

УДК 004.942:159.953.52

### ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СТРУКТУРИ ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПІДТРИМКИ РІШЕНЬ В КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЯХ

Л.С. Сікора<sup>1</sup>, Н.К. Лиса<sup>1</sup>, Ю.Г. Міюшкович<sup>1</sup>, Р.С. Марцишин<sup>1</sup>, Р.Л. Ткачук<sup>2</sup>,  
В.І. Сабат<sup>3</sup>, Р.Р. Таланчук<sup>3</sup>, Л.Л. Тупичак<sup>3</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 представлено схеми і моделі для підтримки прийняття рішень для ліквідації загроз під час надзвичайних ситуацій в ієрархічних системах. Побудова схем і моделей відбувалась на основі інформаційних та системних технологій (на підставі концепції ідентифікації).*

*В сучасних технологічних виробництвах зі складною ієрархічною структурою причинами виникнення надзвичайної ситуації можуть бути збої, перешкоди, неполадки (як в інформаційно управляючих структурах, так і у виробничих агрегатах, а також при порушенні технологій).*

*При виникненні помилок (які можуть бути допущені в процесі аналізу граничної ситуації або аварійної ситуації) та неправильних рішеннях динаміка розвитку подій матиме катастрофічні наслідки. Для недопущення розвитку подій за таким сценарієм, оперативний і технічний персонал повинен володіти відповідним рівнем систематизованих знань. Це дає змогу персоналу ідентифікувати джерела небезпек та фактори впливу, будувати причинно-наслідкові зв'язки. Це стає основою аналізу стану потенційно-небезпечних об'єктів (ПНО) в ієрархічній структурі системи. Цей системно-інформаційний базис необхідний для побудови сценаріїв розвитку подій, виявлення вузьких місць і прийняття рішень в умовах ліквідації загроз і аварійних станів командою оперативного управління. Для складних структур техногенних систем проблема ідентифікації (як динаміки так і взаємозв'язків агрегатів) у повній мірі не розв'язана. Це вимагає розроблення нових методів з врахуванням поведінки людини.*

*Сучасне виробництво – це складні інтегровані людино-машинні керовані системи та стратегії управління (які внесені як в структуру АСУ, так і в базу знань і професійних навиків людини-оператора). Характерною рисою таких систем є розподіл інформаційного навантаження відповідно до цільових задач. Це вимагає опрацювання потоків даних різної інформаційної значущості, виявлення характерних ознак поведінки системи відносно цілі, формування рішень для координації руху системи в напрямку цільової області. Ці процеси і*

*процедури прийняття рішень підвищують психічну напруженість оператора. Це може привести до прийняття рішень з невиправданим ризиком. Тобто, відповідно до ситуації, зростає ціна помилки. Саму це формує комплекс вимог до оператора: як до рівня його інтелектуальної готовності, так і до його психофізіологічних характеристик.*

**Ключові слова:** інформація; система; структура; ризик; потенційно небезпечні об'єкти.

**Вступ.** Сучасне виробництво – це складні інтегровані людино-машинні керовані системи, стратегії управління, які внесені як в структуру АСУ, так і в базу знань і професійних навиків людини-оператора. В ієрархії системи на людину-оператора покладаються такі задачі [15-18]:

- контроль динамічного стану ресурсних і енергоактивних об'єктів;
- формування координуючих дій для підтримки цільового функціонування системи при дії факторів впливу на ресурсні, інформаційні потоки, управляючі дії на енергоактивні об'єкти;
- управління і регулювання технологічними процесами в нормальних режимах і надзвичайних ситуаціях викликані загрозами і конфліктами.

Оператор в таких системах стає інтегральним інтелектуальним блоком процесора управління і від нього залежить надійність функціонування системи [1]. Характерною рисою таких систем є розподіл інформаційного навантаження згідно цільових задач, що вимагає опрацювання потоків даних різної інформаційної значущості, виявлення характерних ознак поведінки, системи відносно цілі, формування рішень для координації руху системи в напрямку цільової області [19-22]. Ці процеси і процедури прийняття рішень підвищують психічну напруженість оператора, а це може привести до прийняття рішень з невиправданим ризиком. Тобто, відповідно до ситуації, зростає ціна помилки, а це формує комплекс вимог до оператора: як до рівня його інтелектуальної готовності, так і до його психофізіологічних характеристик [4, 5].

**Актуальність проблеми.** В сучасних виробництвах зі складною ієрархічною структурою причинами виникнення надзвичайної ситуації можуть бути збої, перешкоди, неполадки як в інформаційно управляючих структурах, так і у виробничих агрегатах та при порушенні технологій [4-7].

При помилках, які можуть бути в процесі аналізу граничної або аварійної ситуації, та неправильних рішеннях, динаміка розвитку подій матиме катастрофічні наслідки. Для недопущення розвитку подій за таким сценарієм, оперативний і технічний персонал повинен володіти відповідним рівнем систематизованих знань, щоб ідентифікувати джерела небезпек та фактори впливу, будувати причинно-наслідкові зв'язки – основу аналізу стану потенційно-небезпечних об'єктів (ПНО) в ієрархічній структурі системи. Цей системно-інформаційний базис необхідний для побудови сценаріїв розвитку подій, виявлення вузьких місць і прийняття рішень в умовах ліквідації загроз і аварійних станів командою оперативного управління. Для складних структур техногенних систем

проблема ідентифікації як динаміки так і взаємозв'язків агрегатів у повній мірі не розв'язана, що вимагає розроблення нових методів з врахуванням поведінки людини [8-10].

Найважливішим ефективним фактором роботи оператора в інтегрованих системах є рівень інтелекту, як основного елементу процесу коректного сприйняття і опрацювання потоку даних та образів ситуацій в умовах ризику при невідповідному її трактуванні змісту, це приводить до аварійних рішень [2].

**Новизна досліджень.** На підставі інтеграції методів системного аналізу, інформаційних технологій, когнітивної психології розроблено основи методу ідентифікації оператором виникнення надзвичайних ситуацій у техногенних системах при дії активних факторів впливу на ресурсну і інформаційну структури об'єктів та процеси управління.

**Постановка завдання.** Оперативний і технічний персонал за рівнем підготовки повинен мати навички побудови структурних схем зв'язків, проведення декомпозиції блоків і агрегатів, технологічних ліній і функціональних вузлів, навичками визначення їхніх критичних параметрів та вмінням будувати плани дій в нормальних і аварійних умовах на основі системних та інформаційних технологій. В іншому випадку він буде нездатний приймати правильні управляючі рішення.

**Об'єкт дослідження** – методи і моделі представлення структури техногенної для ідентифікації її організації і виявлення кризових вузлів аварійно небезпечних.

**Предмет дослідження** – процеси опрацювання різномірних даних про структуру і динаміку агрегатів і блоків енергоактивних техногенних систем з врахуванням когнітивних характеристик персоналу системи управління.

**Мета дослідження проблеми:** розроблення логіко-когнітивних моделей з використанням системного аналізу і інформаційних технологій для ідентифікації структури і динаміки ієрархічних структур, як основи управління.

**Методи дослідження** – для виявлення структурних особливостей використано системний аналіз, динаміки поведінки і відбору даних, інформаційні технології, для оцінки дій персоналу методи когнітивної психології, теорію ідентифікації для виявлення структури техногенної системи.

