

## КОМПЛЕКС ЗАСОБІВ НАЗЕМНОГО КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ БУРІННЯ І РЕМОНТУ НАФТОВИХ ТА ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН СКУБ-М2-00

**Воцинський В.С., Воцинський В.В., Андрук М.С.**

*Спеціальне конструкторське бюро засобів автоматизації*

Розроблення власних газових родовищ, розгортання видобутку газу та його перероблення для потреб з раціональним споживанням є наріжним каменем забезпечення розвитку економіки України. Вирішення цієї задачі реалізують шляхом ремонту законсервованих свердловин а також буріння нових. Найбільш поширеним є ремонт законсервованих свердловин, який дає результат при невеликих затратах, застосовуючи для цього мобільні установки зарубіжного виробництва типу IRI-100, IRI-125, IRI-160 (США) та TW-125 (Румунія). Але вказані установки не є новими і, відповідно, не мають засобів контролю параметрів буріння, що затрудняє виконання ремонт і буріння свердловин.

В статті приведені технічні рішення, які є предметом дослідження та розроблення комплексу засобів наземного контролю та управління процесом буріння і ремонту нафтових та газових свердловин типу СКУБ-М2-00 (далі – комплекс), а його застосування дозволяє контролювати параметри буріння свердловин.

Структурно комплекс СКУБ-М2-00 має в своїй структурі технічні засоби для централізованого контролю процесу буріння та ремонту нафтових і газових свердловин. До структури комплексу входять структурні частини згідно табл. 1.

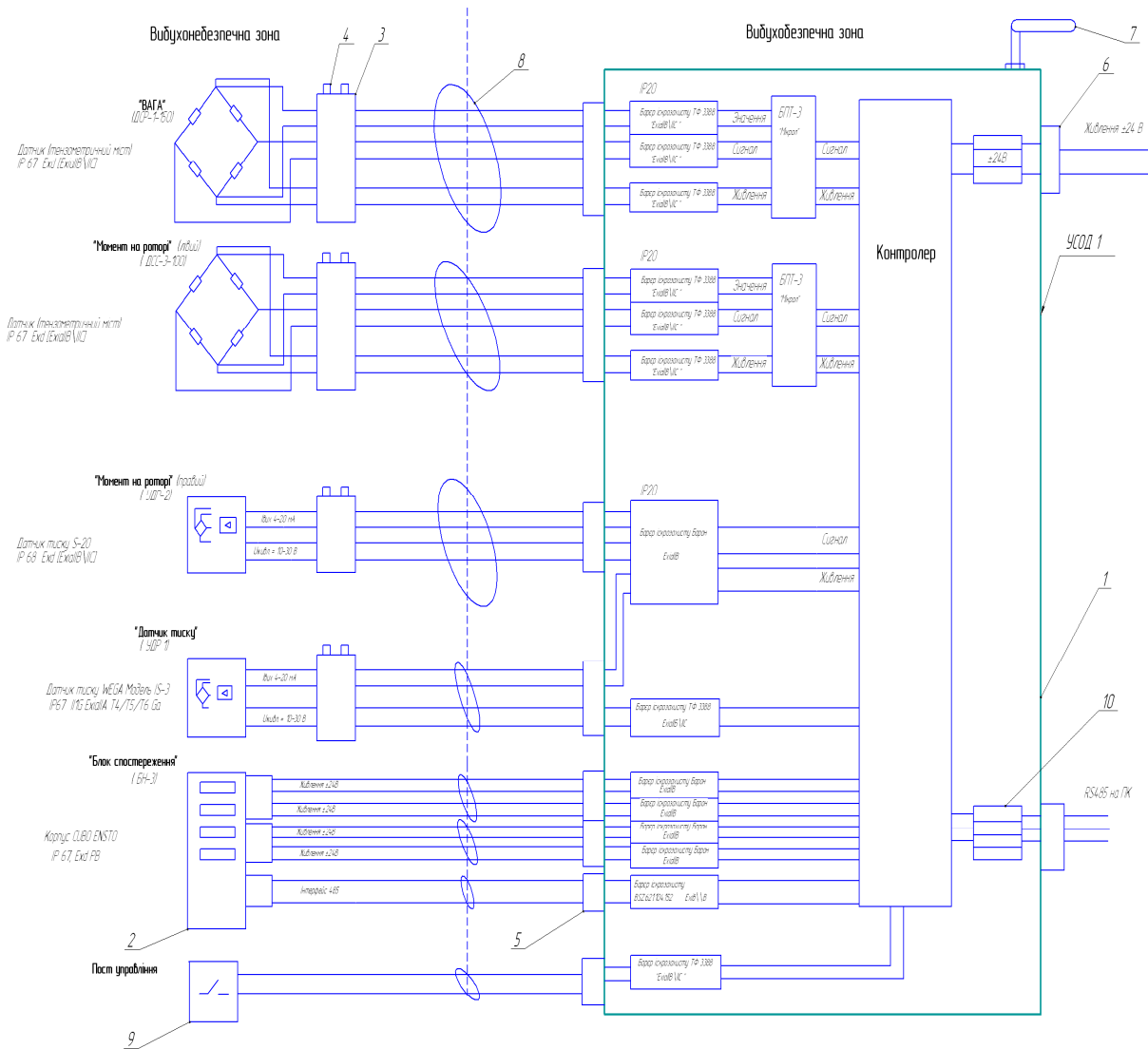
**Таблиця 1. Структурні частини комплексу СКУБ-М2-00**

