

УДК 004.9+621.317+543

### ІНФОРМАЦІЙНІ ТА КОГНІТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНКИ СИТУАЦІЇ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ В УМОВАХ ДІЇ ЗАВАД І ФАКТОРІВ ЗБОЮ

Н.К. Лиса<sup>1</sup>, Л.С. Сікора<sup>1</sup>, Р.Л. Ткачук<sup>2</sup>, Л.Л. Тупичак<sup>3</sup>, Р.Р.Таланчук<sup>2</sup>,  
Б.І. Федина<sup>3</sup>, О.Ю.Федевич<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. С. Бандери, 12, Львів 79013, Україна

<sup>2</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
вул. Клепарівська, 35, Львів 79000, Україна

<sup>3</sup>Українська академія друкарства,  
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

*В статті на підставі проведених досліджень розглянуто метод побудови інформаційної технології оцінки рівня сприйняття образів динамічних ситуацій, одержаних від вимірювальних систем, які входять в комплекс АСУ, оперативним персоналом. Обґрунтовано, на підставі системного аналізу і когнітивної психології, сприйняття показів від вимірювальних аналогових і цифрових систем оператором в полі його уваги та обґрунтовано вплив факторів збурень на достовірність сприйняття змісту, інформаційних даних оператором, який виконує свої функції в команді оперативного персоналу.*

*Для підвищення ефективності системи вимірювальних пристроїв для відбору даних від об'єктів обґрунтовано когнітивну модель сприйняття інформації (образів ситуації) в полі уваги оператора АСУ ТП в умовах загроз і граничних режимів роботи. Звернено увагу на особливості обробки аналогових і цифрових сигналів оператором при оцінці достовірності стану об'єкта управління та природу похибок при невизначеності даних.*

*Побудована структурна схема вимірювального перетворювача на підставі вибору адекватних мір та обґрунтовано інформаційну структуру вимірювального процесу.*

*Проведена оцінка якості вимірювального перетворення параметрів стану об'єкта управління та обґрунтовано вибір міри для лазерних перетворювачів рівня концентрації компонент та побудовано інформаційні діаграми перетворення фізичних параметрів в сигнал.*

*Обґрунтовано і розроблено інформаційно-функціональну схему організації відбору даних від агрегатів техногенних систем.*

*Обґрунтовано особливості сприйняття даних та їх інтерпретації когнітивною системою оператора, та на їх основі розроблено таблиці факторів, які визначають здатність особи до прийняття рішень в екстремальних ситуаціях і граничних режимах. Обґрунтовано процедури оцінки рівня ризику аварій в умовах максимальних режимів і когнітивних збоїв.*

***Ключові слова.** Дані, система, вимірювання, сенсори, інтелект, ризик, когнітивна модель, ситуація.*

**Постановка проблеми.** Для прийняття управлінських рішень в складних техногенних системах із ієрархічною структурою важливою компонентою його системної та інформаційної підготовки є формування процедур відбору і опрацювання аналогових та цифрових даних, одержаних від агрегатів і блоків в процесі функціонування.

В умовах активних збурень, загроз, електромагнітних завад, ресурсних збоїв відбувається відхилення траєкторій від заданого режиму цільового функціонування за рахунок їх впливу на процес управління та вимірювання і обробку даних.

Процес управління для кожної ситуації залежить від виконаних дій оператором, та впливу на оцінку стану об'єкта, як завад та команд зміни режиму при спотворених даних так і когнітивної дезінформації.

Відповідно прийняття рішень в таких технологічних структурах, при неповних даних та різних рівнях достовірності, є складною процедурою, яка має автоматичну (алгоритмічну) і когнітивну компоненти, які при дії завад можуть за рахунок виникнення помилок привести до аварії різного ступеня складності.

Тому узгодження інформаційних управлінських і когнітивних компонент в процесі управління є актуальною проблемою.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Для виконання дослідження використано наступні джерела широкого спектру знань – системного аналізу, теорії управління, інформаційних технологій та вимірювальних процесів відбору даних про стан об'єктів управління.

В монографії [1] розглянуто питання психології та логіки мислення, планування досліджень та методи наукового дослідження. Фундаментальна праця [2] присвячена теорії вимірювань, створенню математичних моделей, методів побудови шкал оцінювання, алгебрі подій. Книга [3] присвячена проблемам моделювання діяльності особи в різних галузях науки і техніки, а також проблемам прийняття рішень особою, штучному інтелекту та експертним системам. Монографія [4] присвячена дослідженню методів математичного моделювання процесів обробки даних людиною-оператором в людино-машинних системах та виявленню помилок за рахунок факторів впливу на її діяльність. Методам обробки даних для прийняття рішень, штучному інтелекту, теорії знань і навчань, сучасним технологіям аналізу процесів і технічній логіці присвячені монографії [5-7]. Методам аналізу відбору і обробки даних та виявленню інформації в результатах вимірювань присвячена книга [8].

Монографії [9-11] присвячені методам побудови інтелектуальних інформаційних систем, логіці, теорії знань, теорії прийняття рішень, ситуаційному управлінню.

Результати досліджень використаних в книгах [12-16] присвячені аналізу інформаційних технологій, концепції їх розвитку, платформам і стандартам, програмному забезпеченню і експертним системам, нечіткій логіці. Книги [17, 18] присвячені методам аналізу даних, теорії і побудові шкал, експертним оцінкам, побудові структурних гіпотез, аналізу ситуацій і теорії прийняття рішень в умовах ризику.

Монографія [19] присвячена методам неперервної і нечіткої логіки для побудови логічних автоматів для збору і обробки потоків даних. Основи професійної діагностики, здатності до інтелектуальної діяльності розглянуто в монографії [20].

Інформаційні технології оброблення експериментальних даних розглянуто в праці [21]. В монографії з космічної біології [22] розглянуто методи аналізу функціонального стану людини-оператора у важких умовах на підставі нейрокібернетичного підходу.

В книгах [23-25] розглянуто методи побудови систем екологічного моніторингу на підставі лазерного зондування та когнітивні моделі прийняття рішень в умовах ризику і конфліктів. В [23-25] розглянуто проблеми використання системного аналізу та інформаційних технологій для побудови складних систем з ієрархічною структурою.

**Мета статті.** Обґрунтувати комплексне використання методів системного аналізу, теорії вимірювальних систем, інформаційної та когнітивної технології для розробки методу підвищення ефективності обробки і інтерпретації даних оператором в структурах АСУ, в умовах загроз і нечіткості та дії завад, для прийняття рішень з мінімальним ризиком в процесі управління енергоактивним об'єктом техногенної системи.

Класи задач, розв'язання яких забезпечує надійне функціонування техногенних систем з енергоактивними блоками в умовах граничних режимів і активних факторів загроз, що приводять до помилок оперативного персоналу за рахунок недостатності інформації про стан об'єктів і неповноти даних:

- розробити метод побудови інформаційної технології підвищення рівня сприйняття інформації оператором в полі його уваги;
- проаналізувати рівень достовірності даних, одержаних в процесі вимірювання ІВС в умовах завад;
- проаналізувати методи побудови шкал для вимірювальних перетворювачів та їх достатність для підвищення достовірності даних та виокремити фактори впливу на результати вимірювань;
- обґрунтувати необхідність системного аналізу когнітивних факторів і характеристик особи на формування ефективного процесу стійкого управління енергоактивним об'єктом та оцінити ризик аварій.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

Проблема контролю процесу функціонування енергоактивних об'єктів в структурі техногенних систем в повній мірі не вирішена, оскільки засоби контролю втрачають надійність, розширюється спектр електромагнітних за-

вад, загроз втручання, падає рівень професійної підготовки персоналу, як на державних так і на приватних підприємствах.