**Аналіз літературних джерел.** В працях [1-3] розглянуто методи ситуаційного управління, системологія прийняття рішень, методи моделювання виробничих процесів та систем, потокові технологічні системи, математичні моделі в управлінні виробництвом.

В працях [11-14] методи побудови систем контролю виробничих процесів, вибір варіантів рішень для реалізації стратегій управління.

Проблеми оперативного управління розглянуто у роботах [6, 23-26], а також процедури прийняття рішень.

Методи і моделі когнітивної психології для оцінки процесів оперативного мислення людини розглянуто у працях [6, 27-30].

Як слідує з огляду проблемна задача ідентифікації структури ієрархічних систем [25] та динаміки процесів [10] у повній мірі не розв'язана, оскільки не враховує інтелект людини-оператора при прийнятті рішень в екстремальних умовах [6, 27, 31, 32], що і підкреслює актуальність проблеми ідентифікації кризових ситуацій в ієрархії системи.

В роботах [33-37] розглянуто системні і логіко-когнітивні аспекти управління в складних системах.

В колективних працях [45-48] розглянуто за період 1973-1991 рр. комплекс проблем, методів аналізу і ідентифікації, моделювання систем на високому науковому і методичному рівні, в тому числі:

- система, як об'єкт дослідження, теорія моделювання;
- системний аналіз і теорія прийняття рішень;
- сучасна алгебраїчна теорія систем;
- технології системного моделювання;
- аналіз динаміки і структури системи;
- теорія ієрархічних систем управління та загальна математична теорія систем;
- сучасні методи ідентифікації систем та категорний аналіз структур;
- моделі стаціонарних, нелінійних, стохастичних систем і методи їх ідентифікації;
- оперативна ідентифікація об'єктів управління.

Ці підходи, методи і теорії, системний аналіз заклали основу проектування сучасних систем управління, аналізу динаміки, синтезу структури та розв'язання проблем управління складними об'єктами та техногенними комплексами.

Умовою безперебійного та ефективного функціонування складних систем в екстремальних умовах є сформовані та логічно впорядковані знання предметної області в когнітивній структурі нейросистеми оперативного персоналу та навик користування ними за несприятливих умов трудової діяльності [2, 6, 7]. Для вирішення цієї задачі необхідно розробити концепцію структуризації знань для процедури ідентифікації (рис. 1) [45-49].

### **Декомпозиція процедури ідентифікації структури системи**

**1. Структурні з'єднання, автономність і декомпозиція систем.** Важливою задачею застосування теорії систем та інформаційних технологій є дослідження великомасштабних систем з ієрархічною структурою їх організації, яку можна розглядати як сімейство відповідно до пов'язаних підсистем для реалізації цільових завдань. З цих позицій теорія систем вивчає структуру як цілісність, що забезпечує досягнення мети [1, 4, 6]. Відповідно до всі підсистеми пов'язані через оператори з'єднання, що забезпечує цілісність функціональної системи і визначає роль кожної підструктури в структурі системи та її цілеспрямовану поведінку. Що вимагає перегляду класичної теорії САР з використанням системного аналізу і когнітивної теорії управління [30-33], [50-54].

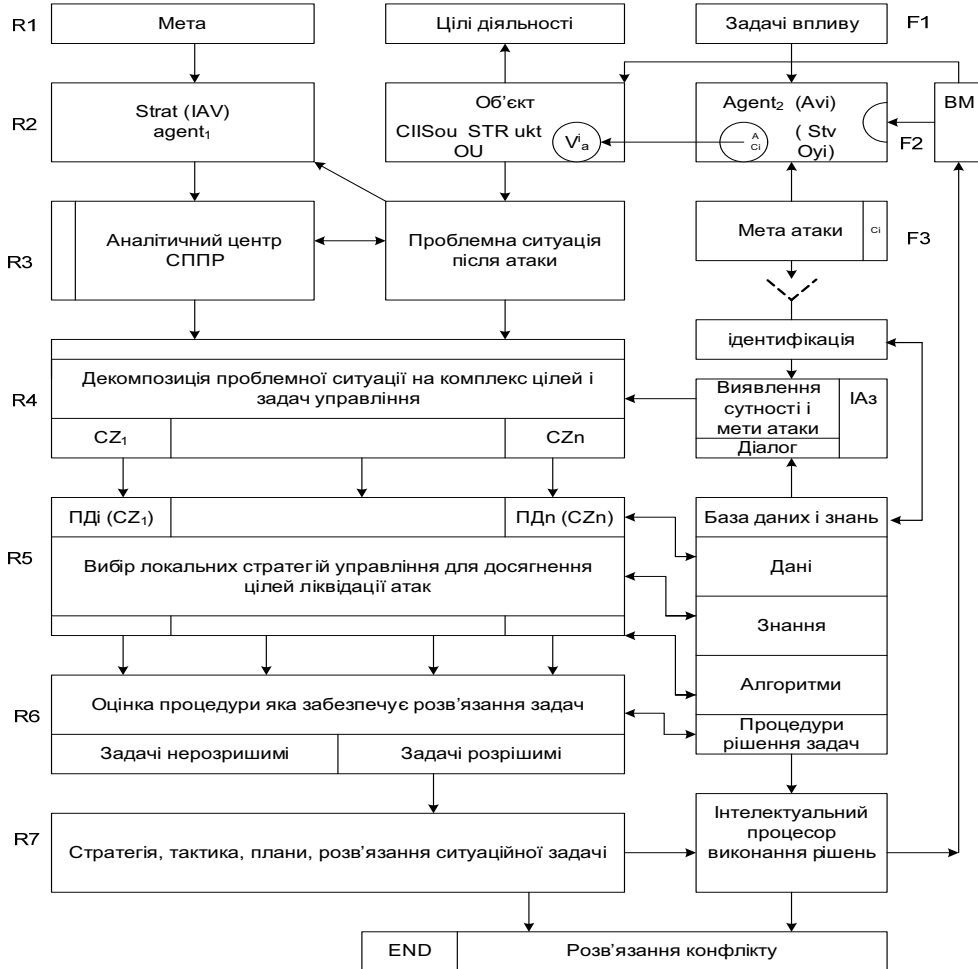


Рис. 1. Структура техногенної системи з ієрархічною організацією управління

Позначення на рис. 1:  $V_a^i$  – область активного впливу,  $AC_i$  – активатор дії,  $AV_i$  – джерело активного впливу,  $StrstIAU$  – стратегічний інтелектуальний агент управління,  $CII_{ou}$  – комплексна інтегрована інтелектуальна система управління об’єктом,  $StrstIOU$  – структура об’єкта управління,  $Agent(StrstIOU_j)$  – агент впливу,  $R_1 \div R_7$  – рівні структурної ієрархії,  $\{R_1 \div R_7\}$  – фактори інформаційних загроз, IA – інтелектуальний агент.

Розглянемо підходи до виявлення і опису структури системи і ієрархією

**Означення 1.** Узагальнена система  $S_i \subset X_i \times Y_i$  з об’єктами  $X_i = \otimes \{X_{i,j}, j \in Ix_i\}$  та  $Y_i = \otimes \{Y_{i,j}, j \in Iy_i\}$  на компонентних множинах  $V = (\bigvee_{i=1}^m x \cdots x V_{in})$  і  $\bar{V}_i = \{V_{i1}, \dots, V_{in}\}$  утворює структуру з множиною  $\{X_i\}$ , якщо може утворювати з’єднання.  $(X_{ij} \in Zx_i), \{X_i\} = \otimes \{X_{ij} : X_{ij} \in \bar{X}_i\}$  – вхід відповідно до масмо вихідний об’єкт системи  $Zy_i = \otimes \{y_{ij} : y_{ij} \in \bar{y}_i\}$ .