Найменування	Кількість
1 Пристрій збирання та оброблення даних УСОД 1	1 шт.
2 Блок спостереження БНЗ (пульт бурильника)	1 шт.
3. Датчик сили на гаку ДСП1-1-150 (навантаження)	1 шт.
4. Датчик моменту на роторі механічному (правий) УДР1-1	1 шт.
5. Датчик моменту на роторі механічному (лівий) ДСС1-100	1 шт.
6. Датчик моменту на роторі гідравлічному УДР1-1	1 шт.

В залежності від типу бурової установки та типу її ротора (механічний, гідравлічний) робоча структура комплексу буде змінною, а саме:

1). для бурової установки з механічним ротором необхідно застосовувати: пристрій збирання та оброблення даних УСОД 1, блок спостереження БНЗ (пульт бурильника); датчик сили на гаку ДСП1-1-150 (навантаження), датчик моменту на роторі механічному (правий) УДР1-1, датчик моменту на роторі механічному (лівий) ДСС1-100;

2) для бурової установки з гідравлічним ротором необхідно застосовувати: пристрій збирання та оброблення даних УСОД 1, блок спостереження БНЗ (пульт бурильника); датчик сили на гаку ДСП1-1-150 (навантаження), датчик моменту на роторі гідравлічному УДР1-1.



1– блок УСОД1, 2– блок спостереження БНЗ, 3– коробка з'єднувальна, 4–гермоввід кабелів; 5–гермоввід інтерфейсного кабеля; 6–гермоввід для радіоантени; 7–радіоантена; 8–екран кабеля; 9–кнопка управління; 10–клемна колодка

Рисунок 1– Структурна схема комплексу СКУБ-М2-00

Комплекс реалізує наступні функції згідно табл.2.

Датчики комплексу, встановлені на технологічному обладнанні бурові, установки формують електричні сигнали вимірювальної інформації про хід технологічного процесу буріння (ремонт свердловин), які вводяться в пристрій збирання та оброблення даних УСОД 1. В свою чергу пристрій УСОД1 забезпечує передачу сигналів на блок спостереження БНЗ (пульт бурильника) і комп'ютер. Керування роботою комплексу здійснюється з допомогою кнопок блока БНЗ.

Контролер пристрою УСОД1 забезпечує формування масиву даних про процес буріння і передачу його по інтерфейсу на компютер.

Таблиця 2– Функції виконувані комплексом

Найменування функції	Умовне позначення параметра
1 Вимірювання параметрів	G,ΔG,Mr,
2 Відображення інформації в цифровому виді (у бурильника)	G,ΔG,Mr.
3 Реєстрація інформації в графічному виді (на принтері)	G,ΔG,Mr,
4 Реєстрація інформації в цифровому виді (на принтері)	G,ΔG,Mr,
5 Контроль виходу параметра за встановлені межі (на моніторі комп'ютера)	G,Mr,
6 Світлова сигналізація виходу параметра за встановлені межі (на моніторі комп'ютера)	G,Mr,
7 Вивід аналогових сигналів	G,Mr,
9 Формування файлів даних про процес буріння, забезпечення їх зчитування і передачі за допомогою інтерфейсу послідовної передачі даних RS-485 по лінії зв'язку та радіо	G,ΔG,Mr,

Канал контролю навантаження на гаку. Навантаження на гаку (вага інструмента) визначається за величиною зусилля натягу нерухомого кінця талевого канату, яке створюється з допомогою конструкції датчика ДСР1-1-150. Електричний сигнал датчика (4-20) мА, який пропорційний навантаженню на гаку, поступає на аналоговий вхід УСОД1. Оброблений в пристрої УСОД1 сигнал G поступає в БНЗ і комп'ютер по інтерфейсу RS485, де відображається навантаження на гаку. Сформовані в інформаційному кадрі дані про навантаження на гак з пристрою УСОД1 передаються по інтерфейсу RS485 на комп'ютер згідно запиту. В УСОД1 сигнал G порівнюється із заданим значенням максимально допустимого зусилля «ВАГА, % max» (уставкой), встановленим в робочі станції. В результаті порівняння формуються сигнали: 1).сигнал тривоги - по інтерфейсу на індикатор ВАГА сигналізації пульта блока БНЗ; 2).сигнал ВАГА - на УСОД1.

