

## МЕТОД МОНІТОРИНГУ СТАНІВ БУРОВОЇ УСТАНОВКИ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМУНІКАЦІЇ ОПЕРАТОРІВ РОЗПОДІЛЕНОЇ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

Г. Я. Процюк<sup>1</sup>, Л. М. Николайчук<sup>1</sup>, Н. Я. Возна<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;  
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15; тел. +38(3422)4-21-23

<sup>2</sup>Тернопільський національний економічний університет;  
46000, м. Тернопіль, вул. Львівська, 11; e-mail: [vozna@ukr.net](mailto:vozna@ukr.net)

*У статті запропоновано метод моніторингу станів бурової установки (“норма”, “розвиток аварії” та “аварія”) на основі розрахунку статистичних характеристик контрольованих технологічних параметрів та побудови образно-кластерної моделі (ОКМ). Класифіковано та досліджено особливості взаємодії оператор-комп'ютеризована система на основі ОКМ, які підвищують ефективність та швидкодію реакції оператора на відхилення технологічного процесу від норми.*

***Ключові слова:** моніторинг, бурова установка, статистичний аналіз, оператор, комунікаційна взаємодія.*

### **Постановка проблеми.**

Розробка та впровадження комп'ютеризованих систем моніторингу широкого класу технологічних об'єктів різних галузей промисловості, а також технічної та економічної безпеки їх експлуатації, є особливо актуальною науково-прикладною задачею у нафтогазовій промисловості. Такими об'єктами є установки буріння, видобутку, підготовки, транспорту та зберігання нафтопродуктів та газу.

У структурі комп'ютеризованих систем контролю та управління промислових об'єктів моніторинг за їх станом та технологічними режимами виконують оператори абонентських станцій, оснащених серверним та дисплейним обладнанням [1-3]. При цьому методи представлення даних та інформаційна технологія взаємодії «оператор-моніторингова система (ОМС) суттєво впливають на швидкодію, надійність та результативність такої взаємодії при виникненні нештатних ситуацій на технологічних об'єктах.

Важливим елементом такої взаємодії є побудова моделей станів об'єктів управління та розпізнавання розвитку передаварійних, аварійних та екологічно-небезпечних процесів. Особливе значення при цьому надається забезпеченню низької складності та високої швидкодії реакції оператора на зміни станів об'єктів. Також в інформаційному середо-

вищі такого класу комп'ютеризованих систем зростають вимоги до рівня функціональної діяльності операторів, які під час виконання своїх дій по управлінню складними технологічними стають об'єктами права, згідно законів юриспруденції [4].

#### Аналіз досліджень та публікацій з даної проблематики.

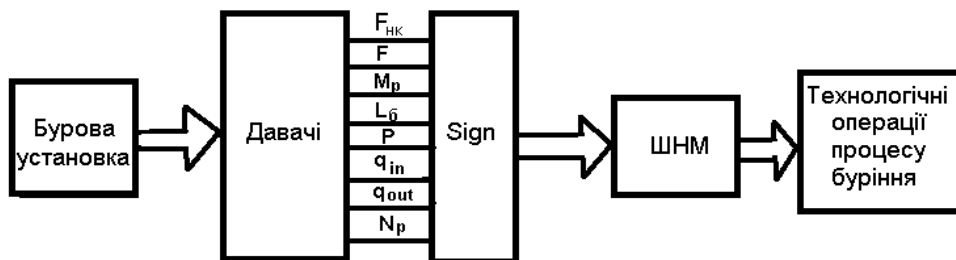
Аналіз розробки систем моніторингу просторово розосереджених об'єктів, які тиражуються ведучими зарубіжними фірмами у галузі автоматизації та контролю: АBB, Motorola, F&F, Yocogawa [5-7] та ін. і які оснащені абонентськими станціями операторів, показує, що на моніторах операторів стани об'єктів відображаються у вигляді трендів та таблиць технологічних параметрів, а також структур технологічних установок з відповідною динамічною індикацією їх відхилень від норми по амплітуді у межах заданих апертур.

Незважаючи на широку сферу застосування таких систем їх моніторинг охоплює тільки функцію відхилень технологічних параметрів по амплітуді і практично відсутній глибокий статистичний, кореляційний, кластерний та інші аналізи моніторингових даних про стани контрольованих об'єктів.