Для кожної системи  $S_i \subset X_i \times Y_i$  існують багато типів з’єднань:

$$(S_i = X_i \times Y_i) \rightarrow \{Si_z \subset (X_i^x \times Zx_i) \times (Y_i^y \times Zy_i)\}_{i=1}^m, \quad (1)$$

які відрізняються наборами  $(Zx_i, Zy_i)$  згідно з структурної організації.

**Модель 1.** Каскадної структури системи.

Відповідно до можна визначити клас з'єднаних систем у вигляді каскадного з'єднання (блоків, агрегатів, підструктур):

$$\bar{S}_z = \left\{ Si_z : Si_z \subset (X_i^x \times Zx_i) \times (Y_i^x \times Zy_i) \right\}, \quad (2)$$

та операцію виду  $\bar{S}_z \times \bar{S}_z \rightarrow \bar{S}_z$ , яка визначає композицію:  $S_1 \circ S_2 = S_3$ , де

$$\begin{aligned} S_1 &\subset X_1 \times (Y_1^x \times Zx_1); \\ S_2 &\subset (X_2^x \times Zy_2) \times Y_2; \\ S_3 &\subset (X_1 \times X_2^x) \times (Y_1^x \times Y_2); \end{aligned} \quad (3)$$

Маємо каскадне представлення:

$$\left| \begin{array}{c} S_1 \quad S_2 \\ x \rightarrow y \rightarrow Z \in S_3 \end{array} \right.$$

з відповідним представленням в просторі станів утвореної структури:

$$\left( (X_1, X_2), (Y_1, Y_2) \right) \in S_3 \Leftrightarrow \exists z \left( (x_1, (y_1, Z)) \in S_1, ((x_2, Z), y_2) \in S_2 \right) \quad (4)$$

**Означення 2.** Паралельна структура задається компонентами з операцією, яка відображає прямий добуток підсистем:  $\bar{S}_z \times \bar{S}_z \rightarrow \bar{S}_z$  за допомогою операції  $(\oplus)$  паралельного з'єднання у вигляді:  $(S_1 \oplus S_2 \rightarrow S_3)$ .

Якщо маємо дві елементарні підструктури  $(S_1, S_2)$  з заданим просторами станів, режимів, цільових  $\{P_S, P_R, P_C\} \exists (P_S, P_R, P_C) \{S_i\}$ :

$$\begin{aligned} S_1 &\subset (X_1^x \times Zx_1) \times Y_1, \\ S_2 &\subset (X_2 \times Zx_2) \times Y_2, \end{aligned} \quad (5)$$

то паралельна структура, представлена через  $(S_1, S_2)$  має вид:

$$\begin{aligned} S_3 &\subset (X_1^x \times X_2^x \times Z) \times (Y_1 \times Y_2), \quad Zx_1 = Zx_2 = Z, \\ \left( ((x_1, x_1), z), (y_1, y_1) \right) &\in S_3 \Leftrightarrow \left( (x_1, z), y_1 \right) \in S_1 \& \left( (x_2, z), y_2 \right) \in S_2. \end{aligned} \quad (6)$$

Згідно з представлення (01-06), побудуємо схему декомпозиції (рис. 2) організаційної і технологічної структури техногенної системи

Подальше дослідження вимагає введення означень структурних знань

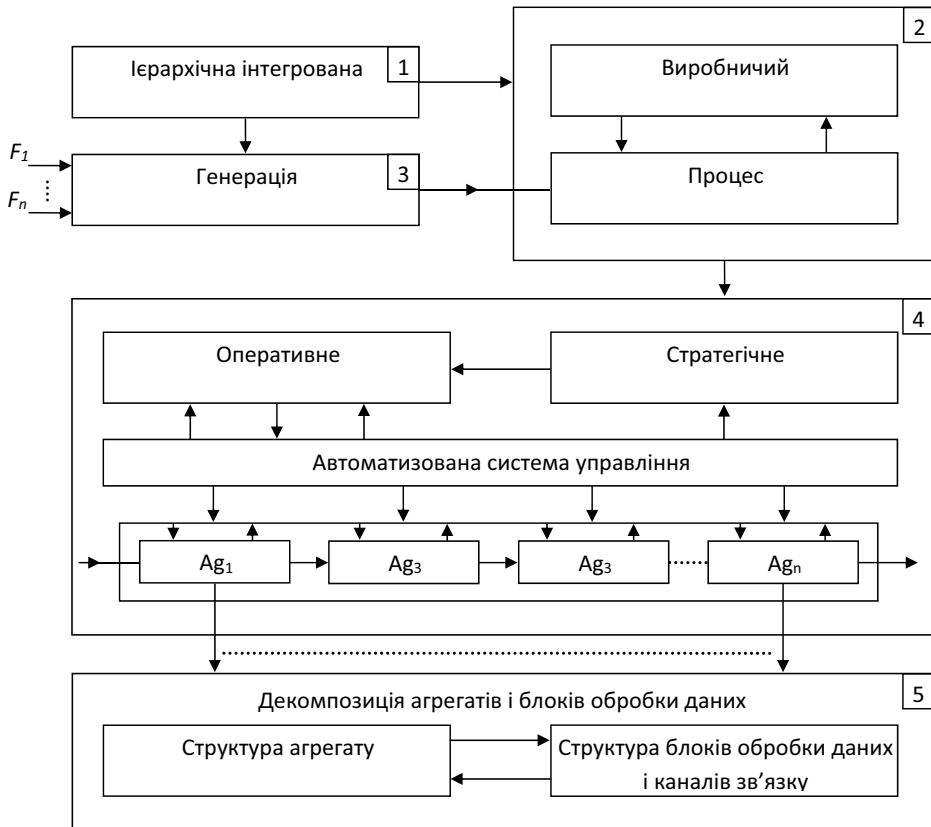


Рис. 2. Схема послідовної декомпозиції інтелектуальної ієрархічної енергоактивної системи управління (ІЕС)

**Означення 3.** Відображення  $F : Sz \rightarrow Sz$  називається замиканням зворотного зв'язку, якщо виконується умова динамічних і структурних зв'язків у системі з ієрархією (рис. 2).

$$Z(S_1) = S_2, S_1 \subset (X^x \times Zx) \times (Y^x \times Zy),$$

$$S_2 \subset X^x \times Y^x, Zx = Zy = Z$$

$$((x, y) \in S_2 \Leftrightarrow \exists z((x, z), (y, z)) \in S_1). \quad (7)$$

Відповідно до базові структури мають вигляд (рис. 1) [3, 5], при цьому здійснюється перехід послідовної декомпозиції ієрархічної системи.

Такий підхід забезпечує перехід від структури ІЕС до елементарних функціональних схем (рис. 2).

Для подальшого опису структури введемо системний опис структурної організації

**2. Математичний і системний апарат опису структур складних систем.** Розглянемо такі основні означення.

**Означення 4.** Підсистемою  $S'$  системи  $S$  буде будь яка підмножина  $S' \subset X \times Y$ , а елементом систем буде набір відповідно до зв'язаних компонентів, за якими можна відновити систему  $S$ ,  $S = (S_1 \dots S_n)$ .

