

КОМПЛЕКСУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ЛАЗЕРНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ

Розглянуто моделі комплексування ІВС для розв'язання задач стійкості обробки даних з цілю забезпечення на їх основі інформацією для управління ПНО в граничних режимах і аварійних ситуаціях.

Considered a model of coordination of IMS for solving stability of data processing with the aim of providing information on their basis for limiting PNO management modes and emergency situations.

1. ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Інтенсифікація технологічних процесів в енергетичних та виробничих структурах зумовила високий рівень ризику виникнення граничних і аварійних ситуацій за рахунок зміни параметрів ресурсних потоків, обладнання через які ці потоки проходять в енергоактивних реакторах та блоках. В проектах таких систем вимоги до параметрів технологічного обладнання і процесів в них закладено на основі нормативних актів з відповідним коефіцієнтом запасу ресурсу експлуатації. При перевищенні термінального терміну експлуатації ризику виникнення граничних режимів зростають, тому необхідно більш адекватно до ситуації навантаження контролювати динаміку таких процесів з використанням додаткового обладнання, яке б дало змогу експертам більш конструктивно оцінювати ситуацію та відповідно її відобразити на оперативних дисплейних і щитових комплексах.

2. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЕФЕКТИВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПНО

Ефективний контроль режимів технологічного процесу при граничних режимах будується на основі комплексування різних класів інформаційних вимірювальних систем, які використовують моделі фізико-хімічних і енергетичних перетворень сигналів при відборі даних про хід процесу та стан обладнання.

¹ Національний університет «Львівська політехніка»

Для аналізу проблеми відбору даних розглянемо структурну схему управління ієрархічною технологічною системою (рис.1). Відповідно такі структури мають наступні рівні організації:

- рівень ресурсів енергетичних (DR_e), матеріальних (DR_m), технологічних (DR_t);
- рівень технологічного потенційно-небезпечного об'єкта (Т-ПНО) з агрегованою структурою в яку входять енергетичний, технологічний реактори, формуючі продукцію машини (ФН), направляючі системи потоків продукції (NP);
- рівень інформаційно-вимірjuвальної системи для автоматизованого відбору даних про стан обладнання і хід процесу;
- АСУ-ТП з рiшаючим командним процесором управління з заданою стратегією цільового функціонування;
- рівень оперативного спостереження за ситуацією в агрегатах ПНО та командно-оперативним персоналом, який виконує роль оперативного координатора;
- рівень експертної системи, як стратегічного координатора управління в АСУ-ТП;
- агрегатна структура технологічної структури в реакторах якої проходить перетворення матеріальних ресурсів в теплову в електричну енергію, яка в подальшому використовується для виробництва енергоємної продукції з використанням матеріальних ресурсів.

Для підвищення інформативності процесів контролю вводиться лазерно-інформаційно-вимірjuвальна система з автоматичним відбором додаткових даних про фізико-хімічний стан технологічного середовища (концентрації домішок в технологічних рідинах, хім. склад та ін.)

Формування образу ситуації і його комплексного портрету (мультимедійного) відбувається в ранговому дискримінації траєкторій Х-Т процесів та ситуаційному процесорі з мультимедійним відображенням ходу технологічного процесу, сприймання його командою операторів-інтелектуальних агентів, які координують режим АСУ-ТП на локальному рівні. В складних ситуаціях інформація передається в режимі діалогу та автоматичному в СППР- експерт для координації рішень і їх виконання.