#### Дослідження функцій та структур систем моніторингу технологічних процесів.

Досвід створення моніторингових інформаційних систем у нафтовій галузі відображений у роботах [7-9] охоплює питання спектрального аналізу, а також автоматичної ідентифікації технологічних операцій процесу буріння на основі штучних нейронних мереж [8].

На рис. 1 показано структурну схему моніторингової системи визначення технологічних операцій процесу буріння запропонованої у роботі [10].



- $F_{нк}$  – навантаження на гайку;  $F$  – осьове навантаження на долото;  
 $M_p$  – обертовий момент ротора;  $L_б$  – положення тального блоку відносно  
 стола ротора;  $P_n$  – тиск у лінії нагнітання бурового розчину;  
 $q_{in}$  – витрата бурового розчину на вході свердловини;  
 $q_{out}$  – витрата бурового розчину на виході свердловини;  
 $N_p$  – швидкість обертання ротора, ШНМ-штучна нейронна мережа,  
 Sign – порогова схема

Рис. 1. Система ідентифікації технологічних операцій процесу буріння

Реалізація автоматичного розпізнавання технологічних станів бурової установки здійснюється згідно з вхідною та вихідною матрицею ШНМ Хеммінга [8]:

Вхідна матриця	Технологічні стани бурової установки
$X = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$	Буріння Проробка долота Нарощування Циркуляція і промивка Підйом колони

Особливості організації інтерактивної взаємодії оператора з комп'ютеризованою системою управління на прикладі моніторингу процесів буріння викладені у роботах [9-11]. На рис. 2 показано архітектуру цифрової системи контролю та моніторингу процесів буріння, на кожному рівні якої, функції моніторингу та управління в реальному часі паралельно виконують 3 ієрархічно підпорядковані оператори: 1 – бурильник; 2 – буровий майстер; 3 – диспетчер УБР.

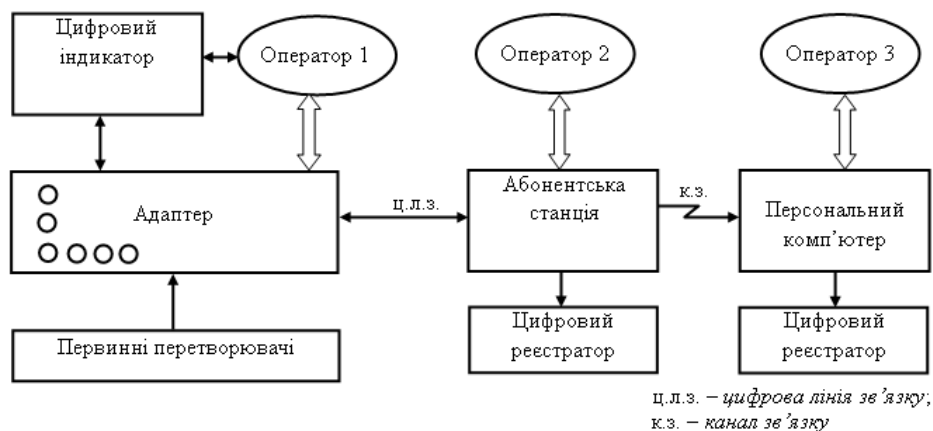


Рис. 2. Архітектура цифрової інтерактивної розподіленої системи моніторингу процесів буріння

Аналіз технологічних операцій у процесі буріння глибоких свердловин, які з інтервалом 15 хв. реєструються у добовому рапорті бурового майстра показує, що існують різні технологічні процеси, наприклад “буріння” і “розбурювання цементного моста”, які шляхом інформаційного аналізу технологічних параметрів не можуть бути автоматично ідентифіковані. Тому в архітектурі системи контролю процесів буріння буровик (перший оператор-технолог) на табло адаптера самостійно вказує тип операції або простою чи підготовки, які виконуються на буровій.

Така взаємодія оператора спрощує та підвищує інформативність та надійність процесів цифрового опрацювання сигналів первинних перетворювачів згідно визначених алгоритмів та передбачення можливих передаварійних та аварійних ситуацій на буровій. Наприклад, перевищення допустимого осьового навантаження на долото, прихоплення інструменту та ін.