**Означення 5.** Декомпозицією системи  $S$  буде набір  $(S_1, S_2 \dots S_n)$ , для якого  $S = (S_1 + S_2 + \dots + S_n)$  і  $X = (X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n)$ ,  $Y = (Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_n)$ , – компоненти системи.

Функціональні зв'язки в системі описуються у вигляді операторів.

**2.1. Оператор проектування в структурі системи** має вид згідно з (1). Для двох заданих систем  $S_1 \subset X_1 \times Y_1$  і  $S_2 \subset X_2 \times Y_2$  вводиться оператор проектування представлення якого має вигляд композиції підструктур:

$$\begin{aligned} Pr_1 : (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2) &\rightarrow (X_1 \times Y_1), \\ Pr_2 : (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2) &\rightarrow (X_2 \times Y_2), \end{aligned} \quad (8)$$

Відповідно до тоді можна провести незалежну декомпозицію  $S$  на дві підсистеми незв'язаного виду, що необхідно для побудови процедури ідентифікації в ієрархії (рис. 1) з узгодженням у просторі режимів і станів. Якщо:

$$\begin{aligned} S &\subset (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2), \\ PS_1 \subset PS_2 \quad S_1 = Pr_1(S) \quad i \quad S_2 = Pr_2(S), &\rightarrow \text{система структурується} \\ PR_1 \subset PR_2 \quad Pr_1 : (X_1, X_2, Y_1, Y_2) = (X_1 \times Y_1), \\ Pr_2 : (X_1, X_2, Y_1, Y_2) &\rightarrow (X_2 \times Y_2). \end{aligned}$$

з просторами станів, які відображають динаміку поведінки агрегатів, блоків і їх композицію.

**2.2. Оператор каскадної декомпозиції систем.** Будь яка система  $S \subset X \times Y$  допускає декомпозицію у вигляді каскадної структури, якщо виконуються умови [5, 6] узгодження ресурсних і інформаційних зв'язків між агрегатами та блоками, як всередині певного рівня ієрархії так і між рівнями ієрархії – від агрегатного рівня до рівня оперативного та стратегічного включно з системою генерації локальних і глобальних цілей.

Для проведення процедури ідентифікації виділимо базові (еталонні) функціональні компоненти:

1. Елементарні одно і двоходові структури пасивного типу.
2. Структури з перетворенням ресурсів (пасивні і активні).
3. Композиція активних структур.
4. Базова структура регулювання із зворотнім зв'язком по інформаційному сигналу.
5. Енергоактивні структури із зворотнім зв'язком інформаційного і ресурсного типу.
6. Структури функціонального перетворення сигналів про стан об'єкта управління.
7. Блок інформаційної оброблення даних (сенсори, нормалі затори, алгоритми, класифікатори ситуацій у просторі станів об'єкта).



8. Система прийняття рішень (оцінка, ситуації, відносно цільової області, управління).

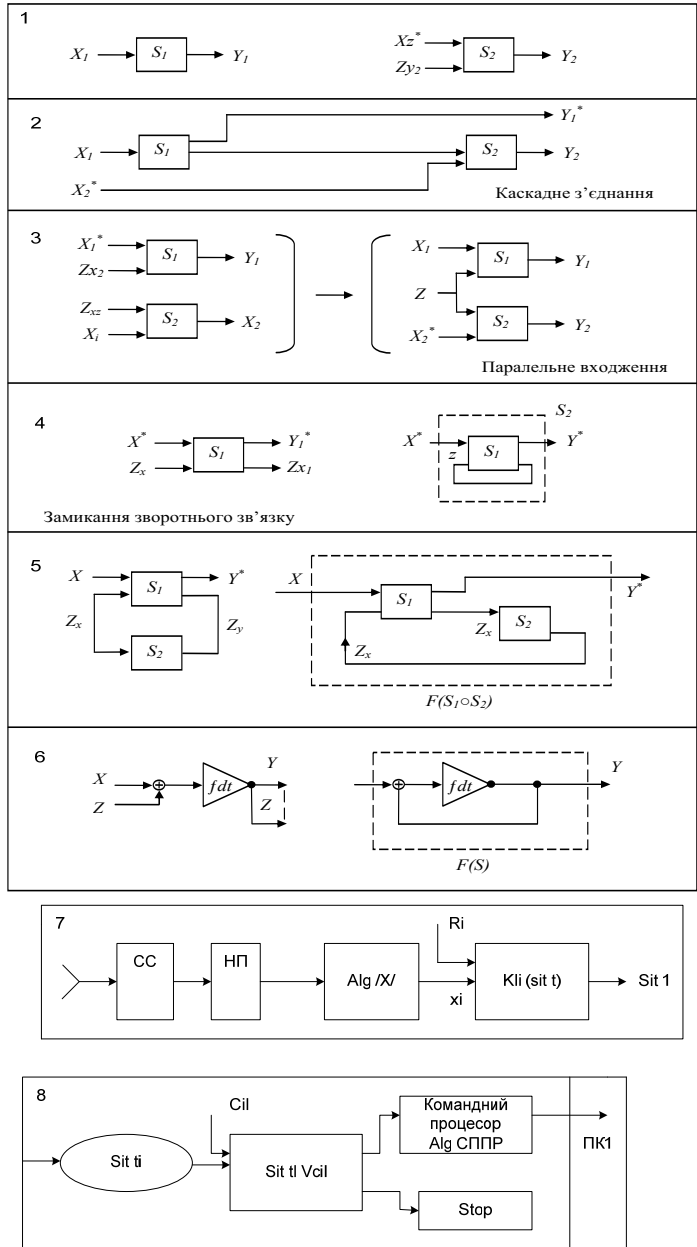


Рис. 3. Базові з'єднання елементарних функціональних схем, які є базовими для побудови процедури ідентифікації структури агрегатів, блоків, підсистем

Відповідно до цільового завдання виконується опрацювання потоків даних згідно з діаграми управляючих перетворень:

$$\forall t, x(t) \in \Rightarrow \begin{cases} ((x, x') \in E_x) \Leftrightarrow S(x) = S(x'), \\ ((y, y') \in E_y) \Leftrightarrow (y)S = (y')S, \end{cases} \quad (10)$$

з канонічними відображеннями перетворень у вигляді ланцюга:

$$\boxed{\left( x \rightarrow \boxed{S} \rightarrow y \right) \rightarrow \left( x \rightarrow \boxed{Y_x} \xrightarrow{x/Ex} \boxed{S'} \xrightarrow{y/Ey} \boxed{Y_y^{-1}} \rightarrow y \right)},$$

де координати перетворення параметрів стану будуть мати наступне представлення:

$$Y_x : X \rightarrow X / E_x,$$

$$Y_y : Y \rightarrow Y / E_y,$$

де:  $([y], y) \in Y_y^{-1} \Leftrightarrow [y] = Y_y(y)$  – визначають перетворення параметрів просторів стану системи S.

**3. Автономність функціональних систем, які входять в структуру ієрархічної організації цілеспрямованої інтелектуальної системи.** В інформаційному сенсі прийняття рішень в автономному функціонуванні системи досягається введенням зворотнього зв'язку, що забезпечує логічну структуру процесу прийняття рішень. Логіка прийняття рішень ґрунтується [1, 2, 7]:

- на виявленні розходження реальної і цільової траєкторії в просторі станів;
- оцінці ступеня розходження цільової і режимної траєкторії;
- класифікації розходження траєкторій, яка ґрунтується на розбитті простору цілей на альтернативні області з оцінкою терміну досягнення;
- оцінці ситуації згідно з класифікації та синтезу управляючих дій, згідно з стратегією досягнення мети, що забезпечує вихід в цільову область.