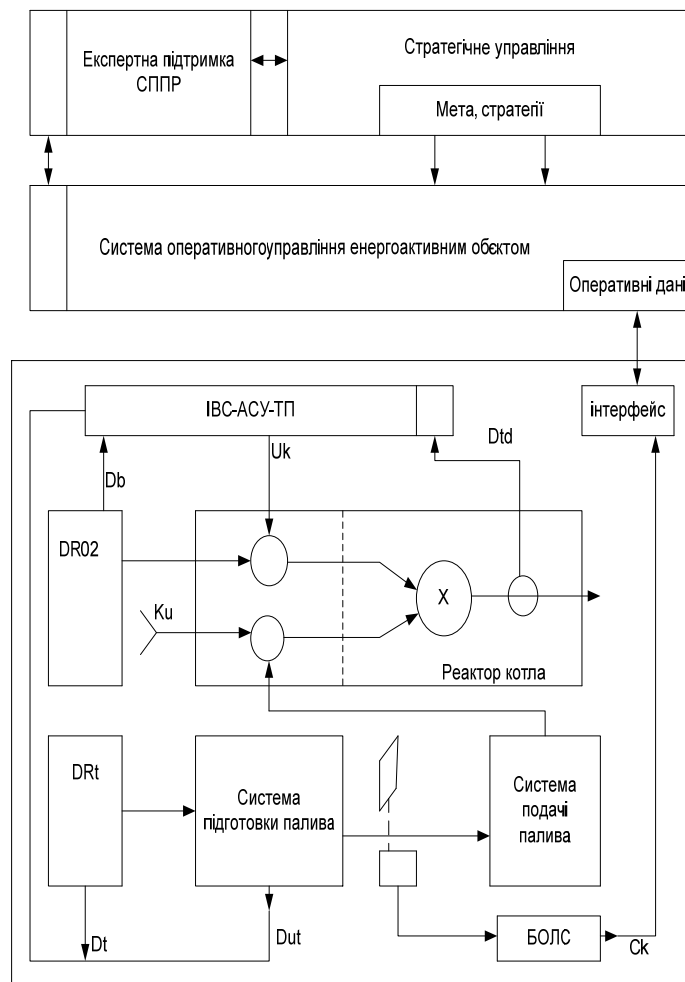


Рис. 1. Вибір додаткових даних від агрегатів ПНО методом лазерного зондування про рівень концентрації вугільного пилу

Формування образу ситуації вимагає відповідного нормування даних (D_T , D_L , D_R) та їх інтерпретації відповідно до інформаційного змісту ситуації. Якщо інтерпретація технологічних D_T і ресурсних D_R -даних достатньо опрацьована, то лазерних даних вимагає додаткового дослідження.

Згідно концепції повноти і достовірності даних про стан ПНО розроблена схема обміну потоками даних в інтегрованій системі (Рис.1).

3. МОДЕЛІ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ І КОМПЛЕКСУВАННЯ ДАНИХ В УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМАХ.

1. Прямі вимірювання з АЦП на основі сенсорів відбору даних

Дані від вимірювальних перетворювачів (ВП_Е, ВП_М, ВП_Т) формуються на основі фізико-хімічних і енергетичних взаємодій активного елемента і технологічного середовища з певними параметрами згідно діаграми інформаційно-енергетичних перетворень:

$$\langle \dot{O}I - \dot{O}^0 C \rangle: [E_{ts} \rightarrow EA_i \xrightarrow{\mu(E, \theta)} \theta_i^T \rightarrow N_x(\theta)],$$

де E_{ts} - енергетична температура, EA_i - активний елемент, θ - параметр зв'язку $E_{ts} \rightarrow T^0 C \rightarrow \theta_i^t$, $\mu(\)$ - коефіцієнт перетворення, $N_x(\theta)$ - числовий відлік параметра на виході АЦП.

При прямому вимірюванні параметрів енергоактивних перетворень використовується енергія процесу горіння, яка генерується за рахунок фізико-хімічних термодинамічних перетворень:

- енергія теплового потоку (інфрачервоний спектр випромінювання);
- енергія оптичного випромінювання за рахунок зміни молекулярної структури компонент палива і повітря (реакція горіння) та утворення нових хімічних компонент продуктів згорання;
- акустична генерація за рахунок динамічного зміщення фронту полум'я в процесі горіння.