За рахунок максимального використання промислового ресурсу – переходу на максимальні і граничні режими функціонування, зростає напруження для психіки операторів, із-за складності опанувати інформаційну ситуацію. Впровадження комп'ютерних технологій відбору, обробки і візуалізації потоків даних не завжди веде до покращення ситуації з оцінкою станів об'єктів, а приводить із-за недостатності даних до неправильних висновків напруження психіки, когнітивних збоїв при прийнятті рішень на управління енергоактивними об'єктами, які мають великий потенціал ризику виникнення аварій.

Для підвищення ефективності прийняття рішень оператором необхідно розробити метод узгодження вимірювальних систем з когнітивними характеристиками оперативного персоналу, оцінити їх здатність приймати рішення в умовах завод і загроз, психічних перевантажень в екстремальних ситуаціях згідно структури і ціле автоматизованого цілеспрямованого управління енергоактивними об'єктами техногенної системи за рахунок підвищення достовірності даних.

### **1. Моделі сприйняття даних в полі уваги оператором АСУ-ТП в граничних режимах функціонування енергоактивного об'єкта.**

Сприйняття оператором аналогових і цифрових даних від приладів контролю стану об'єкта управління має свої особливості при оцінці їх змісту в полі уваги, які полягають в тому що при аналізі ситуації в об'єкті:

- цифрові дані фіксуються в пам'яті, але не видно по показах попередньої історії траєкторії ( $F_n \text{trak}$ );
- нечітка орієнтація, згідно даних щодо віддалі до граничних ліній режимів ( $F\Delta ar$ );
- не прослідковується динаміка тенденцій зміни траєкторії при виконанні управляючих дій на короткому термінальному інтервалі часу ( $F_{\Delta}^* \text{trakX}(t)$ );
- вхід системи як правило має граничні навантаження технологічної структури при максимальній потужності неможливо чітко за короткий інтервал часу визначити допустиму віддаль до граничного режиму і час переходу в аварійний стан ( $t_{02}-t_{04}$ ) енергоактивного об'єкта, ( $F_{\Delta}^0(L_A - L_g)$ );
- індикація максимальних значень змінює сприйняття змісту даних оператором і приводить його в стресовий стан із-за тривоги переходу системи в некерований аварійний стан ( $t_{04}, t_{05}$ )  $F(HL(L_A))$ .

При сприйнятті аналогових сигналів в графічній формі існують деякі недоліки, а можливість прогнозу траєкторії оператор в термінальному часі комплексується за рахунок асоціативного образного відображення даних в полі уваги і сценарного трактування подій ( $Tci$ ) класифікатором ситуації (рис. 1). Але траєкторна інтерпретація приводить до спотворення значень шкали показів в різних інтервалах числових значень вимірювання і при входженні траєкторії в граничні області режиму, викликаючи напруження при прийнятті рішень на управління ( $t_{04}, t_{05}$ ), когнітивної системи оператора АСУ [1-10].

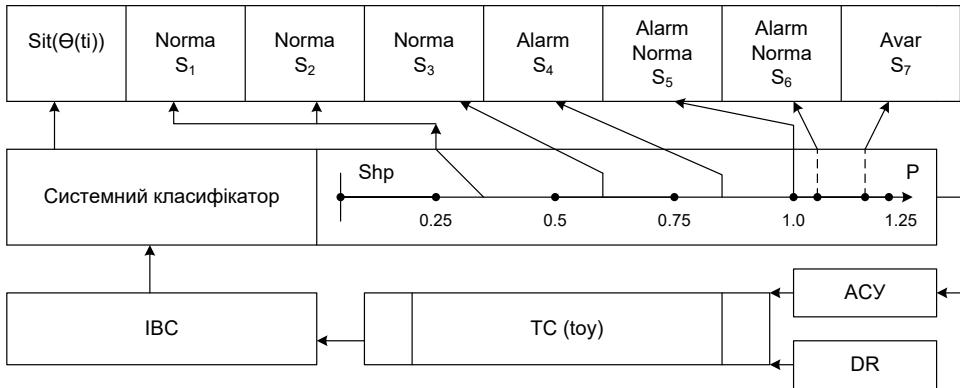


Рис. 1. Структурна схема класифікатора ситуації

Позначення до структурної схеми:  $\{S_i\}$  – стан системи,  $Dsit(\theta(t_i))$  – динамічна в момент часу  $t_i$  по параметру  $Q$ ,  $(ALARM)$ ,  $(AVAR)$  – стан тривоги та аварії,  $IBC$  – інформаційно-вимірювальна система,  $ACU$  – автоматизована система управління,  $TC (EOY)$  – технологічна система з енергоактивним об'єктом управління,  $DR$  – джерело ресурсів.

На підставі аналізу реальних режимів навантаження та нормативів визначаються критичні параметри і формується режимна карта допустимих станів енергоактивного об'єкту управління, що є підставою розробки системного класифікатора ситуацій на підставі вибору класу шкали потужностей  $Sh(P)$ .

При цільовому завданні збільшення потужності енергоактивного об'єкта, оператор проводить комплексуючі (слідкуюче) управління згідно (рис. 2) по заданій траєкторії.

На певному циклі управління до максимального навантаження ( $Z_i$ ) оператор в залежності від значення потужності енергонавантаження, сприймає ситуацію на підставі даних з різним рівнем психічного напруження, що може привести його нейрокогнітивну систему, від страху виникнення аварії, до системно-когнітивного збою [8-12], [23-28].

Схема (рис. 2) спотворення сприйняття даних особою оператором АСУ-ТП відображає вплив багатьох факторів та інтерпретацію змісту ситуації в залежності від невизначеності в описі динамічних об'єктів і агрегатів відповідно до ступеня впевненості в показах приладів (правильному), які входять в структуру ІВС-АСУ з використанням образів поточної траєкторії зміни стану та оцінки функцій належності  $\{M_i\}$ .

Причиною існування невизначеностей необхідно вважати неповноту і суперечливість даних від різних приладів, які контролюють агрегат об'єкта, неповноту обраного інформаційного базису ІВС, старіння приладів при довгих термінах експлуатації, похибки вимірювань, від типу розв'язуваної задачі контролю і управління згідно сценарію розвитку подій (рис. 1).

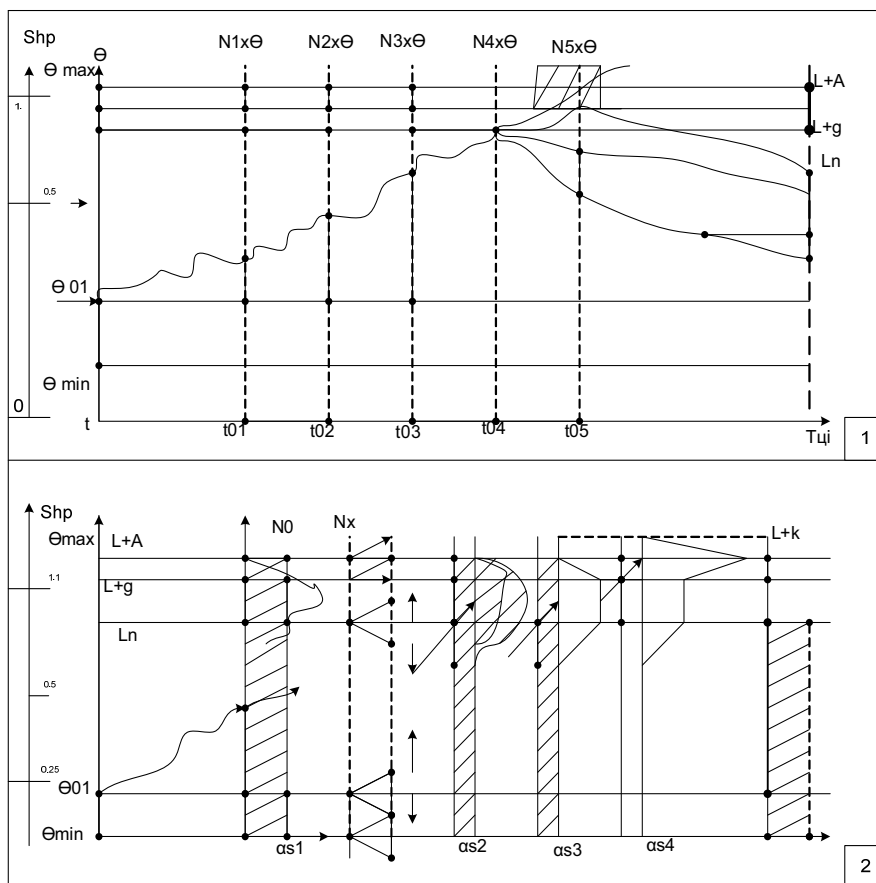


Рис. 2. Схема спотворення сприйняття даних в полі зору оператора АСУ-ТП в умовах росту трафіка навантаження

