5.4) використовуються для правильної роботи насосів. Мотори працюють таким чином, що при натисканні кнопки RUN_STOP_M1 ввімкнено газовий насос, а кожні 60 секунд є рахунком хвилин.

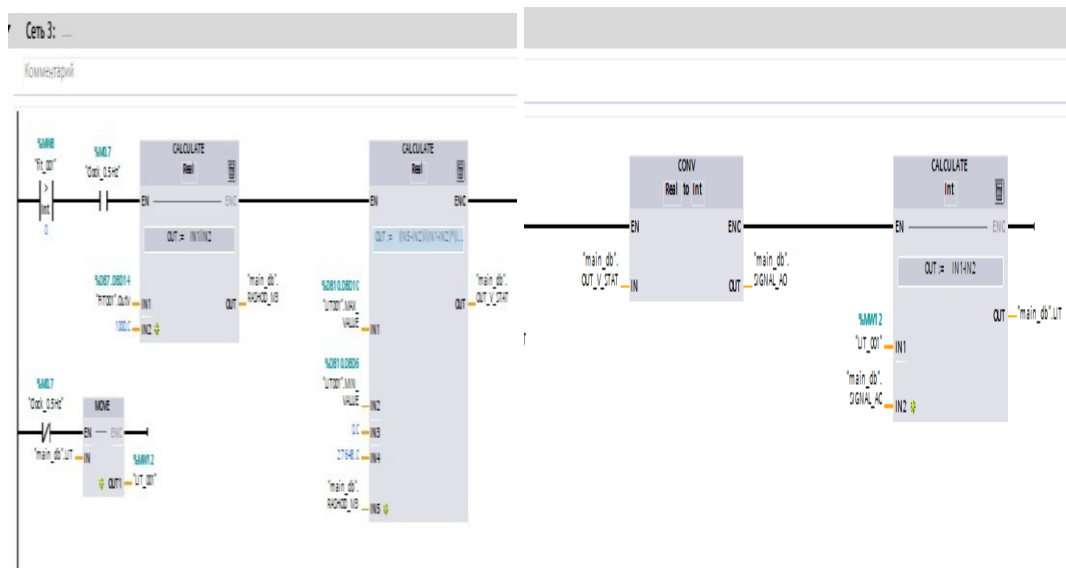


Рисунок 5.5 – Блок дослідження витрати і тиску бурого розчину.

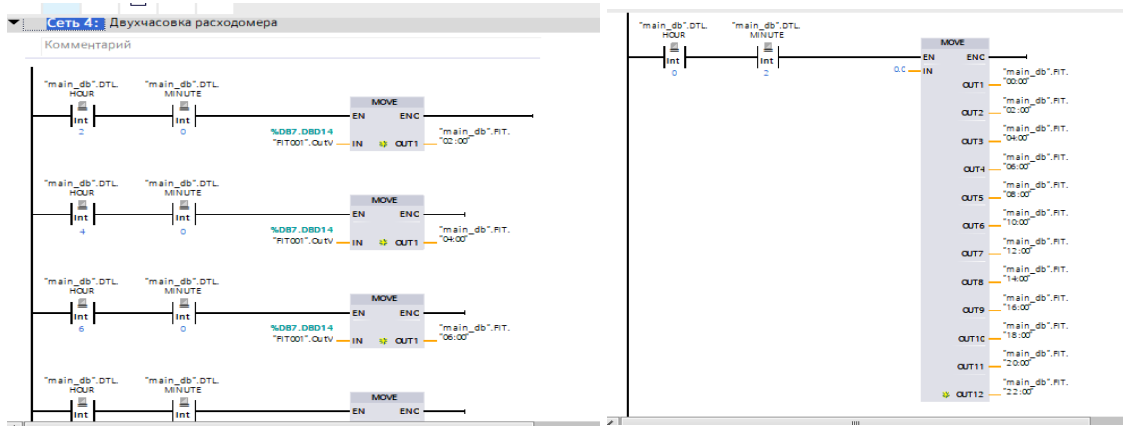


Рисунок 5.6 – Блок дослідження витрати рідини при охолодженні головного двигуна

```

IF... CASE... FOR... WHILE... REGION
OF... TO DO... DO... (*..*)

#SUMM := #02:00" + #04:00" + #06:00" + #08:00" + #10:00" + #12:00" + #14:00" + #16:00" + #18:00" + #20:00" + #22:00" + #24:00";

```

Рисунок 5.7 – Формула для розрахунків витрати бурового розчину за добу.