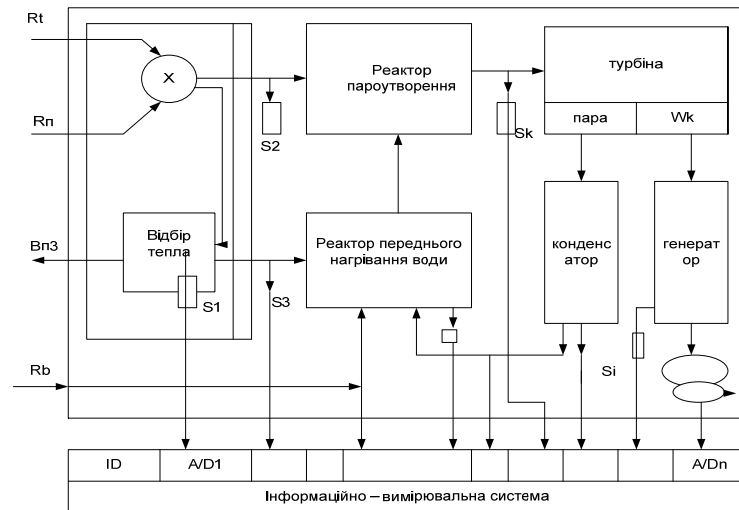


Рис. 2. Схема відбору даних від агрегатів

Інтерпретація потоку даних від ВП.

В залежності від стратегії управління технологічним процесом формуються алгоритми опрацювання даних в автоматичному режимі згідно цільового завдання, відповідно до рівня завад в каналах вимірювання технологічних параметрів. Проаналізуємо класи можливих ситуацій та їх інформаційні індикатори.

Модель неперервного комплексуючого збурення управління об'єктом з прямим відбором сигналу про параметри на основі діаграми:

$$M_1 : Z_s : E_{TS}^{T^0} \rightarrow EA_i \xrightarrow{\mu} \theta_i(t_i, T^0) \rightarrow N_x(\theta_i)$$

$$\downarrow$$

$$\xi_{TS} \text{ --- } \uparrow \quad \xi_N \text{ --- } \uparrow \quad \theta(T^0, t_i),$$

де оцінка $\hat{\theta}(T^0, t_1) = \text{Alg} | \hat{N}_x(\theta_i, \xi_{TS}, \xi_N, t_j, \hat{\tau}) |$ - повинна враховуватись дія збурюючих факторів ξ_{TS}, ξ_N у технологічному та інформаційному каналі.

При умові, що оцінка параметру стану формується при дії завад, вибираються альтернативні стратегії управління.

$$H_1^u : \hat{\theta}_e^u(T^0, t_j) - \hat{\theta}(T^0, t_j, \xi_{TS}, \xi_N) < \Delta\theta_{\min} \Rightarrow | \text{ПД} - \text{стратегія} |$$

$$H_2^u : \hat{\theta}_e^u(T^0, t_k) - \hat{\theta}(T^0, t_j, \xi_{TS}, \xi_N) > \Delta\theta_{\max} \Rightarrow | \text{СППР} - \text{стратегія} |$$

де: $\Delta\theta$ - допустимі відхилення траєкторії стану.

Якщо : $H_{ij}^{\xi} \{ |\xi_{TS}| + |\xi_N| \} < (\Delta\theta_p^u)$ - менше допустимого порогового відхилення в робочому режимі управління ПНО, то використовується ПД- стратегія балансного управління, де $\theta_e^u(p, t_m)$ - траєкторія еталонного управління об'єктом технологічної системи на термін $t_m \in T_m$.

Відповідно при рості амплітуди завад, що приводить до невизначеності використовується СППР-стратегія, яка формується на верхньому рівні ієрархії в режимі координації.

2. Ситуації управління в ПНО в умовах граничного навантаження.

Розглянемо можливі ситуації управління (рис.3) при дії завад на ПНО-об'єкт та канали вимірювання, які виникають при зміні режимів

функціонування системи управління $\{R_1 \dots R_K\}$ згідно еталонної траєкторії поведінки ПНО $\hat{\theta}_e^u(p / \forall t \in T_m)$ - заданої виробничою стратегією і цільовою функцією в термінальному просторі поведінки системи $(I_\theta \times T_m)$, де I_θ - інтервал значень параметрів стану, T_m - термінальний ситуаційний час.