Відповідно до типу задач, які мусить розв'язати оператор невизначеності породжених ситуацій [23-25]:

- невизначеності за рахунок неоднозначності наявних знань про об'єкт в базі даних і базі знань та розмитості і нечіткості, неповноти професійних знань оператора та його здатності приймати рішення в стресових ситуаціях;
- невизначеність, викликана неповнотою знань про об'єкт для різних рівнів ієрархії предметно-орієнтованої області опису агрегатів і блоків об'єкта управління, які мають фізичний або лінгвістичний характер.

Лінгвістична невизначеність – породжується нечіткістю та багатозначністю окремих слів граматичних конструкцій, які мають синтаксичну, семантичну і прагматичну складові та представляють опис ситуації.

Когнітивна невизначеність – породжується особливістю сприйняття різно-типних даних приладів в полі уваги оператора і їх інтерпретації.

Фізична невизначеність - породжується низьким рівнем знань про фізико-хімічні енергоактивні процеси в об'єкті управління та нерозумінням їх сутності, що приводить до неправильних управлінських рішень, росту рівня ризику аварій, нестабільності технологічного процесу.

Фізичну невизначеність - пов'язують із стохастичністю подій, явищ, процесів їх причинно-наслідковими зв'язками, похибка при відборі даних в різні терміни часу при зміні динамічних режимів технологічного процесу в агрегатах і блоках об'єкта.

Для аналізу кризових ситуацій, що виникають в системі управління, на підставі нормативних вимог та схем розгортання трафіку подій в об'єкті управління, на підставі рис. 1, 2 розроблено інформаційну схему процесу і структури відбору даних та представлення образу ситуації в полі уваги оператора АСУ, в різній формі представлення – графічній, аналоговій, цифровій (рис. 3).

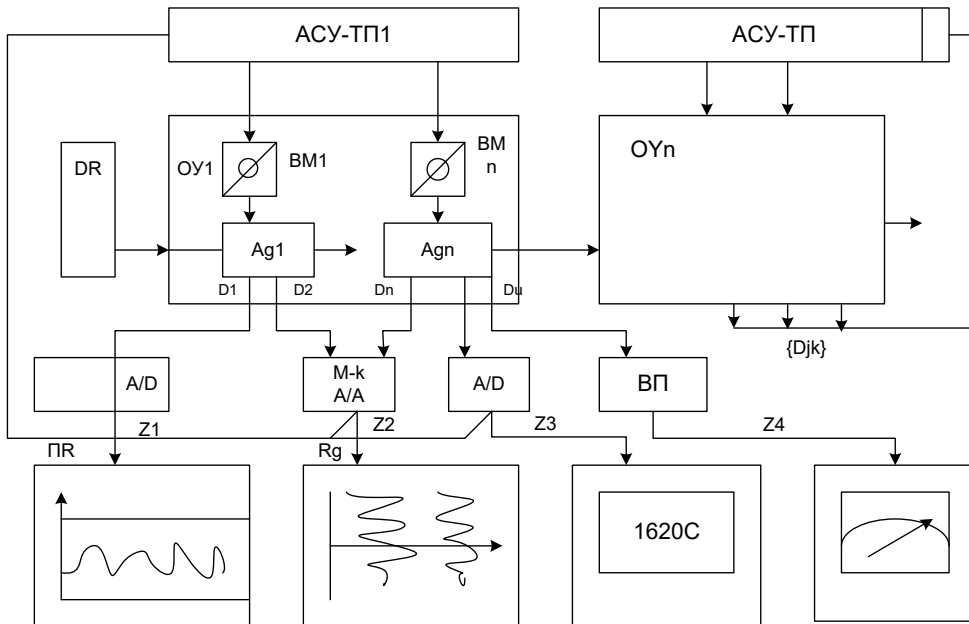
Така форма відбору і представлення даних має різну інформативність, неадекватно сприймається оператором, по різному інтерпретується і тому рішення на підставі таких моделей представлення потоків різнопараметричних даних приводить до когнітивних збоїв.

Аналіз впливів стохастичної невизначеності для прийняття рішень на основі відібраних даних залежить від типу завдань необхідних для створення інформаційної моделі представлення і оцінки ситуації та значень про:

- $Z_{sd}$  – розпізнавання і ідентифікація класів структури і динаміки об'єктів;
- $Z_{ps}$  – побудову множини просторів станів об'єкта та цільового простору системи;
- $Z_{MC}$  – моделювання реакції об'єкта в просторі станів при дії факторів впливу;
- $Z_{SM}$  – методи та концепції прогнозування змін стану об'єкта при дії управління і загроз;
- $Z_{Strat}$  – способи побудови оптимальних і адаптивних стратегій управління;
- $Z_{Pn}$  – побудова причино-наслідкових діаграм впливу комплексу факторів на стан об'єкта управління.

Відповідно фактори невизначеності, при формуванні і прийнятті рішень можна згрупувати в класи або кластери, які визначають появи ризиків при формуванні і прийнятті рішень:

- невизначеність від неповноти даних;
- невизначеність природних обставин;
- невизначеність від способу дії активного агента-оператора;
- невизначеність мети управління системою;
- багатокритеріальна невизначеність;
- невизначеність пов'язана з фізичною або ускладненнями у здійсненні процесу вимірювань та трактування даних.



|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Сценарій покадровий ситуації в просторі станів<br>$T_{mj}=T_{var}$            | Сценарій термінальний в реальному часі<br>( $T_i=24r$ )<br>$t_3$                  | Індикація даних в реальному часі<br>$t_3=\min$                             | Індикація показів в реальному часі                |
| $f_d > 44 \text{ кГц}$  | $F_{\max} < 1 \text{ кГц}$  | $F_d > 1 \text{ кГц}$  | $T_3 - \min$                                      |
| Комп'ютерна обробка інтерпретація траєкторії зміни стану<br>$Z(f) \in V_n(Z)$ | Спостереження і інтерпретація тенденцій<br>$Z(t) < Z_{\max}$<br>$Z(t) \in V_n(Z)$ | Оцінка динамік зміни $N_z$<br>$N_z < N_z \max$<br>$N_z \in N_e + \Delta n$ | Оцінка динамік<br>$a_x < a_{\max}$<br>$a_x < a_n$ |
| Аналіз образу (кадровий) ситуації   | Багатоканальний аналіз стану об'єкта  | Оцінка параметра в дискретному часі  | Оцінка поточних показів ОПР                       |

Рис. 3. Інформаційні схеми відбору даних для діалогової мультимедійної системи, як індикатор ситуації в полі уваги оператора

**2. Міри на числовій осі, як індикатори інформаційних параметрів стану об'єкту управління при оцінці ситуації в процесі відбору даних.**

У приладах для контролю стану агрегатів технологічних об'єктів має місце два види вимірювань, які є базовими для відбору і опрацювання даних в реальному часі: фізичні (аналогові перетворення); функціональні (алгоритмічні).