Канал контролю осьового навантаження на буровий інструмент. Осьове навантаження на буровий інструмент в процесі буріння визначається по шкалі блока БНЗ шкала якого установлюється в нульове положення з подачі сигналу оператором перед введенням обертання інструмента в контакт із забоем свердловини (перед початком буріння) шляхом натиску на кнопку ЗАБІЙ на пульті [1]. В результаті чого в УСОД1 проходить віднімання сигналів

$$G1-G0=\Delta G, \quad (1)$$

де  $G0$  - сигнал зусилля до установки інструмента на забій;  $G1$  - сигнал зусилля після встановлення інструмента на забій. Віднімання сигналів здійснюється автоматично. Електричний сигнал  $\Delta G$  (4-20)мА, пропорціональний осьовому навантаженню на буровий інструмент поступає з пристрою УСОД1 в блок БНЗ. Сформовані в інформаційному кадрі дані про осьове навантаження з пристрою УСОД1 по інтерфейсу RS485 передається на комп'ютер згідно його запиту.

Канал контролю крутного моменту на механічному роторі (праве обертання). Крутний момент на механічному роторі визначається по величині зусилля натягу ланцюгової передачі, яке перетворюється в тиск в гідравлічній системі, а його

значення вимірюється пристроєм вимірювання тиску УДР1-2, з врахуванням передавального відношення зірочок ланцюгової передачі та механічного ротора згідно нижче приведених формул. Схема вимірювання крутного моменту на механічному роторі зображена на рисунку 2.

Відповідно із приведеною схемою (рис.2) вимірюваний момент на механічному роторі бурової установки визначаємо за формулою (2)

$$M_{rot} = F_{дат} \times \kappa, \quad (2)$$

де  $\kappa = (D1 \times n2) / (4 \times \sin \beta)$ ;  $n2$  – передавальне число ротора, ( $n2 = 3,58$ );  $D1=D2$  - діаметри зірочок ланцюгової передачі – відповідно  $n1=1$ ;  $F_{дат}$  - зусилля, яке діє на зірочку датчика момента  $F_{дат} = 2 F_{ланц} \times \sin \beta$ ;  $M_{rot}$  – момент на столі ротора  $M_{rot} = M_{вх} \times n2$ , а  $M_{вх}$  - момент на вхідному валу ротора,  $M_{вх} = F_{ланц} \times D1/2$ , і сила натягу ланцюга визначається, як  $F_{ланц} = F_{дат} / 2 \sin \beta$ ,

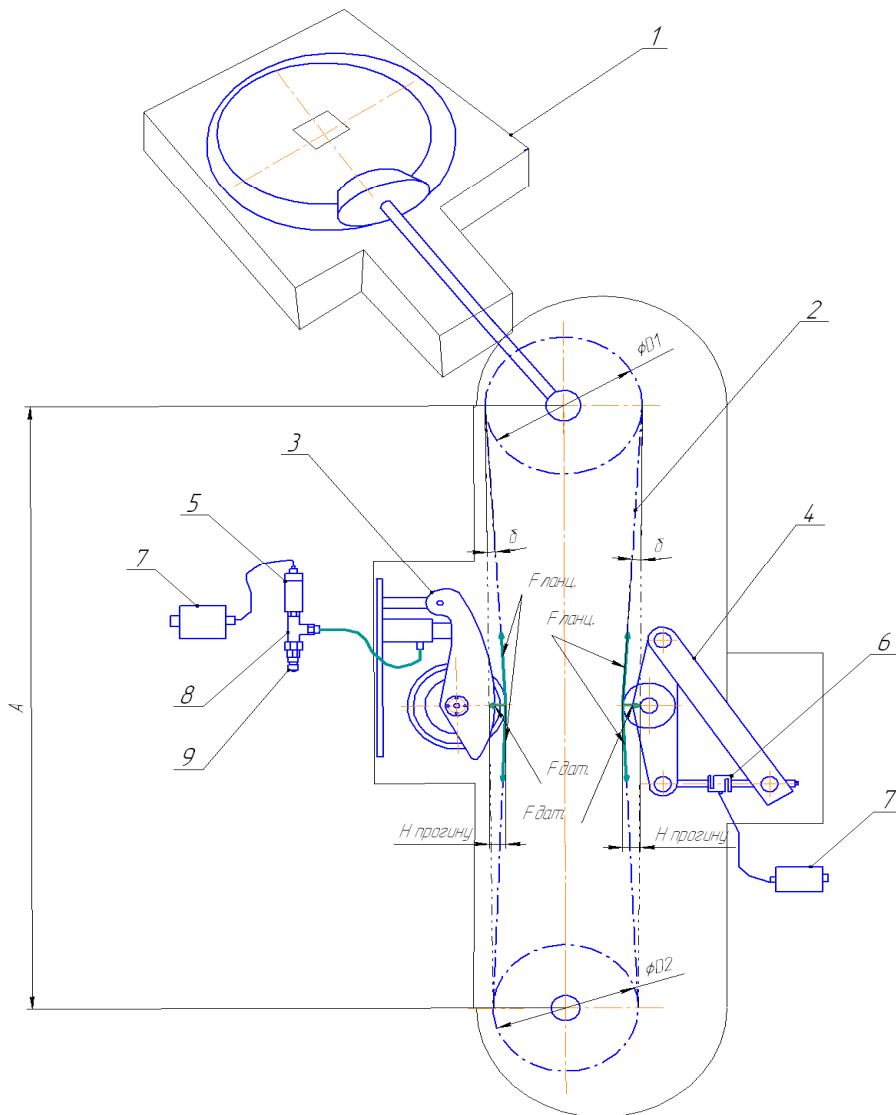
Електричний сигнал (4-20) мА, який відповідає крутному моменту на роторі, поступає на аналоговий вхід УСОД1. Оброблений сигнал  $M_p$  поступає в БНЗ а сформовані в інформаційному кадрі дані про момент на роторі від УСОД1 по інтерфейсу RS485 передаються на комп'ютер по запиті. В УСОД1 сигнал  $M_p$  порівнюється із заданим значенням максимально допустимого моменту “Момент роторі max” (вставка), в програмному забезпеченні компютера. В результаті порівняння формується сигнал сигналізації, який поступає по інтерфейсу на індикатор МОМЕНТ сигналізації пульта БНЗ.