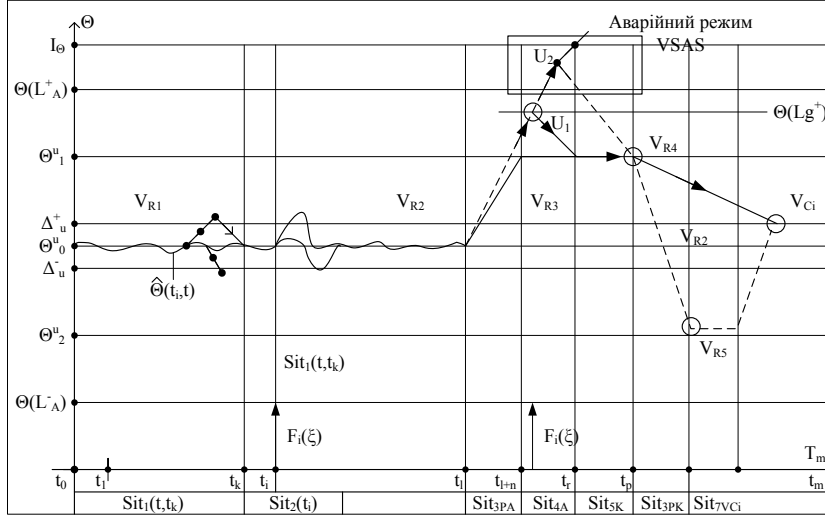


Рис. 2. Ситуації управління в термінальному просторі $[(I_\theta \times T_m) \subset \check{I} S_{\text{фн}}]$, стану об'єкта управління

При управлінні в граничному режимі необхідно визначити міру ризику виходу в аварійну зону при цьому необхідно перевірити і оцінити ймовірність аварії, тобто повного виходу системи з ладу
Міра близькості до аварійного стану

$$\mu_{BA} = \left| \theta(\xi, u, \hat{t}), \theta(L_A^+) \right| = \left(\theta(L_A^+) - \theta(\hat{t}_i) \right) = \Delta \hat{\theta}(t_i)$$

$$\mu_{Risk_A} = \left[\mu_{BA} / I(\theta_{L_g}^+) \right] \rightarrow \Delta_0 \rightarrow Risk_{\max}$$

$$\rightarrow \Delta_N \rightarrow Risk_{\min}$$

де Δ_0 - мінімальна віддаль до $L_g^+ (\theta(\xi, u, t) \leq L_g^+)$

Δ_N - запас по параметру стану $(\theta(\xi, u, t) < L_u^+)$

3. Ситуація при нормативних навантаженнях.

$M_1[\text{Sit}((t_1, t_k) | \theta_0^u)]$ - модель ситуації при нормальних навантаженнях визначається положенням параметра стану ПНО відносно керуючої еталонної траєкторії поведінки системи, при цьому оцінка параметра стану на інтервалі $\tau_i = [t_k - t_i] \subset T_m$ визначається.

$$\hat{\theta}(t_1, t) = \begin{cases} \frac{1}{\tau} \int_{t_1}^{t_k} [\theta(t_1, t) + \xi_\theta(t)] dt - \text{неперервний відбір сигналу} \\ \frac{1}{K} \sum_{i=1}^n [\theta(t_i) + \xi_\theta(t_i)] - \text{дискретний відбір} \end{cases}$$