Фізичне вимірювання може бути достовірне тоді, якщо вибраний вимірювальний перетворювач побудований на основі відповідного фізичного ефекту і



є адекватний змісту цільового параметра стану, при заданій шкалі вимірювальних перетворювачів.

Функціональне вимірювання може бути достовірним, якщо відповідає вимогам метрологічного забезпечення яке встановлює код числа, розрядність, структуру шкал, спосіб індикації результатів вимірювань.

$$P_{N=N_x}(x) = F_N(x) - F_{N+1}(x) = \frac{1}{\Gamma\left(\frac{x}{\Delta_0}\right)} \exp\left(-\frac{x}{\Delta_0}\right),$$

яка відповідає закону розподілу Пуасона з математичним сподіванням

$$M\left[N(x) = \frac{1}{\Delta_0} x \cdot \exp\left(-\frac{x}{\Delta_0}\right) \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{x}{\Delta_0}\right)^{n-1} \cdot \frac{1}{(n-1)!} \rightarrow \frac{x}{\Delta_0}\right],$$

$$\text{та дисперсією } D_N = \sum_{N=1}^{\infty} N^2 \frac{1}{\Gamma\left(\frac{x}{\Delta_0}\right)} \exp\left(-\frac{x}{\Delta_0}\right) - \left(\frac{x}{\Delta_0}\right)^2.$$

Аналіз логічної структури процедури оцінки потоків даних для визначення реального значення параметра стану при дії збурюючих факторів на підставі вибраного методу і шкали підтверджує його ефективність.

Для приладів з цифровою обробкою даних маємо наступні дані:

$$M[N(x)] = \frac{x}{\Delta_0}, \quad D_N = M[N(x)] = \frac{x}{\Delta_0},$$

а відносна похибка вимірювань буде  $\delta_N = \left(\frac{\Delta_0}{x}\right)^{1/2}$ , які відображають ме-

трологічну структуру процесу вимірювання, а не сприйняття їх оператором – особливо значення  $D_N$ .

При аналогово-дискретному перетворенні результат вимірювання представлений через крок дискретизації, який співпадає з мірою  $N_x = \text{ent}\left[\frac{x}{\Delta_d}\right]$ ,

де  $\Delta_d$  – крок дискретизації при рівномірній однозначній шкалі приладу для вимірювання, тобто маємо скасування ситуації.

При невідповідності значень міри і кроку дискретизації, результат вимірювання представляється з певним рівнем невизначеності даних при виконанні процедури обчислення параметра стану на інтервалі спостереження оператором – когнітивним агентом, що приводить його до дезорієнтації в оцінці ситуації та некоректного прийняття рішень згідно

$$N_x(\Delta_1, \Delta_2) = \text{ent}\left[\frac{x}{\Delta_1 - \Delta_2}\right] = \text{ent}\left[\frac{x}{\Delta_d}\right],$$

де  $\Delta_1, \Delta_2$  – значення міри.

Непрямі методи вимірювання (концентрації пилу в повітрі, воді, розчинів та їхні параметри) ґрунтуються на функціональному узгодженні шкал концентрації з шкалою потужності лазерного зондування на підставі активного методу відбору даних з технологічного середовища.

На підставі проведеного аналізу та експериментальних досліджень на Бурштинській ТЕС розроблено структурно-функціональну схему лазерного вимірювального перетворення рівня концентрації компонент середовища (домішок у рідинах, газових потоках) (рис. 4) [23-25].

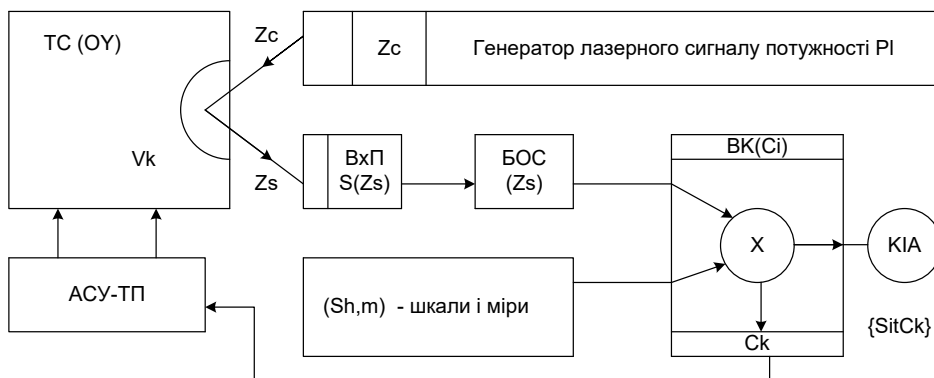


Рис. 4. Функціональна схема побудови лазерного концентратоміра для виявлення просторової структури потоків

Позначення на схемі:  $TC(OY)$  – об’єкт контролю,  $V_K$  – область активного контролю,  $B_x\Pi(S(C_K))$  – вхідний пристрій для сигналу  $Z_S$  про рівень концентрації  $S(L_S \setminus C_K)$ , БОС – блок обробки сигналів,  $BK(C_K)$  – обчислення рівня концентрації.

Лазерні концентратоміри входять в комплекс оперативного контролю режимів енергоактивних блоків, що необхідно для оцінки поточної ситуації і прийняття управлінських рішень, виявлення граничних рівнів концентрації вугільного пилу, забезпечують протиаварійну сигналізацію [23-25].

### 3. Інформаційні характеристики процесу вимірювання електричних величин і параметрів стану і їх експертна оцінка при прийнятті рішень.

Вимірювання значень електричних величин здійснюється (A/D) аналогово-дискретним перетворювачем (рис. 5). В його схему входить вхідний сенсор; НВПа – нормуючий аналоговий перетворювач; цифровий АЦПд дискримінатор; кодовий перетворювач (КП); СУ – система управління; вхідний комутатор сенсорів; Ш(ДУА) – шини даних, управління, адреси; ІА<sub>0</sub> – інтелектуальний агент-оператор.

Прилади при такій структурі здійснюють режим вимірювання мультиметра, тобто вимірюють значення струму, напруги, опору ( $I_s, U_s, \Omega_s$ ), які відображають через сенсори  $(S_{n_i} |_{i=1}^m)$  фізико-хімічні параметри стану об’єкта у вигляді (як для окремого так і щитового) представлення

$$N_x^{Si}(\Delta_d) = \text{ent} \left| \frac{x}{\Delta_d} \right|,$$

де  $N_x^{Si}$  – значення параметру  $x : [\theta \rightarrow K_{Sn}^\theta \rightarrow N_x(Si)] \rightarrow N_x^{Si}(\theta)$ , відповідно розмір

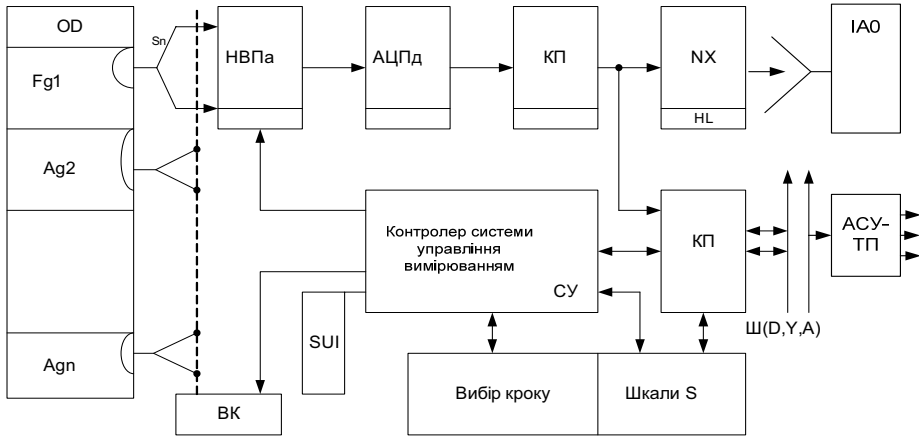


Рис. 5. Схема аналогово-дискретного перетворювача з дискретним цифровим індикатором відображення значень параметри стану

шкали  $N(S)$  відповідає  $\max N_x = \text{ent} \left| \frac{X \max}{\Delta d} \right| = \max N_x^{Si}(\theta) \equiv N(S),$

де  $\max N_x^{Si}(\theta)$  – максимальне значення параметра  $\theta$  в шкалі  $Si$ .