У роботі [12] приведені результати стендових експериментальних статистичних та кореляційних досліджень зміни осьового навантаження у процесі буріння твердих порід. Зроблений висновок про стаціонарність та ергодичність досліджених процесів в умовах експерименту на стенді. Слід зауважити, що у реальних умовах промислового буріння такі характеристики практично не спостерігаються, оскільки періодичною зміною величини осьового навантаження на долото при подачі бурового інструменту бурильником або механізмом автоматичного регулювання подачі, характеристики цифрових записів зміни осьового навантаження на долото, які визначаються різницевою функцією

$$F_{on} = V_o - V_x,$$

де  $V_o, V_x$  – відповідно вага колони бурильних труб та зменшена її вага при опусканні на вибій та осьовому навантаженні на долото.

Приклад такої реалізації процесу зміни осьового навантаження на долото показано на рис. 3.

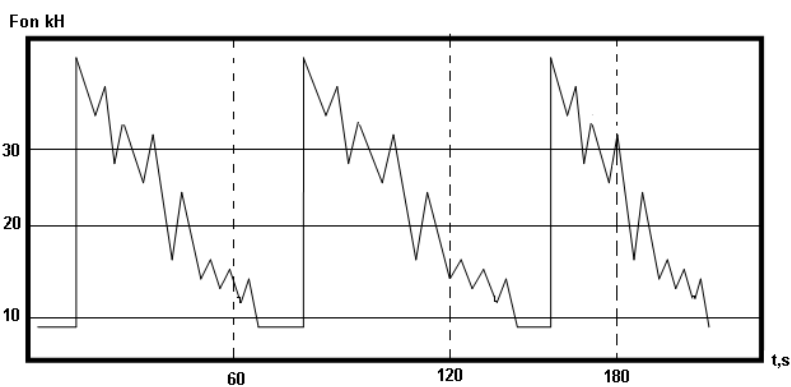


Рис. 3. Приклад реалізації осьового навантаження на долото у промислових умовах буріння

У загальному випадку процеси, які контролюються на бурових установках доцільно класифікувати як квазістаціонарні, які характеризуються на окремих інтервалах часу, як стаціонарні зі стрибкоподібною зміною окремих статистичних оцінок математичного сподівання, дисперсії, автокореляції, спектру та ентропії. Окремі процеси, наприклад, зміни осьового навантаження, швидкості підймання та спуску бурової колони треба опрацьовувати як клас нестаціонарних випадкових процесів, які потребують застосування відповідних математичних методів приведення їх характеристик до стаціонарності.

Застосування кореляційного та кластерного аналізу для ідентифікації передаварійних та аварійних станів процесів буріння викладене у роботі [13]. В основу побудови пристрою для контролю роботи технологічного об'єкту [13] покладено реалізацію одночасного порівняння коду реальної ймовірності переходу об'єкта з  $i$ -го в  $j$ -й стан з еталонними кодами переходів станів “норма”, “прогноз аварії” та “аварія” на основі трирівневої кластерної моделі згідно матриці ймовірностей

$$P = \begin{pmatrix} \boxed{P_{11}} & \boxed{P_{12}} & \dots & P_{1j} & \dots & \boxed{P_{1n}} \\ P_{21} & \boxed{P_{22}} & \dots & P_{2j} & \dots & \boxed{P_{2n}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{i1} & \boxed{P_{i2}} & \dots & \boxed{P_{ij}} & \dots & \boxed{P_{in}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \boxed{P_{m1}} & P_{m2} & \dots & \boxed{P_{mj}} & \dots & P_{mn} \end{pmatrix},$$

де  $\boxed{P_{ij}}$  – ймовірнісний стан норми,  $\boxed{P_{ij}}$  – ймовірнісний стан прогнозу різних видів перед аварійних станів,  $P_{ij}$  – ймовірнісний стан аварії,  $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, n}$ .

У [14] запропонований спосіб контролю параметрів технологічного процесу, який полягає у багаторазовому вимірі фізичного параметру і прийнятті за вірне значення статистичної оцінки середнього значення та визначення стану технологічного процесу шляхом порівняння вимірюваного значення параметра з граничними установами та видачі сигналу про стан технологічного процесу.

На рис. 4 показано структуру пристрою, який містить: 1 – блок оцінки стану об'єкту контролю, 2 – об'єкт контролю (технологічний параметр багатоканального об'єкта), 3 – генератор імпульсів, 4 – двійковий лічильник, 5 – постійний запам'ятовуючий пристрій, 6 – схема порівняння, 7 – логічний елемент АБО, 8 –  $RS$ -тригер, 9 – індикатор стану.