*Канал контролю крутного моменту на механічному роторі (ліве обертання).* Крутний момент на механічному роторі визначається по величині зусилля натягу ланцюгової передачі, яке перетворюється в електричний сигнал 4-20 мА датчиком ДСС1-100, з врахуванням передавального відношення зірочок ланцюгової передачі та механічного ротора згідно приведених формул (2.2).

Електричний сигнал (4-20) мА, який відповідає крутному моменту на роторі, поступає на аналоговий вхід УСОД1. Оброблений сигнал  $M_p$  поступає в БНЗ а сформовані в інформаційному кадрі дані про момент на роторі від УСОД1 по інтерфейсу RS485 передаються на комп'ютер по запиті. В УСОД1 сигнал  $M_p$  порівнюється із заданим значенням максимально допустимого моменту “Момент роторі max” (вставка), в програмному забезпеченні компютера. В результаті порівняння формується сигнал сигналізації, який поступає по інтерфейсу на індикатор МОМЕНТ сигналізації пульта БНЗ.

Наявність сигналу  $M_p$  в комплексі визначається технологічним процесом, який проводиться в даний час на буровій установці, тобто сигнал  $M_p$  подається тільки в процесі буріння або ремонту свердловини.

*Канал контролю крутного моменту на гідравлічному роторі (праве і ліве обертання).* Крутний момент на гідравлічному роторі визначається по тиску в гідравлічній системі ротора, який пропорційний крутному моменту і який перетворюється в електричний сигнал 4-20 мА датчиком УДР1-2.



**1–ротор, 2–ланцюгова передача, 3–датчик моменту, 4–притисний ролик, 5–перетворювач тиску S-20, 6–перетворювач сили НЗ-СЗ-11-ЗВ-Д41, 7–клемна коробка, 8–трійник, 9–з’єднання БРС.**

**Рисунок 2– Схема вимірювання крутного моменту на механічному роторі**

Електричний сигнал (4-20) mA, який відповідає крутному моменту на роторі, поступає на аналоговий вхід УСОД1. Оброблений сигнал  $M_p$  поступає в БНЗ а сформовані в інформаційному кадрі дані про момент на роторі від УСОД1 по інтерфейсу RS485 передаються на комп’ютер по запиті. В УСОД1 сигнал  $M_p$

порівнюється із заданим значенням максимально допустимого моменту “Момент роторі max” (вставка), в програмному забезпеченні компютера. В результаті порівняння формується сигнал сигналізації, який поступає по інтерфейсу на індикатор МОМЕНТ сигналізації пульта БНЗ.

Датчик сили ДСП1-1-150 призначений для контролю навантаження на гак шляхом перетворення зусилля на канаті, в вихідний електричний сигнал 4-20 мА. Датчик сили ДСП1-1-150 складається із перетворювача сили F9204 і клемної колодки. Діапазон вимірювання датчика 0-15 т., Датчик має захист від зовнішніх факторів IP66. Кріплення датчика на канаті здійснюють відповідно з рисунком Б1 (додаток Б)..

Пристрій вимірювання тиску УДР1-1 призначений для контролю моменту на роторі механічному (праве обертання) шляхом перетворення тиску пропорційного моменту, в вихідний електричний сигнал 4-20 мА. Пристрій вимірювання тиску УДР1-01 складається із перетворювач тиску тиску S-20 і клемної колодки. Діапазон вимірювання перетворювача 0...60 бар (0...6 МПа), вихідний сигнал 4-20 мА. Перетворювач має захист від зовнішніх факторів IP67. Для підєднання до гідросистеми датчик має різьбу M12\*1. Перетворювач зображений на рисунку Б2 (додаток Б).