Для цифрових вольтметрів й амперметрів в структурі ІВС шкали будуються в наступному порядку (в залежності від фірми виробника) та мають однозначну характеристику:

$$OY \rightarrow (B\Pi_\theta) \rightarrow \left( \text{Alg} \left| \hat{\theta} \right| \right) \rightarrow |\theta_i|_{i=1} \rightarrow |N_{\theta_i}|.$$

Мультиметри забезпечують широкий діапазон вимірювання фізико-хімічних параметрів стану об'єктів при наявності відповідних сенсорів чутливих до них з відповідними алгоритмами обробки даних

$$- \text{Alg} \left( X \rightarrow X = \hat{N}_X \right), \quad \text{Alg} \left( X \rightarrow N_X \rightarrow \text{Alg} S \rightarrow \hat{X} \right),$$

які узгоджується з функціональною структурою ІВС-АСУ.

При високій точності приладів чутливості й лінійності шкали для АСУ-ТП в режимі управління значення параметра мають однаковий рівень достовірності їх оцінки, але для оператора в полі уваги якого знаходяться десятки приладів з різними шкалами при наближенні навантаження до граничних значень їх

значимість і інформативність міняється. Стабільний нормальний режим при всій сукупності даних не викликає в нього тривоги, але зміна траєкторій параметрів стану, яка наближається до граничних значень і процесі функціонування агрегату за рахунок управляючих або збурюючих факторів, викликає тривогу, невпевненість в розумінні змісту ситуації, хоча прилади фіксують сигнали на одному рівні їх достовірності.

Тому важливо в системі ІВС і АСУ окремо ідентифікувати причино-наслідкові діаграми факторів впливу, структурні графи зв'язків агрегатів і відповідно їх відображати на інформативному рівні та в базі даних.

#### 4. Інформаційні діаграми перетворень фізичних параметрів у сигнали, які переносять відомості про стан об'єкта.

Основою формування процедур контролю об'єктів є методи побудови моделей діаграм інформаційних перетворень, які описують перехід від фізичних до інформаційних сигналів.

На основі інформаційної діаграми перетворень (параметр – сигнал – оцінка) поданої у наступній формі:

$$(D_{Yn} OY \{ \theta_p | t \}) \xrightarrow{K_{Si}} \left\{ \begin{array}{l} U(\theta, t) \\ I(\theta, t) \\ \Omega(\theta, t) \end{array} \right\} \rightarrow N_x(\theta, t) \xrightarrow{S} \hat{\theta}_t \rangle - \rangle \xrightarrow{OYo} KIA \rightarrow \langle Sit OY \rangle .$$

де  $(D_{Yn} OY \{ \theta_p | t \})$  – динаміка об'єкта управління з параметром стану  $\theta_p(t)$  в моменті часу  $t \in Tm$ ,  $S$  – шкала,  $K_S$  – коефіцієнт перетворення,  $PO_o$  – поле уваги,  $KIA$  – когнітивний інтелектуальний агент.

Дискримінація параметра  $X \xleftarrow{K_\theta} \theta$  пов'язаного з фізико-хімічним параметром стану  $\theta$  відбувається згідно перевірки гіпотез на шкалі  $(S / N_x, X)$ :

$$H_1 : \left( \sum_{i=1}^N \Delta d \leq X \right) \Rightarrow (K_d = N)_S \mapsto (\hat{X} - \Delta d / l) \equiv N_{\Delta d} ,$$

$$H_2 : \left( \sum_{i=1}^{N+1} \Delta d > X \right) \Rightarrow (K_d = N + 1)_S \mapsto (\hat{X} + \Delta d / (l - k)) \equiv (N + 1) \Delta d ,$$

де  $\Delta d$  – крок дискретизації;  $\Delta d / l$ ,  $\Delta d / (l - k)$  – похибки вимірювань  $X$  при кроку  $\Delta d$ .

Ймовірність події, при якій буде зафіксований результат, визначається згідно оцінки ситуації в об'єкті при наближенні до граничної ситуації:

$$P \left( \sum_{i=1}^N \Delta d \leq X < \sum_{i=1}^{N+1} \Delta d \right) \equiv P_N(X, \Delta d) \equiv P \left( \sum_{i=1}^N \Delta d \leq X \right) - P \left( \sum_{i=1}^{N+1} \Delta d < X \right) ,$$

відповідно характеристики точності будуть мати математичне сподівання:

$$M[N_x(\Delta d, X)] = \sum_{N=0}^{\infty} N P_{N=N_x}(X, \Delta d \dots \Delta d_n),$$

де  $N_x$  – цифровий відлік.

Відповідно похибка оцінки параметра  $\hat{N}_x$ , яку може вирізнити оператор в полі своєї уваги по шкалі приладу буде:

$$\delta_N = D_N^{1/2} \cdot M[N(X, \Delta d)]^{-1}, D_N(X) = \sum_{N=0}^{\infty} N^2 P_{N=N_x}(X, \Delta d),$$

з дисперсією  $D_N(x)$ .

При формуванні структури дисплейного комплексу і щитів управління АСУ-ТП необхідно враховувати особливості когнітивного сприйняття оператором потоків даних в полі уяви і концентрації уваги на центрі відеостіни щита та по краях і кутах згідно схеми системи.

Для аналогових приладів шкала наноситься на стрілочний вказівник, а процес дискримінації для визначення  $N_x(\theta)$  виконує оператор, або ранговий дискримінатор рівня зміни параметра стану, який з'єднаний з виходом приладу.

При оцінці ситуації оператором в складних об'єктах, при граничних режимах, нечіткість даних приводить до росту рівня тривожності, помилок при формуванні і прийнятті управляючих рішень та виникнення аварійних ситуацій в об'єкті управління (рис. 6).

Позначення на схемі (рис. 6): ІВС – інформаційно-вимірювальна система, АСУ – автоматизована система управління, ПКор – процес корекції, ВМ – виконавчий механізм,  $I_{Con\ sit}$  – образ ситуації,  $\{U_{Ki}\}$  – управляючі команди корекції режиму,  $\{D_{Si}\}$  – потоки даних,  $\{A_{gi}\}$  – технологічні агрегати, КІА – когнітивний інтелектуальний агент-оператор, який виконує оперативне втручання у процес управління об'єктом,  $\{F_i\}$  – фактори, ПІС – поле уваги оператора.

Когнітивний інтелектуальний агент-оператор входить в команду оперативного управління, яка виконує управлінські операції по зміні і корекції режиму функціонування об'єкта згідно цільових задач, контролює реакцію на управляючі дії, комплексує збурення.

При наближенні до граничних режимів оператор на підставі одержаної інформації з потоку даних від мультимедійного щита і аналогових та цифрових приладів, які є в полі його уваги формує образ ситуації і цільовому просторі системи згідно режиму заданого диспетчером [10-28].