а відхилення від траєкторії від заданої для кожного моменту часу визначається з умови згідно процедури перевірки гіпотез:

$$\left. \begin{array}{l} \exists \text{Stra}(U | C_i) \\ \forall t \in T_m \\ \& \\ |\xi_\theta(t)| < \Delta U \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{cases} H_{1j} : \hat{\theta}(t_i) \leq \theta_o' + \Delta_u^+ \Rightarrow \begin{cases} \text{Sit}_{11}(> \Delta U^+) \rightarrow \hat{E}_{11} (\mu_{\Delta_1}^+ > \Delta U^+) \\ \text{Sit}_{12}(< \Delta U^+) \rightarrow K_{12}; (\mu_{\Delta_2}^+ < \Delta U^+) \end{cases} \\ H_{2j} : \hat{\theta}(t_i) \leq \theta_o' - \Delta_u^- \Rightarrow \begin{cases} \text{Sit}_{21}(< \Delta U^-) \rightarrow K_{21}; (\mu_{\Delta_1}^- < \Delta U^-) \\ \text{Sit}_{22}(> \Delta U^-) \rightarrow K_{22}; (\mu_{\Delta_2}^- > \Delta U^-) \end{cases} \end{cases}$$

при цьому $\Delta U^+, \Delta U^-$ - допустимий поріг відхилення траєкторії параметра режиму навантаження відносно еталонного значення заданого в поточному часі ΔU^+

$$\begin{aligned} \mu_{\Delta_1}^+ &\geq \left| \text{trak } \theta(u, \xi, t_i) - \theta_e(t_i) \right| > \Delta U^+, \forall t_i \in T_{ij}^u; \\ \mu_{\Delta_2}^+ &\leq \left| \text{trak } \theta(u, \xi, t_j) - \theta_e(t_i) \right| < \Delta U^+, \forall t_i \in T_{ij}^u; \\ \mu_{\Delta_1}^- &= \left| \text{trak } \theta(u, \xi, t_k) - \theta_e(t_k) \right| > \Delta U^-, \forall t_k \in T_{ik}^u; \\ \mu_{\Delta_2}^- &= \left| \text{trak } \theta(u, \xi, t_e) - \theta_e(t_e) \right| < \Delta U^-, \forall t_e \in T_{ie}^u, \end{aligned}$$

де $\{\text{Sit}_{ij}\}$ - визначають розбиття простору станів на альтернативній області $\overset{0}{I}_\theta \times T_m$:

$I_\theta = \bigcup_{e=1}^m I_e(\theta_{e1}, \theta_{e2})$ – інтервал значень параметра станів,
 $\{K_{1j}, K_{2j}\}$ – набір управляючих команд для виконавчих механізмів
регулюючих подачу ресурсу.

Мінімізація ризику ввійти в аварійну зону визначається згідно процедури

$$\begin{aligned} \forall t \in \tau_m, \min_{T_m} Risk (stratU | C_i) &\Leftrightarrow \max_{T_m} \mu(\hat{\theta}(t_i)) - L_A^+ \\ &= \max_{T_m} \hat{E}_r \left[\left(L_A^+ - \hat{\theta}(t_i) \vee \left(\hat{\theta}(t_i) - L_A^- \right) \right) \right] \\ P(\hat{\theta} \geq L_a^+) &\Rightarrow \max Risksit_A, \end{aligned}$$

де $Strat(U | C_i)$ – стратегія управління, μ – міра наближення до аварійного режиму, K_r – коефіцієнт нормування рівня ризику.

Модель ситуації при граничних навантаженнях і дії сильних технологічних збурень $M_2 \left[Sit(t_e, t_k, \hat{\theta}(t, \xi)) C_i \right]$ приводить до ризику згідно:

$$\begin{aligned} \forall t \in [t_e, t_n] \subset T_m, \exists t_i | \xi(t_i) \geq N[\Delta U], \mu(\bar{\theta}_i / L_A^+) &\rightarrow \min_{T_m}, \\ \{\exists \min \mu(\bar{\theta}_i / L_A^+) \Rightarrow \min_{\tau_k} | L_A^+ - \theta(t_i, \xi_i) \} &\rightarrow \max_{\tau_k} Risk(SitA) \end{aligned}$$

де $\vec{\theta}(t, \xi)$ – вектор параметрів стану ПНО сформований за рахунок відбору даних вимірювальними інтегрованими системами включаючи лазерне зондування технологічного середовища.