Пристрій вимірювання тиску УДР1-2 призначений для контролю моменту на роторі гідравлічному (праве і ліве обертання) шляхом перетворення тиску пропорційного моменту, в вихідний електричний сигнал 4-20 мА. Пристрій вимірювання тиску УДР1-02 складається із перетворювача тиску VEGABAR17 (тип BR17.AGDХBBQA4ZZUZ) і клемної коробки. Датчик має ступінь вибухозахисту АТЕХ II 1/2G, 2G Ex іа ІІС Т6 та захист від зовнішніх факторів IP67. Діапазон вимірювання надлишкового тиску 0...+250 бар (0...+25000 kPa). Для підєднання до гідросистеми перетворювач має різьбу G<sup>1</sup>/<sub>2</sub>B. Перетворювач зображений на рисунку Б3 (додаток Б).

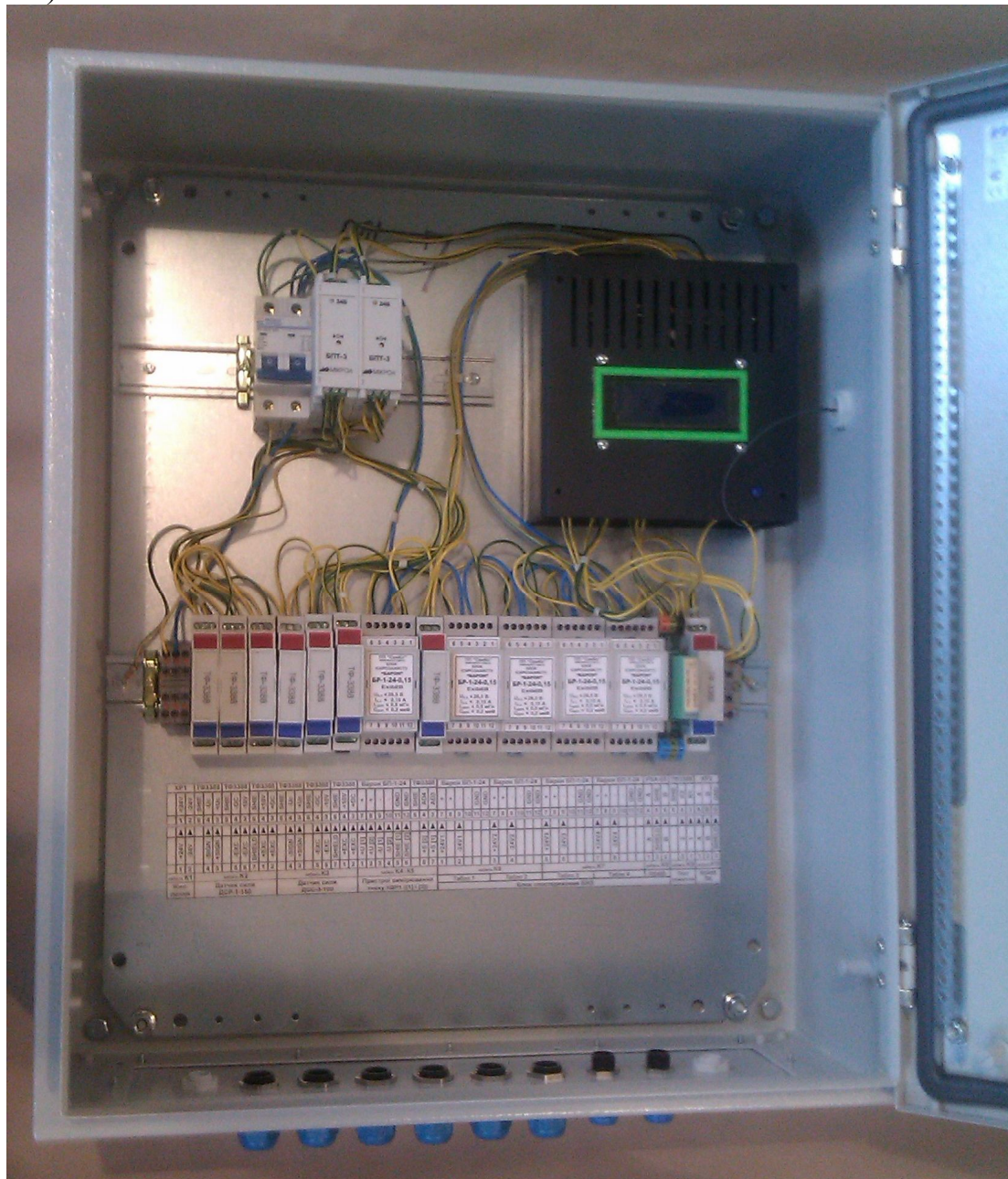
Датчик сили ДСС1-100 призначений для контролю моменту на роторі механічному (ліве обертання) шляхом перетворення натяжного зусилля на ролику ланцюгової передачі пропорційного моменту, в вихідний електричний сигнал 4-20 мА. Датчик сили ДСС1-100 із перетворювача НЗ-СЗ-11-3В-Д41 та клемної коробки. Клас захисту від зовнішніх факторів IP67 по EN 60 529. Момент на механічному роторі визначається по формулі (2.2). Перетворювач зображений на рисунку Б4 (додаток Б).