У постійному запам'ятовуючому пристрої 5 записуються відповідні еталонні коди ймовірностей переходу об'єкта з  $i$ -го в  $j$ -й стан, які обчислюються за допомогою формули

$$S_i \rightarrow S_j \Rightarrow P_{ij} = \frac{N(S_i \rightarrow S_j)}{N_0},$$

де  $N(S_i \rightarrow S_j)$  – число класифікованих реальних переходів об'єкта з  $i$ -го в  $j$ -й стан,  $N_0$  – загальне можливе число переходів на інтервалі спостережень.

Недоліком такого способу є низька інформативність, оскільки результатом аналізу технологічного процесу є контроль відхилення тільки по амплітуді і усереднених значеннях вимірів на границях апертури установки, також не враховує квазістаціонарності об'єкта контролю.

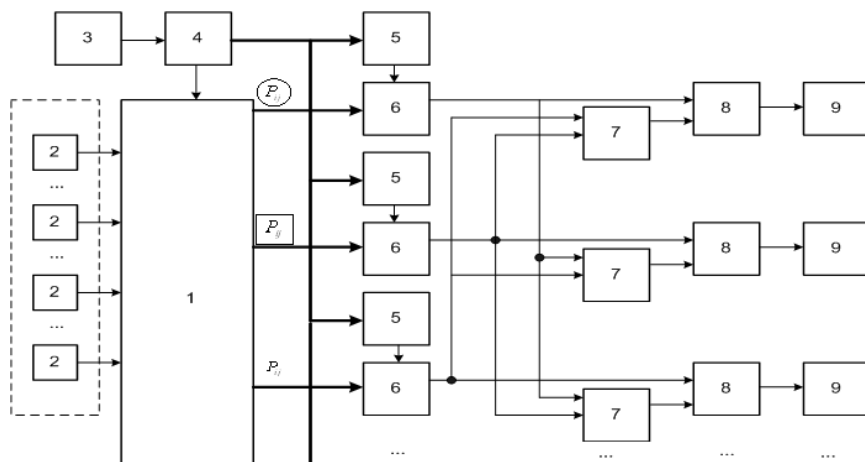


Рис. 4. Структура пристрою для контролю технологічного об'єкту

Більш вдосконалим є спосіб контролю параметрів технологічного процесу [15], який виключає циклічний вимір значень кожного параметра і їхнє запам'ятовування, визначення стану технологічного процесу шляхом порівняння вимірюваних значень параметрів з граничними уставками та ідентифікацію стану квазістаціонарного об'єкта визначенням структурної авто кореляційної функції та нормованого коефіцієнта взаємкореляції, за якими порівнюють статистичні характеристики математичного сподівання. Обчислення вказаних статистичних характеристик виконується згідно виразів:

$$L_1 = \left\{ \begin{array}{l} 0, a_1 < M_j < a_2 \\ 1, a_1 \geq M_j \geq a_2 \end{array} \right\}, M_j = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} x_{i+j}, i=1,2,\dots,I;$$

$$L_2 = \left\{ \begin{array}{l} 0, b_1 < C_{xx}(j) < b_2 \\ 1, b_1 \geq C_{xx}(j) \geq b_2 \end{array} \right\}, \text{де } C_{xx}(j) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} (x_i - x_{i-j})^2, j = \overline{0, m};$$

$$L_3 = \left\{ \begin{array}{l} 0, 0 < \rho_{xy} < 1 \\ 1, 0 \geq \rho_{xy} \geq -1 \end{array} \right\}, \rho_{xy} = \frac{R_{xy}(0)}{\sigma_x \cdot \sigma_y},$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} (x_i - M_{xj})^2}, \sigma_y = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} (y_i - M_{yj})^2}.$$

де  $L_1 L_2 L_3$  – відповідно логіко-статистичні інформаційні моделі контролю технологічного параметру по амплітуді, динаміці та фазі;  $M_j$  – ковзне математичне сподівання;  $\delta_x, \delta_y$  – середньоквадратичні відхилення;  $\rho_{xx}$  – нормований коефіцієнт взаємкореляції;  $C_{xx}(j)$  – структурна автокореляційна функція;  $m$  – число точок функції автокореляції;  $a, b$  – значення границь апертури;  $n$  – об'єм ковзної вибірки.