В цьому випадку наявність в СППР набору ефективних стратегій є підставою формування анти аварійних управляючих дій при переході в V_{R3} :

$$\begin{array}{l} \exists \text{Strat}(E_u | C_i) \\ \forall t \in T_m, \xi_\theta(t) < K_T \Delta U \\ T_{\text{in}} = [t_{i, l+n}]; \\ \text{SitG}(U | C_i) : V_{R2} \rightarrow V_{R3} \end{array} \left| \begin{array}{l} H_{1i} : |L_A^+ - \hat{\theta}(t_i, \xi)| < \mu \Delta_r \mapsto \text{Sit}_{ALARM} \\ H_{2i} : |L_A^+ - \hat{\theta}(t_i, \xi)| > \mu \Delta_r \mapsto KL\{U_i\} : (U_i \rightarrow K_i) \end{array} \right.$$

де V_{R2}, V_{R3} - область режимного управління.

Модель ситуації при некоректних стратегіях.

В граничних режимах і дії збурень на інформаційні та ресурсні потоки виникає ризик аварійної ситуації.

$M_3[(\text{Sit}_{ALARM}) \cong \exists \vec{\xi}_i : (Z \in V_{R2}) \xrightarrow{U^*} (Z^* \in V_{R3}) \longrightarrow] [P(\text{Risk}) = 1]$
що вимагає перевірки достовірності попадання системи в пре аварійну зону по параметру θ

$$\text{prob}\{\text{Sit}[\text{trak}\theta(\xi, u, t_i) \in I_g]\} \leq 1 + \varepsilon_r, \text{ де}$$

$$I_g \in I_0, \min I_g \geq \theta_n, \max I_g \leq \theta(L_A^+)$$

ε_r - коефіцієнт розмитості в оцінці даних про стан об'єкта управління в момент часу $(t_i \pm \tau)$

тобто під дією збурення дезорієнтується система управління і змінює функціонування граничних V_{R2} в V_{R3} - аварійну за рахунок некоректних управляючих дій.

$$Z(t_{l+n}) \rightarrow \theta(t_{l+n}, \vec{\xi}_1) \xrightarrow{Alq|\cdot|} \hat{\theta}^*(t_{l+n} + \tau);$$

відповідно з умови перевірки гіпотези про статичні оцінки на інтервалі $[t_{l+n}, t_{l+\tau}]$, робиться висновок помилковий щодо управління

$$H_{1i} : [\hat{\theta}^*(t_{e+\tau}) < \theta(Lq^+)] \Rightarrow KL(U_{2i} | C_i);$$

$$H_{2i} : [\hat{\theta}^*(t_{e+\tau}) > \theta(Lq^+)] \Rightarrow KL(U_{1i} | C_i).$$

Тобто вибору класу управляючих дій, які ведуть в область V_{SAS} - системних аварійних ситуацій, а не в цільову область V_{Ci} .

Для формування якісних і коректних оцінок, необхідних для формування ефективних стратегій, недостатньо поточного відбору даних про стан об'єкту керування для формування образу ситуації, а використання адекватної інтелектуальної обробки даних на інтервалах спостереження. Необхідно на основі блоків даних прогнозувати розвиток подій, оцінювати ризик неправильних рішень, ризики аварій в граничних режимах навантаження ПНО.

Комплексування ІВС як засіб підвищення рівня гарантованого управління ПНО.

Вимоги до інформації, яка формується з потоків даних відібраних ВП з об'єкта ПНО, характеризується в залежності від станів:

- період проектування;
- термін науково – дослідної і експериментальної експлуатації первинної конструкції ПНО;
- період будівництва і пуско- налагоджувальних робіт;
- початкова стадія експлуатації;
- період нормального режиму експлуатації;
- період експлуатації з перевищенням терміну гарантованої роботи після виконання ремонтів і модернізації.

В залежності від періоду часу роботи, алгоритми і процедури опрацювання даних ускладнюються з цілю виявлення інформаційних індикаторів підвищення ризику аварій на основі використання статистик і Data Mining для розв'язання задач прийняття управлінських рішень.