Відповідно до навантаження, оператор приймає рішення на корекцію ситуації при дії ресурсних збурень, інформаційних загроз, системних атак, появи несправностей, які можуть викликати аварійні стани та ризики в системі. Залежність режимів, від рівня навантаження, приводить до когнітивної напруженості при прийнятті рішень на корекції управління станом та росту тривожності при наближенні до допустимих нормативних значень (рис.6).

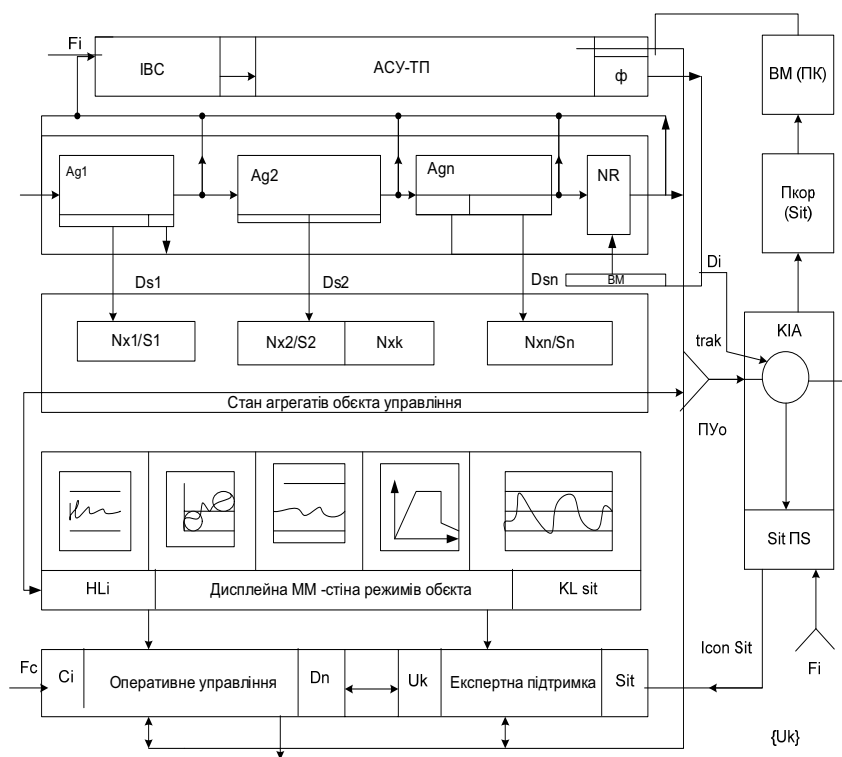


Рис. 6. Інформаційно-функціональна схема структурної організації відбору даних від об'єкта та їх індикації для оцінки ситуації оператором (KIA)

У такій ситуації, оператор як когнітивний інтелектуальний агент має володіти певним інтелектуальним потенціалом, який забезпечує ефективне прийняття управляючих рішень. Інтелектуальний потенціал залежить від знань професійної підготовки досвіду здібностей приймати рішення в нестандартних ситуаціях. Відповідно такій підхід є підставою виокремлення факторів діяльності [7-19].

Виокремлені фактори здібності до управлінської діяльності, в умовах ризику та екстремальних ситуацій, сформовані в таблицях:

1. Таблиця 1 – фактори дезорієнтації оператора при прийнятті рішень;
2. Таблиця 2 – фактори невизначеності при відборі даних про стан об'єкта для оцінки ситуації оператором;
3. Таблиця 3 – когнітивні фактори при оцінці достовірності даних і прийнятті управлінських рішень;
4. Таблиця 4 – знання необхідні для прийняття управлінських рішень оператором.

Значення факторів (коефіцієнтів) отримуємо в процесі тестування згідно логіко-когнітивного підходу їх побудови.

Таблиця 1

### Фактори дезорієнтації оператора при прийнятті рішень

| № пп | Факти                        | Зміст фактора  | $k_F$            |
|------|------------------------------|--|------------------|
| 1    | 2                            | 3  | 4                |
| 1.   | $F_n(trak X_i)$              | При цифровому представленні $N_{X_i}$ не прослідковується траєкторія зміни стану                                     | $F(N_X)$         |
| 2.   | $F_n(\Delta\alpha_r)$        | Втрата орієнтації оператором при наближенні траєкторії до лінії граничного режиму                                    | $FG_r$           |
| 3.   | $F_\Delta^U(trak X)$         | Не просліджуються тенденції зміни траєкторії $x(t, u)$ при дії управління $U$ в умовах завод                         | $F_\Delta^U$     |
| 4.   | $F_\Delta^U(L_\Delta - L_G)$ | Дезорієнтація оператора при наближенні до аварійного стану систем при дії управління і завод                         | $F_\Delta(L_A)$  |
| 5.   | $\frac{F(HL(L_A))}{max N_X}$ | Виникнення стресу в оператора при наближенні до лінії аварійної ситуації та при оцінці максимальних показів приладів | $F(max N_X)$     |
| 6.   | $F(N_X \pm \Delta_i)$        | Спотворення сприйняття даних оператором при дії завод  | $F(sen D_i)$     |
| 7.   | $F_D(\hat{N}_X)$             | Ступінь впевненості оператора в показах приладів за рівнем достовірності   | $F_D(\hat{N}_X)$ |
| 8.   | $F_N(sit PG)$                | Фактор невизначеності ситуації в уяві оператора при дії завод  | $F_N(\hat{X})$   |

Таблиця 2

### Фактори невизначеності при відборі даних про стан об'єкта для оцінки ситуації оператором

| № пп | Факти                         | Зміст фактора  | $k_F$               |
|------|-------------------------------|--|---------------------|
| 1    | 2                             | 3  | 4                   |
| 1.   | $\overline{F_{nd}(V_{pi}^U)}$ | Неповнота і суперечливість даних від різних приладів                 | $\overline{F_{nd}}$ |
| 2.   | $FIB(N_X)$                    | Неповнота інформаційного базису різних шкал приладів                 | $F(Sh)$             |
| 3.   | $F_{sn}(N_X)$                 | Суперечливість даних від показів з різних приладів                   | $F_{sn}$            |
| 4.   | $F_{T\epsilon}(N_X)$          | Зміна показів за рахунок старіння приладів                           | $F_\Delta N_X$      |
| 5.   | $F(NT)$                       | Термінальна надійність приладів в процесі експлуатації системи       | $F_T$               |
| 6.   | $F(\Delta X(\xi))$            | Похибки приладів при дії завод                                       | $F_{\Delta X}$      |
| 7.   | $F_{RS}$                      | Залежність похибок від типу важливості задач контролю                | $F_R$               |
| 8.   | $F_{US}$                      | Залежність від типу задач управління (необхідність)                  | $F_U$               |
| 9.   | $F_V(AlgVD)$                  | Фактор достовірності даних при вибраних алгоритмах вимірювання       | $F_V(\hat{D})$      |
| 10.  | $F_D(Alg \hat{N}_X)$          | Фактор достовірності даних при вибраних алгоритмах обробки даних     | $F_n(\hat{D})$      |
| 11.  | $F_{nz}(D_i(\xi))$            | Фактор невизначеності за рахунок неповноти знань про функції системи | $F_{UZ}$            |
| 12.  | $F_\mu(Ndi)$                  | Нечіткість даних   | $F_i$               |