Пристрій збирання та оброблення даних УСОД1 призначений для забезпечення живлення складових частин комплексу, реалізації функції збирання та оброблення сигналів від датчиків технологічних параметрів процесу буріння нафтових і газових свердловин, оброблення інформації, переводу в одиниці фізичних величин, масштабування і обмін даними з пультом БНЗ і комп'ютером в режимі реального часу, створення інформаційного масиву і зберігання в його пам'яті, оформлення інформаційного кадра і передачу його на комп'ютер. Пристрій УСОД1 конструктивно виконаний в виді герметизованого навісного контейнера, з одностворчатою дверкою із внутрішніми замками. На корпусі контейнера

встановлені кабельні гермовводи і елемент заземлення . Внутрі корпуса встановлені, блоки живлення, модуль процесора , барери іскрозахисту .

Блоки живлення призначені для перетворення напруги напруги  $\pm 24$  V, для дистанційного або місцевого включення живлення комплексу. Конструкція і порядок роботи блоків живлення описані в їх експлуатаційних документах. Зовнішнє підключення блоків здійснюється при допомозі з'єднувачів.

На рис.3. зображений пристрій збирання та оброблення даних УСОД1 (двері відкриті)



*Рисунок 3– Пристрій збирання та оброблення даних УСОД1*

Для управління вимірюванням навантаження на гак або на долото передбачено пульт ПУ1М, який призначений для переключення приладу відліку навантаження на гак в нульове положення та вимірювання осьового навантаження на інструмент,

індикації цього переключення і формування сигналу про досягнення інструментом вибою по команді оператора-бурильника.

Контролер, який реєструє, накопичує, архівує та передає на комп'ютер значення параметрів ваги інструменту, навантаження та часу, за який змінюються ці параметри, підключається за допомогою інтерфейсного кабеля по RS485. Пульт ПУ1М розміщений конструктивно в зоні пульта керування бурового майстра біля блока спостереження БНЗ.

Блок спостереження БНЗ (пульт бурильника) призначений для відображення інформації про контрольовані параметри у зручній формі для сприйняття буровим майстром. Параметри, які підлягають контролю приведені в таблиці 3.

*Таблиця 3–Перелік параметрів, що підлягають контролю.*

Найменування, одиниця виміру контрольованого параметра	Умовне позначення	Верхня межа контрольованого параметра (необхідне підкреслити)
1. Вага на гаку, kN (т)	G	1500 (150)
2. Осьове навантаження на буровий інструмент, kN	$\Delta G$	не нормується
3. Крутильний момент на роторі (механічному) правого обертання, kN.m (т.м)	Mp	50 (5)
4. Крутильний момент на роторі (механічному) лівого обертання, kN.m (т.м)	Mp	50 (5)
5. Крутильний момент на роторі (гідранічному) правого та лівого обертання при максимальному значенні тиску на роторі 20 МПа; kN.m (т.м)	Mp	12 (1.2)