Відповідно синтезуються алгоритми:

- оцінювання з мінімальною дисперсією і зміщенням;
- перевірки статичних гіпотез про вид розподілу даних на інтервалах оцінювання;
- робастного оцінювання даних і числових характеристик випадкових величин, як факторів збурення в каналах відбору даних;
- оцінки параметрів розподілу результатів вимірювання та оцінки траєкторій руху в просторі станів ПНО;
- прогнозу при вивченні поведінки об'єктів в умовах дії збурюючі факторів;
- побудови логічних рішачи правил розпізнавання образів ситуацій;
- алгоритмів відбору інформативної підсистеми ознак розпізнавання образів ситуацій в граничних режимах;
- адаптивного планування експериментів в ПНО для оцінки стійкості та розв'язання задач оптимізації режимів управління та функціонування;
- кореляційного аналізу для ідентифікації збурюючі факторів впливу на ПНО і систему управління;
- факторного аналізу для виявлення джерел впливу на стратегії управління;
- багатомірного шкалювання для формування альтернативного розбиття простору цілей та узгодження інтервалів значень параметрів вимірювальних сигналів в рамках непараметричних статистик;

- для опрацювання даних фізико-хімічних та лазерних методів дослідження стану технологічного середовища ПНО;
- кластеризація і класифікація основних потоків даних та додаткових відборів фізико-хімічних проб від ПНО;
- прийняття рішень з нечітким відношенням переваги для синтезу стратегій в СППР;
- процедур побудови просторів стану для кожного агрегату та моделей їх представлення в термінальному часі;
- процедури формування образів динамічних ситуацій в просторі станів і цільовому на інтервалах циклів управління в реальному часі;
- процедури побудови розвитку сценаріїв подій в нормальному стані ПНО та в граничних і аварійних режимах;
- оцінювання факторів впливу на основі причинно – наслідкових зв'язків.

3. ВИСНОВОК.

Розглянуто інформаційні технології формування моделей комплексуювання вимірювальних систем для оцінки параметрів стану технологічних процесів в граничних режимах, які забезпечують пониження рівня ризику управління в умовах дії збурень.

1. Лавренчик В.И. *Постановка физического эксперимента и статистическая обработка его результатов.*- М.: Энергоатомиздат.1986.-272 с.
 2. Лбов Г.С. *Методы обработки экспериментальных данных.*- М.: Наука./Сибирское отделение, 1981.- 157 с. 3. Гайдышев Т. *Анализ и обработка данных.*-СПб: Питер.2001.-752 с. 4. Кенуй М.Г. *Быстрые статистические вычисления.* - М.: Статистика.1979.-68 с. 5. Рунлон Р. *Справочник по непараметрической статистике.*- М.: Финансы и статистика.1982. 6. Смоляк С.А. *Устойчивые методы оценивания.* / Смоляк С.А., Титаренко Б.П.// - М.: Статистика. 1980. - 208 с. 7. Сявавко М. *Інформаційна система нечіткої експерт - Львів Видавничий центр ЛНУ ім. Ів. Франка. 2007.- 320 с.*
 8. Мариничев А.Н. *Физико-химические расчеты на микро ЭВМ.* / Мариничев А.Н., Турбович М.Л., Зенкевич И.Г.// - Ленинград: Химия, 1990.- 256 с.
 9. Дорожовець М. *Опрацювання результатів вимірювань.*- Львів ВНУ ЛП. 2007.- 624 с. 10. Барсегян А.А. *Анализ данных и процессов.*- СПб: БХВ-Петербург. 2009.- 512 с. 11. Сікора Л.С. *Моделі комплексуювання вимірювальних і інформаційних лазерних систем для оцінки параметрів стану технологічних процесів та середовища в граничних режимах управління / П.Й. Омеляновський, Л.С. Сікора, Н.К. Лиса // ЗНП, Інститут проблем моделювання в енергетиці. – 2009. – Вип. 53. – С.201-209.*