Таблиця 3

**Когнітивні фактори при оцінці достовірності даних  
і прийнятті управлінських рішень**

| № пп | Факти                              | Зміст фактора   | $k_F$     |
|------|------------------------------------|---|-----------|
| 1    | 2                                  | 3   | 4         |
| 1.   | $F_{nzo}$                          | Низькі, непорядковані професійні знання професійного оператора про об'єкт | $K_{nzo}$ |
| 2.   | $F_{nr}$                           | Низький рівень підготовки   | $K_{nr}$  |
| 3.   | $F_{VR}$                           | Здатність і вміння приймати оперативні рішення                            | $K_{UR}$  |
| 4.   | $F_S(sit)$                         | Здатність приймати рішення в стресовій ситуації                           | $K_{SS}$  |
| 5.   | $F_{nf}$                           | Нерозуміння фізичних процесів в агрегатах і блоках                        | $K_{nf}$  |
| 6.   | $F_L(sit)$                         | здатність до лінгвістичного змістовного опису ситуації                    | $K_{LS}$  |
| 7.   | $F_{KZ}(PR_U)$                     | Вплив завод на когнітивний збій при прийнятті рішень на управління        | $K_{KZ}$  |
| 8.   | $F_{\mu}(sit \rightarrow Iconsit)$ | Здатність представляти в уяві образ ситуації                              | $K_{PU}$  |
| 9.   | $F_{IC}(Iconsit)$                  | Здатність до коректної оцінки ситуації в просторі цілей                   | $K_{IC}$  |
| 10.  | $F_{KI}(D_i/T_m)$                  | Здатність виявляти конструктивну інформацію з потоку даних                | $K_{Ki}$  |
| 11.  | $F_{nr}(UR_i)$                     | Нерішучість при прийнятті управлінських рішень                            | $F_{nrU}$ |

Таблиця 4

**Знання необхідні для прийняття управлінських рішень оператором**

| № пп | Факти                             | Зміст фактора  | $k_F$          |
|------|-----------------------------------|--|----------------|
| 1    | 2                                 | 3  | 4              |
| 1.   | $Z_{sd}$                          | Знання пр. структуру і динаміку об'єкта  | $F_{sd}$       |
| 2.   | $Z_{ps}$                          | Знання про спосіб представлення просторів цілей і станів об'єкта   | $F_{ps}$       |
| 3.   | $Z_M(F \xrightarrow{R} sit)$      | Модель реакції об'єкта на фактор впливу  | $F_{m,f}$      |
| 4.   | $Z_{SU}^P((U,F) \rightarrow sit)$ | Вміння використати знання для прогнозу зміни стану при дії управління і загроз                             | $F_{SU}^P$     |
| 5.   | $Z_V(strat(U/C_i))$               | Вміння побудувати оптимальні стратегії для реалізації цілей умовах дії загроз                              | $F_{CU}$       |
| 6.   | $Z_{pn}^K(F \rightarrow U_d)$     | Вміння оцінити причинно-наслідкові діаграми впливу факторів загроз на управлінські дії когнітивного агента | $F_{pn}^K$     |
| 7.   | $Z_{PR}^K(KsitU_i)$               | Здатність приймати рішення в кризових та аварійних ситуаціях на підставі системних знань і досвіду         | $F_{PR}^K$     |
| 8.   | $Z_{\mu}(D_i)$                    | Здатність опрацювати нечіткі дані  | $F_{\mu}(D_i)$ |
| 9.   | $Z_{\mu}(PD_i)$                   | Здатність інтерпретувати розмиті дані  | $F_{\mu}(D_i)$ |

На підставі проведеного тестування та одержаних результатів можна оцінити рівень професійної підготовки оперативного персоналу на існуючих підпри-



ємствах та їх оптимізувати для мінімізації неправильних рішень, які приводять до аварійних ситуацій за рахунок не коректної оцінки вимірювальних даних про стан об'єкта та їх інтерпретацію при дії загроз та інформаційних атак.

Відповідно до системного і когнітивного методу розроблено інформаційну технологію та її структурну схему для відбору і опрацювання даних і оцінки ризиків (рис. 7) [7-22].

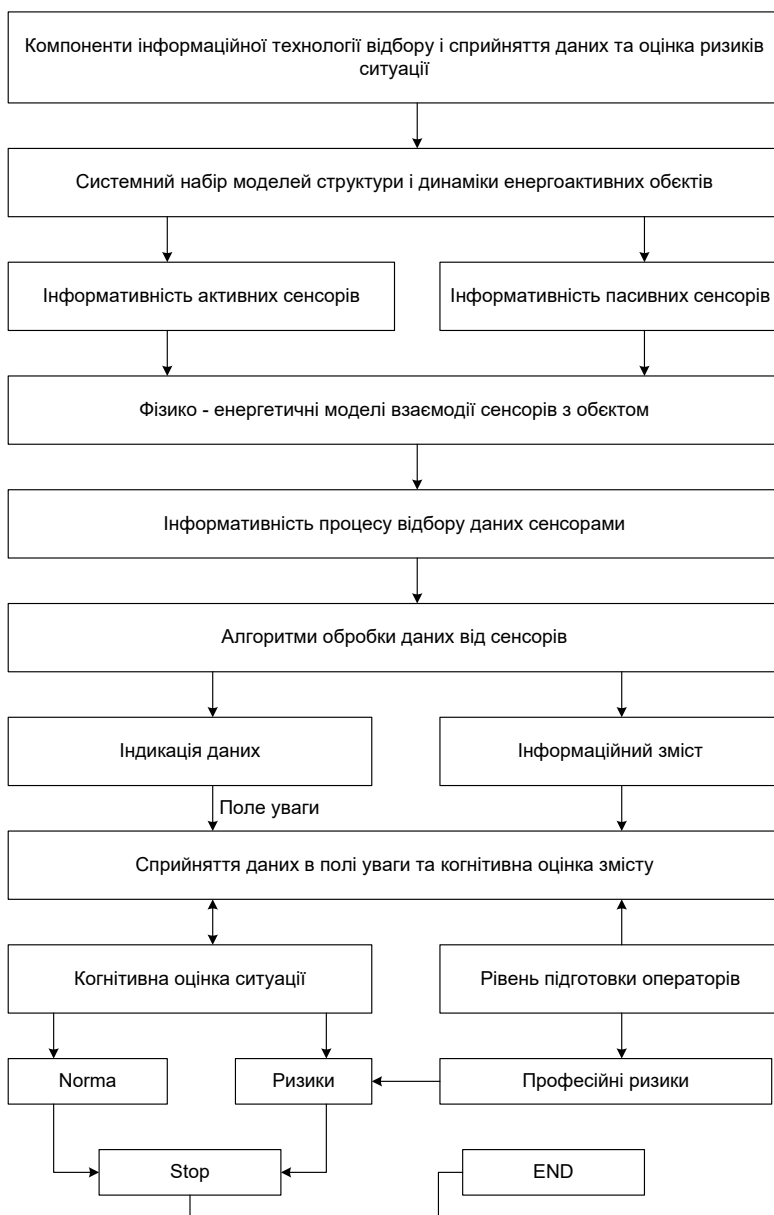


Рис. 7. Інформаційна технологія відбору і опрацювання даних та оцінки ризиків

Побудована технологія відбору даних на підставі системного аналізу і когнітивної психології процесів мислення є підставою створення методики оцінки ризиків на основі аналізу комплексу контрольованих параметрів. Відповідно, згідно із (див. рис. 7) можна оцінити рівень ризиків, які можуть виникнути із-за непрофесійної команди оперативного управління.