На рис.4 зображений блок спостереження БНЗ

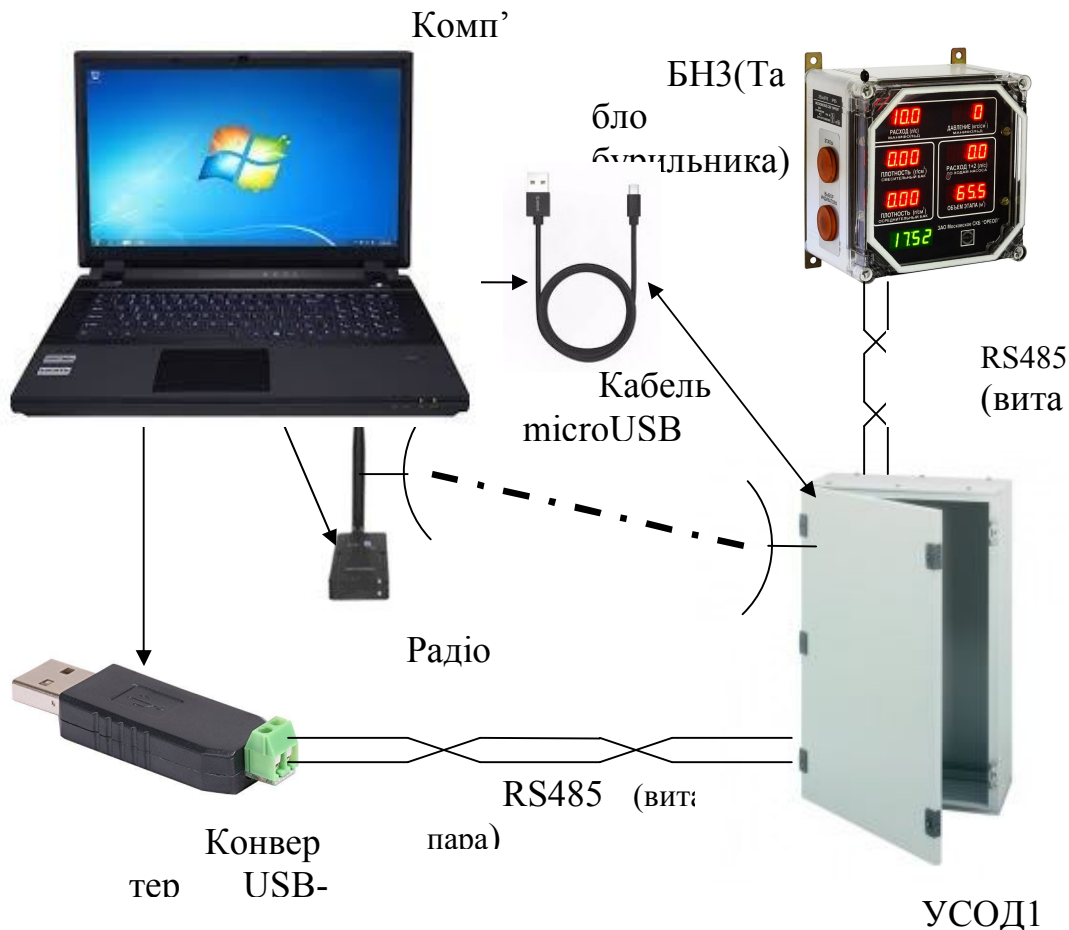


*Рисунок .4 Блок спостереження БНЗ.*



Передача інформації між блоками УСОД1, БНЗ і комп'ютером здійснюється відповідно до схеми зображені на рис.5. В комплексі передбачено передачу інформації:

- від блока УСОД1 до блока спостереження БНЗ (пульта бурильника) і від блока УСОД1 до компютера через конвертор USB по витій парі RS-485;
- від блока УСОД1 до комп'ютера по радіозв'язку через радіо модуль.



**Рисунок 5– Схема передачі інформації в комплексі СКУБ-М2 між блоками УСОД1, БНЗ і комп'ютером**

Для блока комп'ютера з програмним забезпеченням застосовуються наступні команди:

: Б Б К К Д Д К С <13> <10>

Початок Номер блоку Команда Дані Конт. сума

:015E00A1<13><10> – запит часу модуля управління

:015F00A0<13><10> – запит дати модуля управління

:0160009F<13><10> – запит дня тижня модуля управління

:01610C0000DE<13><10> – встановлення часу для модуля управління

:0162120707E19C<13><10> – встановлення дати для модуля управління

:0163029A<13><10> – встановлення дня тижня для модуля управління

- :0164009В<13><10> – перехід у режим передачі файлів
- :0165009А<13><10> – запит Навантаження на гак, кН(кг)
- :01660099<13><10> – запит Моменту на роторі 1, кН(кг/см<sup>2</sup>)
- :01670098<13><10> – запит Моменту на роторі 2, кН(кг/см<sup>2</sup>)
- :01680097<13><10> – запит Тиску на роторі, МПа (кг/см<sup>2</sup>)
- :01690096<13><10> – запит Ваги інструменту, кН (кгс)

Пристрій збирання та оброблення даних УСОД1 експлуатується поза вибухонебезпечною зоною, і забезпечує іскробезпечним живленням структурні частини комплексу, які застосовні у вибухонебезпечній зоні. Іскробезпечність живлення структурних частин комплексу забезпечується тим, що на виході кожної лінії встановлений бар'єр іскрозахисту, який обмежує параметри живлення згідно ГОСТ Р51330.0-99, ГОСТ Р51330.10-99. Пристрій УСОД розміщений в металічній шафі ІР65 розміром 600х500х200. Кабельний ввід, вид вибухозахисту «Підвищена безпечність», ІР68, виконання з синьою накидною гайкою – для вводу іскробезпечних електричних кіл. Клемна колодка прохідна пружинна Ex.