| Имя | Тип данных | Смеще... | Значение по у... | Доступно ч.. | Запис.. | Отображ... | Заданное.. | Комме |
|-----|------------|----------|------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|
| 1 | ▼ Input | | | | | | | |
| 2 | 02:00 | Real | 0.0 | 0.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 3 | 04:00 | Real | 4.0 | 0.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 4 | 06:00 | Real | 8.0 | 0.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 5 | 08:00 | Real | 12.0 | 0.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 6 | 10:00 | Real | 16.0 | 0.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 7 | 12:00 | Real | 20.0 | 0.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 8 | 14:00 | Real | 24.0 | 0.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 9 | 16:00 | Real | 28.0 | 0.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 10 | 18:00 | Real | 32.0 | 0.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 11 | 20:00 | Real | 36.0 | 0.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 12 | 22:00 | Real | 40.0 | 0.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 13 | 24:00 | Real | 44.0 | 0.0 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 14 | ▼ Output | | | | | | | |

Рисунок 5.8 – Результати розрахунку витрати бурового розчину за добу.

У випадку розрахунку за добу, наведеного на рис 5.8, витрата зчитувалася кожні дві години впродовж доби та в кінці доби підраховувалося загальне значення.

Враховуючи вищезазначені результати розрахунків, розроблено та створено SCADA-схему автоматизованого управління головним валом бурового станка F-400.

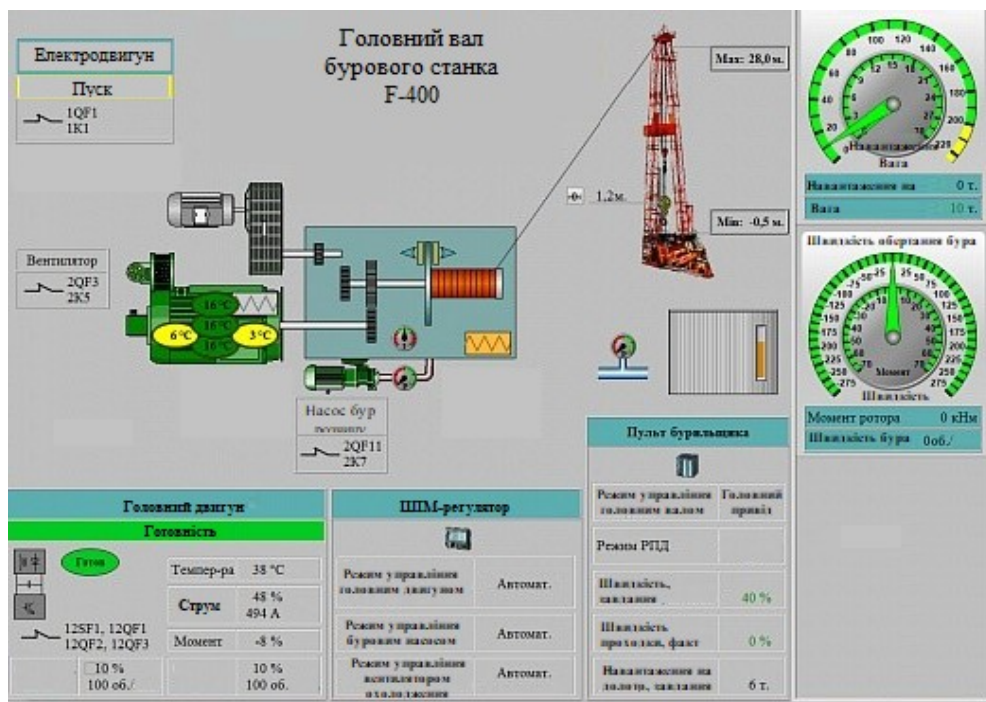


Рисунок 5.9 – SCADA-схема автоматичного управління головним валом бурового станка F-400.

ВИСНОВКИ

В рамках даного дипломного проекту проведено аналіз сучасного рівня автоматизації бурових установок. Описані технічні можливості та надано технічну характеристику бурового станка F-400. Проведено порівняльний аналіз сучасних бурових установок.

Виходячи з проведеного аналізу, об'єктом автоматизації обрано буровий станок F-400. Поставлено задачі проектування, що належать вирішенню в рамках проекту.

В розділі 2 описано концепцію автоматизованої системи керування буровою установкою. Для виконання поставлених завдань автоматизації створено функціональну схему автоматизації. Описано канали взаємодії між елементами системи, та принципи формування вхідних та вихідних параметрів.

Відповідно вищезначених завдань розроблені наступні контури управління технологічним процесом буріння: контур управління швидкістю обертання головного валу бурового станка F-400, контур управління охолодженням головного електродвигуна та контур управління подачею бурового розчину до зони буріння.

Обрано обладнання, що використовується для побудови об'єкта автоматизації. Здійснено вибір необхідного набору датчиків, ПЛК та виконавчі механізми.

На основі викладеної інформації створено:

- схему інформаційно-матеріальних потоків (див. додаток А)
- функціональну схему автоматизації (див. додаток Б)
- електричну принципову схему та (див. додаток В)

В рамках четвертого розділу виконано математичне дослідження ефективності автоматизованого управління буровою установкою.