На рис. 5 представлено структуру системи контролю параметрів технологічного процесу [15].

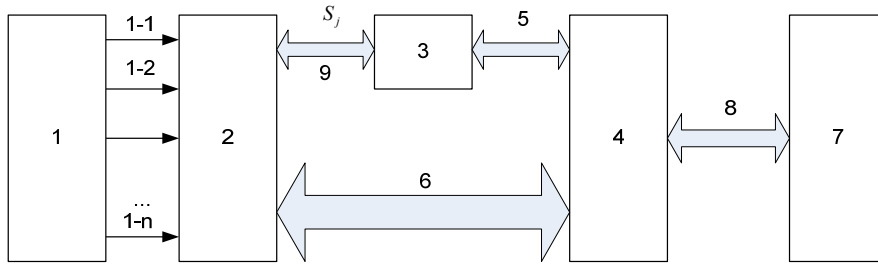


Рис. 5. Структура системи контролю параметрів технологічного процесу

Розроблена система контролю (рис. 5) містить датчики вимірів параметрів 1, 1-2, ..., 1-n, блок збору інформації 2, до інформаційного входу якого підключені датчики 1-1, 1-2, ..., 1-n, пульт оператора 3, пристрій підготовки інформації 4, першу шину 5, що з'єднує пристрій підготовки інформації 4 і пульт оператора 3, другу шину 6, що з'єднує пристрій підготовки інформації 4 і блок збору інформації 2, блок введення інформації 1, третю шину 8, що з'єднує блок виведення інформації 7 і пристрій підготовки інформації 4, шину 9, що з'єднує пульт оператора 3 і блок збору інформації 2.

Недоліком такого способу є звужені функціональні можливості та низька інформативність, оскільки результатом аналізу технологічного процесу є контроль відхилення від норми тільки ймовірнісних переходів кластерної моделі без врахування його вимірних та розрахованих статистичних характеристик. Також недоліком є контроль параметрів технологічного процесу шляхом відображення його станів “норма”, “прогноз аварії” та “аварія” на багатьох окремих індикаторах, які здійснюють тільки реєстрацію факту відхилення від норми і не дозволяють інтегровано ідентифікувати ці стани у вигляді структурованої образно-кластерної фейс-моделі.

Удосконалений спосіб контролю параметрів технологічного процесу запропонований у [16] відрізняється тим, що з метою підвищення інформативності контролю технологічного процесу виконують наступне: додатково визначають вибіркові математичні сподівання, згідно виразів

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad M_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i,$$

які характеризують відповідність значень уставкам регуляторів технологічного процесу;

- додатково визначають зважені ковзні математичні сподівання параметрів, згідно виразів:

$$M_{vx} = \frac{1}{n} \sum_{i=1+j}^{n+j} V_{i-j} X_{i+j}, \quad M_{vy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1+j}^{n+j} V_{i-j} Y_{i+j},$$

які дозволяють виконувати екстраполяцію та передбачення зміни станів технологічного процесу в часі, де  $V_{i-j}$  - вагова функція, що визначає інформативність вимірюного значення технологічного процесу з нульовим ефектом старіння інформації, що дозволяє прогнозувати тенденцію та майбутні стани технологічного процесу;

- додатково виконують порівняння спектральних характеристик вимірюваних значень параметрів в області можливих значень норми, згідно виразів:

$$L_4 = \begin{cases} 0, S_1 < S_w < S_2 \\ 1, S_1 \geq S_w \geq S_2 \end{cases},$$

де  $S_w = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \rho_{xx}(j) \cdot w_j \cdot e^{-\alpha j}$ ,  $w$  - кругова частота косинус-перетворення

Фур'є,  $\rho_{xx}(j) = \frac{R_{xx}(j)}{D_x}$  - нормована і центрована автокореляційна функція

контрольованого параметру технологічного процесу,  $D_x = \sigma_x^2$  - диспер-

сія технологічного процесу,  $R_{xx}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \dot{x}_i \cdot \dot{x}_{i+j}$  - центрована автокоре-

ляційна функція параметра технологічного процесу,  $\dot{x}_i = x_i - M_x$ ;