Розглянемо деякі аспекти функціональності систем з ієрархією.

**3.1. Концепція функціональності Месаровича [3].** Розглянемо систему  $S \subset (X \times Z_3) \times (Y_1 \times Z_4)$ , в ланці зворотного зв'язку якої включено елемент  $S_f \subset (Z_y \times Z_x)$ . Відповідно до для системи виконується умова  $\left[ (X, Z_x, Y, Z_y) \in S \right] \Rightarrow \left[ Y = Z_y \right] Z_y \in Z_y \subset Y$ , а система визначена в просторі  $(X \times Z_x) \times Y$ .

Згідно з концепцією функціональності будуємо структуру системи зі зворотним зв'язком має вигляд (рис. 4).

Функціональна структура системи має підструктури:

- вхідна підструктура, яка включає канали подачі ресурсів  $\{PR(x_i)\}$  та управлінських команд  $\{Z_{ix}\}$ , блоку порівняння стану (режиму) згідно з оцінки ситуації системою зворотнього зв'язку;
- об'єкт управління з енергоактивною структурою і заданим режимом функціонування;
- вихідна структура відбору ресурсів і контролю режимів активних функціональних перетворень;

- система відбору і оброблення даних у каналі зворотнього зв'язку, яка виконує оцінку динамічної ситуації в об'єкті.

Визначимо додаткові властивості систем зі зворотним зв'язком згідно з [3]:

A1. Функціональна система  $F_s(S_f): X \rightarrow Y$  взаємо-однозначна, якщо виконуються: а) умова цільової функціональності  $(F_{ci}): [\exists S_f: (Y) \rightarrow Z_x] \Rightarrow (S_f \mathcal{G} F_s(S_f))$  – функціональність; б)  $((X, Z, Y) \in S) \mathcal{G} ((X', Z, Y) \in Z) \Rightarrow (X = X')$  – однозначність.

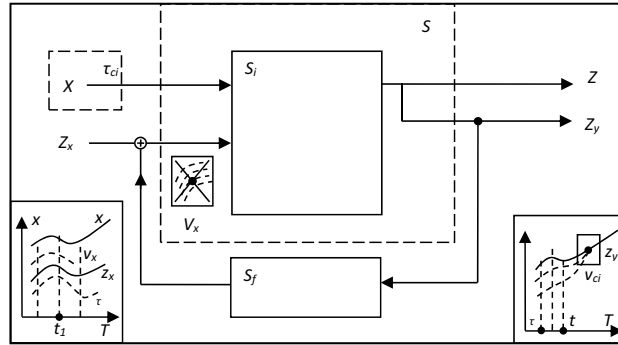


Рис. 4. Структура системи зі зворотним зв'язком

A2. Система  $S \subset (X_1, x...x, X_n)$  – функціонально керована, якщо виконується умова:

$$(\forall_y \in Y)(\exists_x \in X)((x, y) \in S).$$

A3. Багатомірна система буде автономною внаслідок замикання зворотнього зв'язку тільки тоді, якщо виконується:

$$\begin{aligned} & \forall S(S \subset (X_1, x...x, X_n) \times Z_x \times (Y_1, x...x, Y_n)), \\ & \exists S_f(S_f \subset (Y_1, x...x, Y_n) \times Z_x), \\ & F(S_0 \odot S_f) = (S_1 + S_2 + \dots + S_n), \end{aligned} \tag{11}$$

де  $S_i \subset (X_i \times Y_i)$  – функціонально керовані в просторі станів та цільовому просторі.

Поняття автономності означає, що після введення зворотнього зв'язку кожен компонент вихідного сигналу  $\{y_i\}$  може бути змінений тільки після зміни вхідної дії  $\{x_i\}$ , при цьому на виході  $\{y_j, j \neq i\}$  управляюча дія не впливає [4].

**Функціональна керованість** системи означає, що відповідно до вибрана вхідна управляюча дія  $(X / U / Start U(C_i))$ , згідно з стратегії цільового управління може вивести систему в цільову область  $(V_{Ci})$ , тобто

$$\exists Start(U_i / C_i); \exists X \equiv U_i; U_i: X \rightarrow Y_i \in V_{Ci}.$$

**Автономність функціонування системи.** Якщо S – багатомірна функціональна система, де

$$S : (X_x Z_z) \rightarrow Y, X = (X_1 \times \dots \times X_n) \text{ і } Z_x = (Zx_1 \times \dots \times Zx_n), Y = (Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_n),$$

то існує зворотний зв'язок, заданий у вигляді структури  $S_f$ , тоді вона автономна і представлена у вигляді:

$$(\forall_y \in Y) (\exists(X \times X_x)); (X \times Z_x) \Rightarrow (y = S(x, z)),$$

де  $S_f : Y \rightarrow Z_x$  – підструктура, яка забезпечує автономність системи.

Для реалізації операції змішання вхідного сигналу з сигналом зворотного зв'язку вводиться елемент Н, який є операцією  $A_H(+, -, K_n)$  позитивного і негативного зв'язку та реалізує вхідний каскад системи зі зворотним зв'язком (рис. 5), що забезпечує виявлення процесу зміни траєкторії при дії факторів впливу на систему

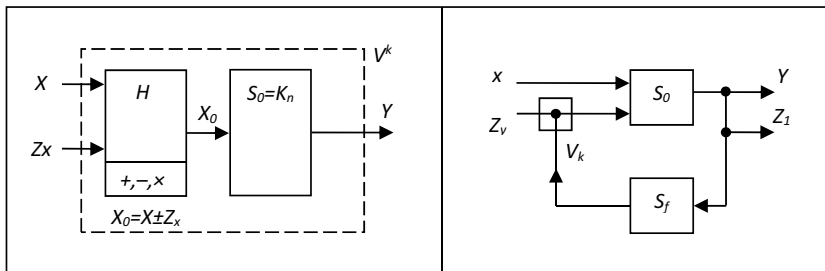


Рис. 5. Структура системи зі зворотним зв'язком

При оцінці динаміки системи ідентифікуємо фактори впливу при проходженні потоків ресурсів даних, при цьому виконується умова для взаємних перетворень:

$$\begin{aligned} & (\forall x \in X, \forall x_0 \in X_0, \exists z \in Z_x) : [X_0 = H(x, z)], \\ & [H(x, z) = H(x', z)] \Rightarrow (x = x'), \\ & [H(x, z) = H(x_1, z_1)] \Rightarrow (z = z'), \\ & \forall \hat{y}, \exists(\hat{x}, \hat{z}) : (\hat{y} = (H \odot S_0)(\hat{x}, \hat{z})), \\ & \forall \hat{y}, \exists(\hat{X}_0) : (\hat{y} = S_0(\hat{X}_0)). \end{aligned} \tag{12}$$

**3.2. Термінальні динамічні системи.** Термінальні динамічні  $T_m$  – системи функціональні і за рахунок внутрішнього вироблення управляючих дій, визначаються на основі представлення у вигляді логічної структури:

$$\forall t, \forall x, X\hat{x}, (X/\bar{T}^t = \hat{X} / \bar{T}^t) \Rightarrow (S_0(x) / \bar{T}^t = S_0(\hat{x}) / \bar{T}^t),$$

тобто  $(S_0 / \bar{T}^t)$  – система функціональна  $\forall t \in / \bar{T}^t$ .