**Висновок.** На підставі проведених експериментальних і наукових досліджень технологічних енергоактивних об'єктів і процесів у них виокремлено особливості сприйняття і оцінки потоків даних від об'єктів, які характеризують динаміку та управлінські ситуації при зміні режимів навантаження. Для контролю цих процесів і їх параметрів використовують, активні і пасивні за способом дії, вимірювальні системи, покази яких є в аналоговій, цифровій, графічній формах та мультимедійному відображенні. Сприйняття даних з таких приладів, які є в полі уваги оператора, мають свої особливості. При зміні режиму функціонування вони створюють психічне напруження для нього із-за різних способів представлення даних, оскільки важко виділити границі переходів з нормального в граничний стан функціонування. Розроблена інформаційна технологія сприйняття даних оператором (когнітивним активним агентом) в полі його уваги, від сенсорів та інформаційно-вимірювальних систем, на підставі виділення когнітивних і знаневих факторів особи, є підставою формування ефективних команд оперативного управління, які забезпечують надійне функціонування блоків і агрегатів техногенних систем.

### Список використаних джерел

1. С Zames Goodwin. Research in Prycho. Logx. H. Zohn Willey Sons, Ins. Київ, СПБ Питер. 2004. 558 с.
2. Johann Pfanzagl, Theory of Measurement Phys-Verbal, Wien. 1971 М. Мир, 1976. 247 с.
3. Handbook of Human Factors // Gabriele Savendy T3/ john Wiley sans/ New Jorc. М.Мир. 1991. 486 с.
4. Присняков В. Ф., Приснякова Л. Н. Математическое моделирование переработки информации оператором человеко-машинных систем. М. : Машиностроение, 1990. 248 с.
5. Чубукова И. А. Data Mining. Москва: ИУИГ Бином, 2008. 382 с.
6. Искусственный интеллект / Т.2 Моделм и методы / ред. Поспелов Д.А. М. Радио и связь, 1990. 304 с.
7. Анализ данных и процессов / под ред. Барсеяна А. А. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2009. 512 с.
8. Элясберг П.Е. Измерительная информация: сколько ее нужно? Как ее обработать? М. Наука. 1983. 208 с.
9. Змитрович А.И. Интеллектуальные информационные системы. Минск, Тетра-Системс, 1997. 368 с.
10. Ларичев О. Н. Теория и методы принятия решения. Москва: ЛОГОС, 2000. 246 с.
11. Поспелов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика. М. Наука. 1986. 288 с.

12. Сухомлин В.А. Введение в анализ информационных технологий. М. Горячая линия, Телеком. 2003. 427 с.
13. Вендров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. М. Финн. и Стат. 2000. 352 с.
14. Белз О. Основи економічних експертних систем. Львів: ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2009. 238 с.
15. Баранкевич М.М. Експертні методи в ухвалені рішень. Львів, ВЦ ЛНУ ім. І. Франка. 2008. 214 с.
16. CASE – оценка критических программных систем. Т1. Хмельницьк - Харьков, Нац. аэрокосмический ун-т «Харьковский авиационный институт» 2012. 201 с.
17. Терехина А.Ю. Анализ данных методами многомерного шкалирования. М. Наука. 1986. 168 с.
18. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. М. Мир. 1990. 208 с.
19. Шинбирев П.Н. Гибридные непрерывно-логические устройства. М. Энергоатомиздат. 1990. 174 с.
20. Кулагин Б.В. Основы профессиональной психодиагностики. Л. Медицина. 1984. 216 с.
21. Мінцер О.П., Вороненко Ю.В., Власов В.В. Обробка клінічних і експериментальних даних у медицині. К. Вища школа. Т.5. 2003. 350 с.
22. Коган А.Б., Владимирский Б.В. Функциональное состояние человека-оператора / Оценка и прогноз // Проблемы космической биологии. Т.58. М. Наука. 1988. 212 с.
23. Лиса Н.К. Інформаційні технології створення систем екологічного моніторингу крайових техногенних структур. Львів : Українська академія друкарства, 2020. 224 с.
24. Сікора Л.С., Лиса Н.К. Інформаційні та лазерні технології створення систем екологічного моніторингу енергоактивних техногенних виробничих структур. Львів: Українська академія друкарства, 2019. 370 с.
25. Сікора Л.С. Когнітивні моделі формування стратегій оперативного управління інтегрованими ієрархічними структурами в умовах ризиків і конфліктів: Монографія // Л. С. Сікора, Б. В. Дурняк, М. С. Антоник, Р. Л. Ткачук. – Львів: Українська академія друкарства, 2013. 449 с.
26. Sikora L., Tkachuk R., Lysa N., Dronyuk I., Fedevych O., Navutka M. Information technologies of formation of intellectual decision-making strategies under conditions of cognitive failures. 1st International Workshop on Computational & Information Technologies for Risk-Informed Systems (CITRisk – 2020). Cherson, Ukraine, October 15-16, 2020. Vol. 2805, pp. 233-254.
27. Sikora L., Tkachuk R., Lysa N., Dronyuk I., Fedevych O. Information and Logic Cognitive Technologies of Decision-making in Risk Conditions. IntellTSIS 2020. Proceedings of the 1st International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security. (CEUR-WS.org, ISSN 1613-0073) Khmelnytskyi, Ukraine, June 10-12, 2020. Vol. 2623, pp. 340-356.
28. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Ткачук Р.Л., Навитка М.Л., Сабат В. І., Федина Б. І., Тупичак Л.Л. Інформаційні технології формування стратегій прийняття рішень інтелектуальним агентом в техногенних системах за умов когнітивних збоїв. Комп'ютерні технології друкарства. 2020. № 1 (43). С. 71–94.

**DOI 10.32403/2411-9210-2021-1-45-110-130****INFORMATION AND COGNITIVE TECHNOLOGIES OF SITUATION ASSESSMENT IN ENERGY-ACTIVE FACILITIES BY THE OPERATOR OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM IN THEIR SELECTION FROM THE DATA FLOW IN THE CONDITIONS OF INTERFERENCE AND FAILURE FACTORS**

Lysa N.<sup>1</sup>, Sikora L.<sup>1</sup>, Tkachuk R.<sup>2</sup>, Tupychak L.<sup>3</sup>, Talanchuk R.<sup>2</sup>, Fedyna B.<sup>3</sup>, Fedevych O.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lviv Polytechnic National University,  
12, S.Bandera St., Lviv, 79013, Ukraine

<sup>2</sup>Lviv state university of life safety,  
35, Kleparivska St., Lviv, 79000, Ukraine

<sup>3</sup>Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine

*On the basis of the conducted researches, the method of construction of information technology of an images perception level estimation of the dynamic situations received from measuring systems which are a part of ACS complex by operational personnel was considered in the article. Based on systems analysis and cognitive psychology, the readings perception from measured analog and digital systems by the operator in his field of attention is substantiated and the influence of disturbance factors on the reliability of content perception, informative data by the operator performing his functions in the operational staff team is substantiated.*

*To increase the efficiency of the measuring devices system for the data selection from objects, a cognitive model of information perception (situation images) in the field of attention of the ACS TP operator in the conditions of threats and extreme modes of operation is substantiated. Attention is paid to the processing peculiarities of analog and digital signals by the operator in assessing the reliability of the state of the control object and the nature of errors in data uncertainty.*

*The structural scheme of the measuring converter is constructed on the basis of a choice of adequate measures and the information structure of measuring process is substantiated.*

*The evaluation of the quality state parameters measurement transformation of the control object is carried out and the measure choice for laser converters of the concentration level of components is substantiated and the conversion information diagrams of physical parameters into a signal are constructed.*

*The information-functional scheme of the data selection organization from technogenic systems units is substantiated and developed.*

*Peculiarities of data perception and their interpretation by the operator's cognitive system are substantiated, and on their basis factors tables that determine a*

*person's ability to make decisions in extreme situations and extreme conditions are developed. Procedures for assessing the accident risk level risk in the conditions of maximum modes and cognitive failures are substantiated.*

**Keywords:** *Data, system, measurements, sensors, intelligence, risk, cognitive model, situation.*

*Стаття надійшла до редакції 04.02.2021*

*Received 04.02.2021*