П'ятий розділ присвячено описові програмного комплексу управління буровим станком F-400, детально розписано різні компоненти інтерфейсу користувача та проаналізовано прийоми роботи з ним. Розроблена енергоефективна та раціональна автоматизована система керування буровим станком F-400, що дозволить знизити витрати на послуги з обслуговування, звільнити задіяний до цих задач персонал від необхідності регулювати процеси в ручному режимі.

На цьому можемо вважати цілі та завдання даної роботи досягнутими та виконаними.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | 47 |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурове обладнання: навчальний посібник/В.Г. Крец, Л.А. Саруєв, В.Г. Лук'янов, А.В. Шадріна, В.А. Шмуригін, А.Л. Саруєв; Томський політехнічний університет. - Томськ: Вид-во Томського політехнічного університету, 2011. - 121 с.
2. Войтенко В.С. Технологія і техніка буріння: узагальнювальна довідкова книга / В.С. Войтенко, В.Г. Вітрик, Р.С. Яремійчук, Я.С. Яремійчук. - Львів: Центр Європи, 2012. – 708 с.
3. Гукасов Н.А., Коротаєв Ю.А., Плотніков В.М. Оптимізація параметрів промивання під час проведення свердловини гвинтовим вибійним двигуном. М., ВНДІОЕНГ, 2002.
4. Гутак О.В., Копистинський Л.О., Семенов Г.Н. Адаптація математичної моделі процесу буріння нафтових і газових свердловин електробурами в реальному часі. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології – 2016 : III Міжнародна наук.-практ. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 20-21 квітня 2016. Київ, 2016. С. 36-37.
5. Діскавері – бурове обладнання (Україна), Discovery Drilling Equipment, ТОВ «Діскавері – бурове обладнання (Україна)». Інтернет-джерело: <http://discoveryde.com/?lang=uk> Дата звернення: 28.05.2022.
6. Застосування бурових установок в нафтогазовидобуванні. Інтернет-джерело: <http://snkoil.com/press-tsentr/polezno-pochitat/primenenie-burovykh-ustanovok-v-gazo-i-neftedobyche>. Дата звернення: 23.05.2022.
7. Історія бурової справи в Україні. Інтернет-джерело: <http://first-drilling.com.ua> Дата звернення: 25.05.2022.
8. Копистинський Л.О., Кропивницька В.Б. Керування процесом буріння свердловин на засадах енергоінформаційного підходу. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології – 2017 : III Міжнародна наук.-практ. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 19-20 квітня 2017. Київ, 2017. С. 23-24.
9. Копистинський Л.О. Сумісні механічні характеристики електробурів і доліт. Нафтогазова енергетика. Івано-Франківськ. 2017. № 2(28). С. 95-102. ISSN 1993-9868.
10. Орловський В.М., Білецький В.С., Вітрик В.Г., Сіренко В.І. Бурове і технологічне обладнання. Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, НТУ «ХПІ», ТОВ НТП «Бурова техніка», Львів, Видавництво «Новий Світ – 2000», 2021. – 358 с.
11. Римчук, Д.В. Обладнання для буріння свердловин і видобут-ку нафти та газу : навч. посібник / Д.В. Римчук, В.В. Пономаренко, О.Л. Шудрик ; дар. Д.В. Римчук ; НТУ —ХПІІІ. – Харків : ХНАДУ, 2019. – 252 с.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |

12. E. Cayeux, A. Ambrus, L. Øy, A. Helleland, S. Brundtland, H. Nevøy, M. Morys, Analysis of Torsional Stick-Slip Situations from Recorded Downhole Rotational Speed Measurements, SPE Drilling & Completion (2021) 1–15. URL: <https://doi.org/10.2118/199678-PA>. doi:10.2118/199678-PA.

13. Elmgerbi A., Thonhauser G., Prohaska M., Nascimento A., Roohi A. Application of Computer Programming to Estimate Volumetric Change of an Active Drilling Fluid System Cause by Elastic Deformation of an Open Borehole Section Wall. Global Journal of Computer Science and Technology. Vol. 16, Issue 3, Version 1. 2016. P. 15–30. URL: <http://www.researchgate.net/publication/310604690>.

14. Копыстynsky L., Крoпыvнытска V., Лaгoйдa A., Сeмeнтoв G. Analysis of Interrelations Between the Criteria Of Optimal Control Over The Process of Drilling the Wells. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 2/3 (86) : Control Processes. 2017. P. 40-50. ISSN 1729-3774 (індексується та реферується наукометричними базами Scopus, OpenAIRE, BASE, Index Copernicus та ін.).

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | СУ-81.6.151.26.ПЗ | Лист |
| ЗМН | | | | | | |
| М | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 47 |