Структурні частини комплексу: блок спостереження БНЗ, датчик сили на гаку ДСР1-1-150, датчик моменту на роторі механічному (правий) УДР1-1, датчик моменту на роторі механічному (лівий) ДСС1-100 є вибухозахищеними. Датчик моменту на роторі гідравлічному УДР1-2 має вибухозахищене виконання. На вході живлення всіх приладів передбачено бар'єр іскрозахисту. Виконання приладів відповідає вимогам ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ12.2.020-76, ГОСТ Р51330.0-99, ГОСТ Р51330.10-99, Правил устроюства електроустановок (изд.6, 1998р.). Блок спостереження БНЗ розміщений в корпусі із полікарбоната з прозорою кришкою ІР67 CUBO ENSTO. Коробки з'єднувальні в корпусі полікарбонатному G212MF Gainta ІР67. Кнопка управління має захист ІР65.

Структурні частини комплексу СКУБ-М2-00 мають маркування іскрозахисту **1ExibIIbT5** в комплекті з УСОД1, а перетворювач тиску VEGABAR17 датчика моменту на роторі гідравлічному УДР1-1 має вибухозахищене виконання **1ExibIIbT5**.

Застосування у вибухонебезпечних зонах комплексу СКУБ-М2-00 відповідає зоні 1, групі ІІВ, температурі Т5 згідно вимог безпеки в нафтовій і газовій промисловості. Вибухобезпечність (ознака **Ex**) всіх приладів забезпечується іскробезпечною мережею (ознака **ib**). Іскробезпечна мережа забезпечується наступними технічними рішеннями:

- 1). живлення всіх приладів, які розміщені у вибухонебезпечній зоні здійснюється шляхом обмеження потужності струму;
- 2). всі елементи бар'єрів захисту є нерозбірні, не підлягають ремонту, залиті компаундом;
- 3). друковані плати електричними елементами покриті ізоляційним лаком;
- 4). на платах друкованого монтажу провідники іскробезпечних кіл, гальванічно зв'язані з іскробезпечними колами окремим екраном не менше.

Калібрування комплексу передбачено по-канально.

Застосування комплексу за призначенням дозволяє здійснювати контроль параметрів буріння та ремонту з високою точністю, реєстрацію цих параметрів, їх зчитування з допомогою комп'ютера та архівування, що є надзвичайно важливим для ефективного ремонту та буріння свердловин.

**Перелік використаних джерел:**

*І.Воциньський В.С., Ролик В.А. Комплект приладів вимірювача ваги інструмента КПВВ1-1 та його метрологічне забезпечення в експлуатації // Методи та прилади контролю якості, №4, 1999. с.94-99.*

## **МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗА НЕПОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ПАРАМЕТРИ ЇХ МОДЕЛІ**

**Куц Ю.В., Лисенко Ю.Ю., Редька М.О.**

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна, 03056, м.Київ-56, проспект Перемоги, 37*

Одним з важливих завдань оброблення сигналів неруйнівного контролю (НК) є удосконалення методів виявлення сигналів на фоні шумів. Поширеним видом сигналів є імпульсний сигнал з високочастотним заповненням частотою  $f$ . Такі сигнали використовуються, наприклад, в ультразвуковому НК [1]. Амплітудні методи виявлення таких сигналів на фоні шумів вичерпали свої можливості, в той же час фазові методи ще мають невикористані резерви і можливості для вирішення завдань виявлення таких сигналів за низьких відношень сигнал/шум (с/ш).

Значна частина відомих фазових методів виявлення таких сигналів ґрунтується на використанні когерентного до сигналу заповнення коливання, або передбачає відомим точне значення частоти  $f$ . В роботі [2] запропоновано спосіб виявлення сигналів ультразвукового контролю, в основу якого покладено отримання в ковзному режимі і аналіз кругової  $g$ -статистики – результуючої довжини вектора. Цей вектор утворюється усередненням на колі різниці фазових характеристик (ФХ) досліджуваного сигналу і гармонічного з частотою  $f$  тобто лінійною функцією  $2\pi ft$ , де  $t$  – поточний час. Метод потребує точного знання  $f$ .

В доповіді розглянуто фазовий метод виявлення сигналів ультразвукового контролю, який має властивість інваріантності до значення  $f$ . В цьому методі використана наступна особливість ФХ реалізації стаціонарного шуму – вона має лінійний тренд, що в певних межах лишається незмінним для різних реалізацій. Сутність методу полягає у отриманні в ковзному режимі і аналізі кругової  $g$ -статистики, утвореної усередненням на колі різниці ФХ досліджуваного сигналу і визначеного заздалегідь лінійного тренду ФХ шуму.

Ця ідея підтверджена результатами моделювання, виконаного для адитивної суміші радіоімпульсного сигналу  $u_c(t)$  та реалізації гауссова шума  $u_{ш}(t)$  з нульовим математичним сподіванням та за відношення  $c/ш=1$ . На рис. 1 зображено графіки зміни в часі досліджуваного сигналу  $u_c(t)$  (а) та суміші  $u_c(t) + u_{ш}(t)$  (б), а на рис. 2 – дискретний (як функції від номеру відіку  $j$ ) графік  $\Delta\Phi[j]$  різниці ФХ