Для таких систем однозначність функціональності визначається згідно з умови:

Якщо  $\exists S, S \subset (X \times Z_x) \times Y$  – система, то  $\exists S_f, S_f \subset (Y \times Z_x) \mathcal{G}F(SOS_{S_f}) = F_s(S_f)$  – є функціональною і неупередженою, тоді:

$$\forall_z \in T, (\exists(x, y, z) \in S) \mathcal{G}((\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) \in S) \mathcal{G}((z, y) | \bar{T}^z = (\hat{z}, \hat{y}) | \bar{T}^t) \Rightarrow (x | \bar{T}^t = \hat{x} | \bar{T}^t)$$

і система  $F_s(S_f) | \bar{T}^t$  – однозначно функціональна.

Для ієрархічних систем умова однозначного функціонування всіх систем забезпечує функціональну стійкість структури, при порушенні таких умов в системі виникають граничні і аварійні режими, структурний розвал, втрата керованості та катастрофи. Для функціональної керованості необхідної системи достатньо зробити систему  $(S = H \odot S_0)$  автономною за допомогою контуру зв'язку  $S_f$ .

**3.3. Автономність складних систем та їх керованість.** Проблема забезпечення автономності і стійкості, спостережуваності і керованості складних систем повною мірою не розв'язана на сучасному етапі, оскільки виробничі структури формувались протягом довгого інтервалу часу, модернізувались та перероблялись, що приводило до втрат первинної документації, знань про конструкцію та режими функціонування, методи діагностики й ідентифікації складної структури (агрегованої, блочної, ієрархічної) системи.

Представимо схему складної системи у вигляді структури  $S \subset (X_0 \times Y)$ , в яку входять (див. рис.6):

- $H : X \times Z \rightarrow X_0$  – вхідний каскад;
- $B[Start\ RU|C_i]$  – блок генерації стратегій управління з генератором цілей;
- $S_f : (Y \rightarrow Z)$  – функціональний контур зворотного зв'язку.

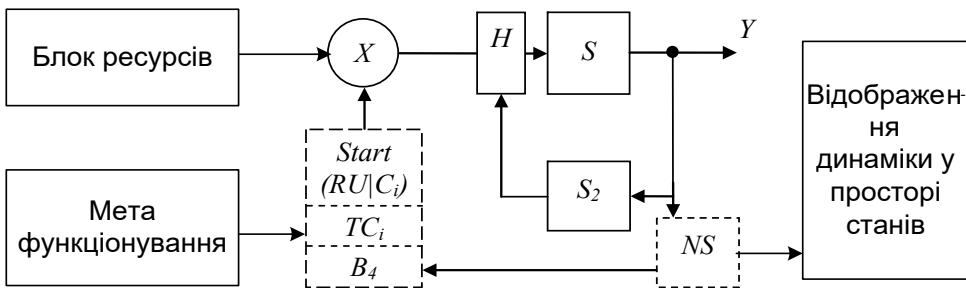


Рис. 6. Схема складної системи

Для оцінки поведінки системи при реалізації завдань згідно з стратегією управління обов'язковим є виконання наступних умов керованості.

**Умова (ФК1)** [3]. Для функціональної керованості системи S необхідно і достатньо щоб функціонально керованими були системи:

$$\left. \begin{aligned} S_1 \subset (X_1 \times Y_1) &\rightarrow \Phi K \\ S_2 \subset (X_2 \times Y_2) &\rightarrow \Phi K \end{aligned} \right\} \Rightarrow S = (S_1 + S_2) - \Phi K, \quad (13)$$

де відповідно до маємо:  $(S_1 + S_2) = (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2)$

### 3.4. Функціональна керованість складних систем.

Система  $S$  є функціонально керованою, якщо функціонально керована  $\hat{S}$ , при цьому маємо:  $\exists S_f, \exists S, \hat{S}$ , та  $F$  для яких:

$$\left. \begin{array}{l} S = (X_0 \times Y), \\ \hat{S} \subset (X \times Y), \\ H : (X \times Z_0) \rightarrow X_0, \\ \exists : (Y \times Z) \end{array} \right| \Rightarrow \hat{S} = F(H \odot SOS_f), \\ \exists(S, \hat{S}) \mapsto R(\hat{S}) = R(S), \quad (14)$$

тоді для вхідного каскаду маємо наступні співвідношення [33,53]:

- 1)  $H((y)\hat{S} \subset (y)S); (y)S \leftarrow S \rightarrow S(y)$ ,
- 2)  $H(x, z) \in y(S) \Rightarrow x \in (y)\hat{S}; (y)S = \{X : (x, y) \in S\}$ ,
- 3)  $\forall(\alpha, \beta), \exists V(y), V(y)$  – цільовий окіл, для якого маємо:

$$\left. \begin{array}{l} (Z \in V(y) \wedge \hat{Z} \in V(\hat{y})) \Rightarrow \alpha Z + \beta \hat{Z} \in V(\alpha y + \beta y), \\ H(x_1 \alpha z + \beta \hat{z}) \in (\alpha y + \beta \hat{y})S \Rightarrow x \in (\alpha y + \beta \hat{y})S \end{array} \right| \quad (15)$$

функція стану в системі зворотного зв'язку.

**4. Функціональна керованість  $n$ -вимірних систем з ієрархічною структурою.** Функціональна керованість  $n$ -вимірних систем є важливою проблемою забезпечення оперативного управління (узгодженого, координованого) для ієрархічних систем з блочною організацією, тому підходи і методи її розв'язання є актуальними.

**4.1. Функціональна керованість  $n$ -вимірних системи зі зворотним зв'язком.** Розглянемо таке означення.

**Означення.** Нехай  $S \subset (X_0 \times Y)$  – лінійна система, а  $H : X \times Z \rightarrow X_0$  – оператор лінійного вхідного пристрою,  $(S_1 \subset X_1 \times Y_1)$  та  $(S_2 \subset X_2 \times Y_2)$  – функціонально керовані, тоді існує система  $(\hat{S} \subset X \times Y)$ , яка відповідає умовам локальної керованості [3]:

- 1)  $(\hat{S} = S_1 \times S_2)$
- 2)  $\forall y \in R(S), \exists z \in Z : (H((y)\hat{S}, Z) \subset y(S)) \wedge (H(x, z) \in (y)S \Rightarrow x \in (y)\hat{S})$ .

Звідки слідує, що систему  $S$  можна розкласти на автономні підсистеми  $S_1$  і  $S_2$  з допомогою лінійного зворотного зв'язку, якщо  $S$  – функціонально керована.

До наведеного вище побудуємо структурну схему декомпозиції системи  $S$  по  $S_f$ , доповнивши її блоком генерації цілей та стратегій управління та екраном відображення пристроїв для оцінки ситуації (рис. 7).

Як приклад розглянемо систему  $(S = X_0 \times Y)$ , динаміка об'єкта якої описується рівнянням лінійного типу  $(y = Ay + Bx)$ , а вхідний сигнал на осі  $R$  має вигляд:  $X_0 = L_2(0, \infty)$ ,  $A = \|n \times n\|$  – матриця,  $B = \|n \times n\|$  – матриця,  $A = \|a_{ij} \mid_{i=1, n, j=1, n}\|$ ,  $B = \|b_{ij} \mid_{i=1, n, j=1, n}\|$ , які є не виродженими.