Таким чином, згідно з визначенням додатково введених нових параметрів технологічного процесу, удосконалений контроль параметрів технологічного процесу є можливістю передбачення розвитку передварійних та аварійних станів технологічного процесу. Запропонований спосіб здійснюється відповідно до наступної послідовності операцій

$$X_{ТП} = F(\{x_i\}, \{y_i\}, S, M_j, M_{xj}, M_{yj}, \sigma_x, \sigma_y, C_{xx}(j), R_{xy}(0), \rho_{xy}, L_1, L_2, L_3, \\ M_x, M_y, M_{vx}, M_{vy}, L_4, P_{ij}, I_x),$$

де  $M_x, M_y, M_{vx}, M_{vy}, L_4, P_{ij}, I_x$  - додатково визначаються нові параметри технологічного процесу, які дозволяють збільшити функціональні можливості й інформативність способу контролю параметрів технологічного процесу та формування еталонного зображення образно-кластерної моделі стану технологічного процесу "норма", порівняння параметрів еталонного стану з вимірними, спостережуваними та розрахованими параметрами технологічного процесу "норма", "прогноз аварії" та "аварія", ідентифікацію стану технологічного процесу відображенням на моніторі оператора образно-кластерної моделі, що дозволяє підвищити швидкодію реакції оператора на відхилення технологічного процесу від норми та попередити виникнення його аварійних станів.

На рис. 6 представлено функціональну структуру системи контролю параметрів технологічного процесу, яка містить: датчики вимірів



параметрів 1, 1-2, ... 1-n, блок збору інформації 2, до інформаційного входу якого підключені датчики 1-1, 1-2, ... 1-n, пульт оператора 3, пристрій підготовки інформації 4, першу шину 5, що з'єднує пристрій підготовки інформації 4 і пульт оператора 3, другу шину 6, що з'єднує пристрій підготовки інформації 4 і блок збору інформації 2, блок введення інформації 1, третю шину 8, що з'єднує блок виведення інформації 7, і пристрій підготовки інформації 4, шину 9, що з'єднує пульт оператора 3 і блок збору інформації 2; яка додатково містить постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) 10, вхід якого з'єднаний шиною 11 з першим виходом блоку виводу 7, а вихід ПЗП 10 з'єднаний з першим входом блоку порівняння 12, другий вхід якого з'єднаний шиною 13 з другим виходом блоку виводу 7, а вихід з'єднаний шиною 14 з додатково введеним монітором оператора 15, на якому відображається образно-кластерна модель

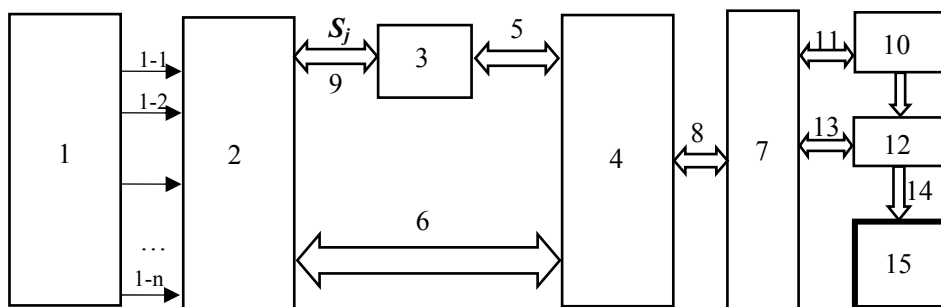


Рис. 6. Удосконалена системи контролю параметрів технологічного процесу

Принцип побудови структуризованої образно-кластерної моделі полягає в тому, що в особливих точках монітору, наближених до структуризованого зображення обличчя людини, формуються статичні або динамічні дворівневі чи кольорові символи, що відображають динаміку виміряних та розрахованих параметрів технологічного процесу. При цьому зображення образно-кластерної моделі (рис.7: а,б,в) відповідно відображають стани технологічного процесу – “норма”, “прогноз аварії” та “аварія”. Відображення на моніторі оператора образно-кластерної моделі технологічного процесу у стані “норма” є еталонним, яке задається постійним запам'ятовуючим пристроєм, порівнюється з виміряними, спостережуваними та розрахованими параметрами технологічного процесу і динамічно відображається на моніторі оператора. При зміні виміряних та розрахованих параметрів технологічного процесу у відповідних позиціях образно-кластерної фейс-моделі відбувається реструктуризація образно-кластерного відображення станів технологічного процесу, відповідно “норма”, “прогноз аварії” та “аварія”.