Тоді  $S$  – функціонально керована і представлена у вигляді (рис. 8) композиції паралельних підструктур, які виконують енергоактивні функції для реалізації спільної мети.

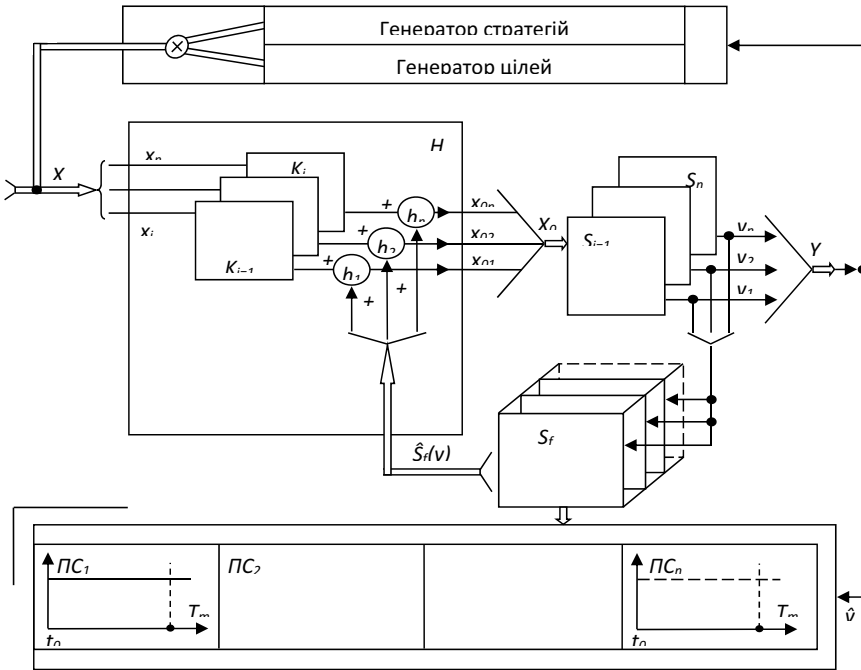


Рис. 7. Структурна схема декомпозиції  $S$  – системи

Для виявлення особливостей кожної підструктури, які виконують різні функції в техногенній системі (підготовка і перетворення ресурсів, енергоактивні і термодинамічні перетворення ресурсів) формуємо процедури декомпозиції великих блоків техногенної (структури) системи на функціонально замкненні  $S$  – системі.

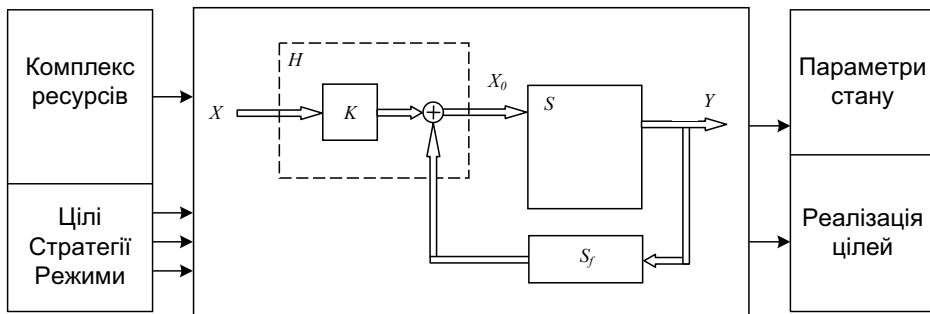


Рис. 8. Структурна схема  $S$  – функціонально керованої системи

Згідно з процедурою декомпозиції, формуємо умови:

1. Якщо маємо, що  $X = L_2(0, \infty)$  і  $S_i \in X_i \times Y_i$  ( $i=1, \dots, n$ ), то вихід системи визначається  $y_i = (\alpha_i y_i + \beta_i x_i)$ ,  $x_i = x_i(t)$ ,  $y_i(t) = y_i$ ,  $(\alpha, \beta)$  – параметри.

2. Якщо  $\beta_i \neq 0$ ,  $x_i \in L_2(0, \infty)$ , тоді система функціонально керована в часі  $t \in T$ , тобто стани системи можна розбити на термінальні цикли:

$$2.1) \hat{S} = \left( \bigcup_i S_i \Big|_{i=1}^n \right),$$

2.2)  $\forall y, \exists z, H((y) \hat{S}, Z) \subset (y) S \subset X$ , а рівняння динаміки  $n$ -вимірної системи має вигляд метричного перетворення в просторі станів [3]:

$$\forall t \in T, \exists \{y_{i=1}^n\} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ y_i \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = A \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ y_i \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} + B \cdot \left( K \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ y_i \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} + Z_i \right); \{y_i > 0\}$$

відповідно до маємо опис поведінки траєкторії стану, як розвиток Д-У управління:

$$\forall t \in T, \forall \{y_i\} \exists \{y_i\} \neq B^{-1}(\alpha_i I - A) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} + (\beta_i B^{-1} - K) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}, \{y_i \neq 0\}$$

тоді відповідно до умови керованості  $n$ -вимірної системи задаються у вигляді:

$$\forall t \in T, \forall \{y_i\} \exists \{y_i\} \forall_i (\beta_i^{-1} B^{-1} - K) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 1 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = 0, Z_i = B^{-1}(\alpha_i I - A) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}, \{y_i \neq 0\}$$

Звідки випливає, що  $K$  і  $S_f$  мають представлення:

$K = B^{-1}\beta$ ,  $S_f = B^{-1}(\alpha - A)$ , а матриці коефіцієнтів мають представлення:

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \beta_n \end{bmatrix}, \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \alpha_n \end{bmatrix}, K = B^{-1}\beta; S_f = B^{-1}(\alpha - A).$$

Для системи  $S \subset (X_0 \times Y)$  з неупередженою реакцією в термінальному часі  $T$ , структурний опис вхідного каскаду має вид:  $H(X \times Z) \rightarrow X_0$ , тоді, якщо задана система  $\hat{S} \subset (X \oplus Y)$  з реакцією типу  $\hat{\rho}$ , то  $\rho$ ,  $\hat{\rho}$  і  $H$  відповідають умовам керованості, при забезпечені стійкості згідно з [33,53]:



$$\begin{aligned}
& 1) \left( \rho(c, x) \Big|_{\bar{T}'} = \rho(c, \hat{x}) \Big|_{\bar{T}'} \right) \Rightarrow \left( x \Big|_{\bar{T}'} = \hat{x} \Big|_{\bar{T}'} \right), \\
& 2) \forall c, \forall y \in R(S), \exists x \left( \rho(c, x) = y \right), \\
& 3) \left( \hat{\rho}(c, x) \Big|_{\bar{T}'} = \hat{\rho}(c, \hat{x}) \Big|_{\bar{T}'} \right) \Rightarrow \left( x \Big|_{\bar{T}'} = \hat{x} \Big|_{\bar{T}'} \right), \\
& 4) \forall c, \forall y \in R(S), \exists x \left( \hat{\rho}(c, x) = y \right), \\
& 5) H(x, z) \Big|_{\bar{T}'} = \left( H(\hat{x}, z) \Big|_{\bar{T}'} \mathcal{D}_x \Big|_{\bar{T}'} = \hat{x} \Big|_{\bar{T}'} \right) \Rightarrow \left( Z \Big|_{\bar{T}'} = \hat{Z} \Big|_{\bar{T}'} \right),
\end{aligned} \tag{16}$$

які визначають, що існує контур зворотного зв'язку  $S_f: Y \rightarrow Z$ , для якого виконується  $\exists \hat{S}_f: Y \rightarrow Z$  та  $\exists \hat{S} = F(H \circ S \circ S_f)$ .