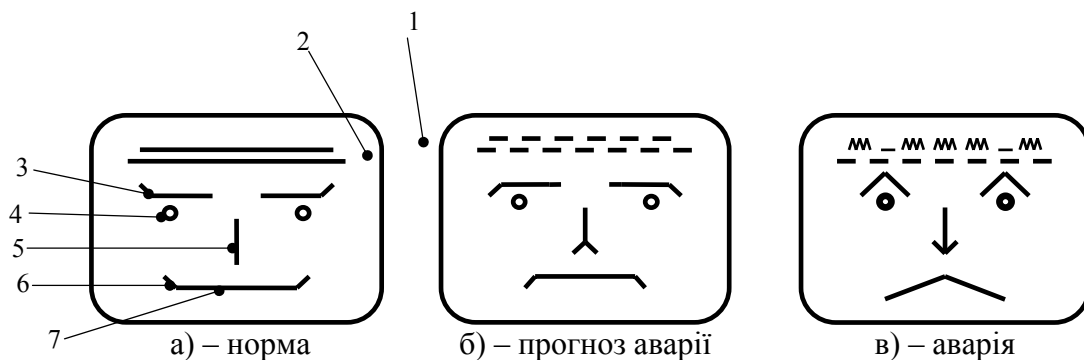


Рис. 7. Відображення образно-кластерної моделі

На рис. 7:

1. Контроль відхилення параметрів: ковзного математичного сподівання  $L_1$ , середньостатистичної динаміки станів технологічного процесу по кожному параметру  $L_2$ , по спектру  $L_4$ .

2. Ідентифікація параметрів технологічного процесу згідно кореляційної міри ентропії  $I_x$ .

3. Контроль нормованих коефіцієнтів взаємкореляції між кожною парою параметрів  $\|\rho_{ij}\|$  в області можливих значень норми  $L_3$ .

4. Контроль кластерної моделі матриці ймовірностей переходу технологічного процесу з одного стану в інший ( $P_{ij}$ ).

5. Контроль значень ковзних математичних сподівань  $M_j$  в межах заданих уставок регуляторів технологічних параметрів.

6. Контроль значень вагових математичних сподівань  $M_{vx}, M_{vy}$ .

7. Контроль значень вибірових математичних сподівань  $M_x, M_y$  у порівнянні з заданими уставками регуляторів технологічних параметрів.

Вказані параметри, які відображаються на моніторі операторів розподіленої комп'ютеризованої системи контролю та управління процесами буріння адаптовані до відображень характеристик технологічних параметрів які подані на рис. 1 та у відповідній таблиці, з врахуванням вимог ергономіки.

### Висновки

Досліджено архітектури та математичне опрацювання сигналів датчиків та встановлено їх функціональні інформаційні обмеження. Запропоновано удосконалену структуру системи моніторингу технологічних процесів на основі побудови образно-кластерної моделі та відображення на моніторі оператора станів “норма”, “розвиток аварій” та “аварія” у вигляді фейс-моделі, яка підвищує ефективність та швидко-

дію реакції оператора на виникнення нештатних аварійних та еколого-небезпечних станів.

### *Література*

1. Карпаш О.М. Технічна діагностика бурового та нафтогазового обладнання: Навч. посібн. / О.М. Карпаш. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2007. – 272 с.
2. Заміховський Л.М. Основи теорії надійності і діагностики технічних систем: Навч. посібн. / Л.М. Заміховський, В.П. Калявін. – Івано-Франківськ: Полум'я, 2004. – 360 с.
3. Основи моніторингу технологічних об'єктів нафтогазової галузі: Навч. посібн. / Г.Н. Семенцов, М.М. Дранчук, О.В. Гутак, Я.Р. Когуч, М.І. Когутяк, Я.В. Куровець. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. – 808 с.
4. Николайчук Л.М. Організація інтерактивної взаємодії оператора з комп'ютеризованою системою управління / Л.М. Николайчук, Г.Я. Процюк, І.Р. Пітух // Сучасні комп'ютерні інформаційні технології: Матеріали Всеукраїнської конференції з міжнародною участю. – Тернопіль, 2017. – С. 76-79.
5. [www.abb.com](http://www.abb.com) - офіційний сайт компанії АВВ.
6. [www.es.ua](http://www.es.ua) - офіційний сайт фірми "Електросвіт".
7. [www.yokogawa.ua](http://www.yokogawa.ua) - офіційний сайт компанії YOKOGAWA.
8. Горбійчук М.І. Нечітка ідентифікація процесу поглиблення глибоких свердловин / М.І. Горбійчук, Т.В. Гуменюк // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2015. – №3(34). – С. 15-21.
9. Image-cluster Method of Data Structuring of Multiprsmeter Objects Monitoring of Interactive Computer Systems / N. Vozna, H. Protsiuk, I. Pituh, Y. Nykolaychuk // Proceedings of XIIIth International Conference CADSM'2015. – Lviv, 2015. – PP. 295-299.
10. Метод структуризації образно-кластерной модели состояний квазистационарного объекта управления / Н.Я. Возна, Н.И. Алишов, Г.Я. Процюк, Я.Н. Николайчук // Journal of Qafqaz University. Mathematics and Computer Science. - Baku. Azerbaijan, 2015. - Volume 3, №2. - P. 105-115
11. System for Monitoring the Quasi-Stationary Technological Processes Based on Image-Cluster Model / Yaroslav Nykolaichuk, Ihor Pitukh, Nataliia Vozna, Halyna Protsiuk, Liubov Nykolaichuk, Orest Volynskyy // Proceeding of the 2017 IEEE 9th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: IDAACS'2017. – 2017. – P. 712-715.
12. Статистичний аналіз результатів стендових експериментальних досліджень зміни осьового навантаження при бурінні долотами різних типів / В.М. Мойсишин, О.Ю. Витязь, Я.М. Фем'як, А.І. Масьовський,

- Р.А. Жовнірук // Прикарпатський вісник НТШ. Число. – 2017. - №1(37). – С. 179-194.
13. Ширмовська Н.Г. Інформаційна технологія діагностування перед-аварійних та аварійних станів квазістаціонарних об'єктів на основі конвеєрної побудови моделей подання знань кластеризації та логіко-статистичного опрацювання // Методи та системи оптико-електронної і цифрової обробки зображень сигналів. – 2010. – №2. – С. 35-42.
14. Николайчук Я.М. Пристрій для контролю роботи технологічного об'єкту / Я.М. Николайчук, Н.Я. Ширмовська, В.М. Гладюк. - Патент на корисну модель № 68874. – 10.04.2012р
15. Николайчук Я.М. Спосіб контролю параметрів технологічного процесу / Я.М. Николайчук, Н.Г. Ширмовська / Спосіб контролю параметрів технологічного процесу. - Патент на корисну модель № 71122.– 10.07.2012 р.
16. Пат. 107039 Україна МПК G05B 23/00 (2016.01), G06F 11/277 (2006.01) Спосіб контролю параметрів технологічного процесу / І.Р. Пітух, Н.Я. Возна, Г.Я. Процюк, Я.М. Николайчук №u201507057; заявл.15.04.2015; опубл.25.05.2016, Бюл. №10/2016.

*Стаття надійшла до редакційної колегії 26.12.2017 р.,  
Рекомендовано до друку д.т.н., професором Векериком В.І.,  
д.т.н., професором Мойсишиним В.М.*

## **METHOD OF MONITORING OF STORES OF THE BOATING INSTALLATION AND IMPROVING THE EFFICIENCY OF COMMUNICATION OPERATORS OF DISTRIBUTED COMPUTERIZED SYSTEMS**

**G. Ya. Protsiuk<sup>1</sup>, L. M. Nikolaichuk<sup>1</sup>, N. Ya. Voznina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas;  
76019, Ivano-Frankivsk, Carpathian str., 15; tel. +38 (3422) 4-21-23*

<sup>2</sup>*Ternopil National University of Economics;  
46000, Ternopil, Lviv str., 11; e-mail: [vozna@ukr.net](mailto:vozna@ukr.net)*

*The article presents method of monitoring state of the drilling rig ("norm", "development of the accident" and "accident") based on the calculation of statistical characteristics of controlled technological parameters and the construction of a figurative cluster model (FCM). The interaction features of the operator-computerized system based on FCM have been classified and investigated which increase the efficiency and speed of the operator's response to the deviation of the technological process from the norm.*

**Key words:** *monitoring, drilling rig, statistical analysis, operator, communication interaction.*