Для техногенної системи (рис. 9) виділимо структуру інтелектуального аналітичного центру оцінки ситуацій і прийняття рішень, як основу формування процесу стратегічного управління і прийняття ціле орієнтованих рішень. Відповідно до мети задач управління і термінальних ситуацій рівні когнітивної інформаційної діяльності як основи ідентифікації цільового функціонування техногенної системи (рис. 9).

- $RT_1$  – рівень оцінки проблемної ситуації і генерації цілей;
- $RT_2$  – рівень оцінки конфліктності у структурі системи і управління.
- $RT_3$  – оцінка ситуації і формування проблемних задач.
- $RT_4$  – декомпозиція проблемних задач на задачі управління об'єктами.
- $RT_5$  – оцінка ситуації у просторі цілей і станів відносно цільового стану.
- $RT_6$  – вироблення стратегій розв'язання конфліктних ситуацій.

При виконанні процедури ідентифікації маємо:  $H((y) \hat{S}, z) \subset (y) S$ ; при виконанні умови буде  $H(x, y) \in (y) S \Rightarrow x \in (y) S$ ; тоді:  $H(x, S_f(y)) \Big|_{\bar{T}'} = H(\hat{x}, S_f(\hat{y})) \Big|_{\bar{T}'}$ , які формують співвідношення перетворення в системі зворотного зв'язку в просторі станів системи  $\hat{S}$ .

Згідно з наведених вище концепцій, будуємо структури систем, які забезпечують автономність і генерацію цілей відповідно до стратегії розв'язання безконфліктного координаційного управління з певним рівнем ієрархії виду (рис. 9), які виконують інтелектуальні функції:

- $RT_1$ : (мета – конфлікт – цілеспрямованість),
- $RT_2$ : (конфлікт – інтереси – узгодження),
- $RT_3$ : (проблемна конфліктна задача – координація),
- $RT_4$ : (цільова задача узгодження конфлікту – цільова задача синтезу стратегії виходу з конфлікту),
- $RT_5$ : – узгодження поведінки системи в просторі станів відносно конфліктної ситуації,
- $RT_6$ : – генерація стратегій узгодження конфліктів відносно пріоритетів інтелектуального агента (IA) і цілей функціонування технологічної системи.

Для оцінки ситуації в цілеспрямованих автономних системах, де виникають надзвичайні ситуації за рахунок роботи при граничних навантаженнях та аварійних режимах, необхідно вибрати комплекс параметрів, виділити індикатори ознак, оцінити інтервали допустимих значень.

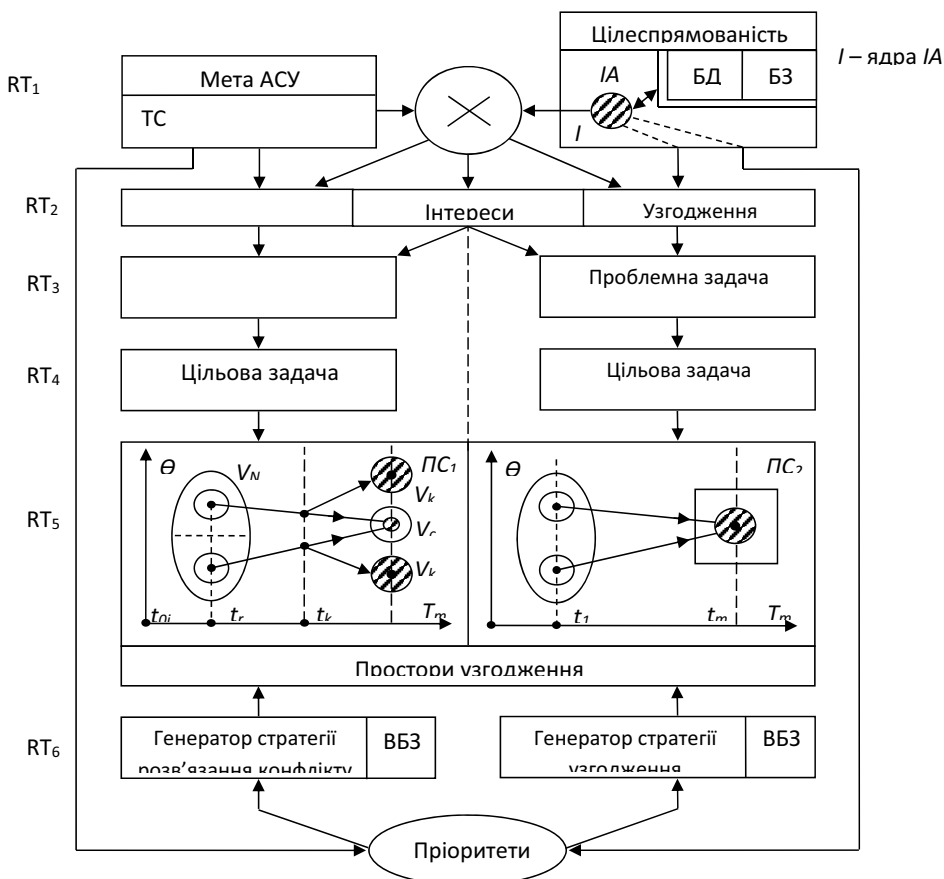


Рис. 9. Структури забезпечення автономності і генерації цілей для управління автоматизованою ієрархічною системою на підставі інформаційних і когнітивних технологій

Тому, це вимагає побудови відповідного набору класів, просторів та їх інформаційного, ресурсного, параметричного оснащення.

За задачею ліквідації надзвичайної ситуації (НС) виділяємо класи просторів [7] (рис. 10):

- 1) простори станів агрегатів і системи загалом та енергоактивних блоків;
- 2) цільові простори функціонування агрегатів, енергоактивних блоків і системи загалом, будуються способи інформаційної та енергетичної взаємодії між блоками та між системами;
- 3) для оцінки поведінки системи в часі будується фазовий та термінальний простір, які мають бути спряжені з просторами станів та цільовим;
- 4) на основі виявлення структури впливу факторів збурень і ризиків як ресурсного, так й інформаційного характеру, та дійових атак будується простір оцінки рівня ризику.

Згідно з структурою ієрархічної енергоактивної системи, будуються діаграми причинно-наслідкових зв'язків і їх моделі для факторів техногенного, ре-

сурсного впливу і для інформаційних цілеорієнтованих рішень (дезорієнтація, атака, блокування потоків даних, некоректна процедура, оцінювання, класифікація ситуацій) (рис. 11).

На підставі зв'язків діаграми (П-Н) будемо функцію оцінки ризику виходу з-під контролю актуальної ситуації в ПНО у вигляді адаптивної моделі:

$$\alpha_{Risk}^A = K_p^A \bigcup_{i=1}^n F_{iR} W_{iR}^a \left( \theta_i^z t_i, T_{m_i} \right)_{T_m}, \quad (17)$$

або у вигляді мультиплікативної моделі:

$$\alpha_{Risk}^A = K_p^M \prod_{i=1}^m F_{iR} W_{iR}^m \left( \hat{\theta}_i^z t_i, T_{m_i} \right)_{T_m}, \quad (18)$$

або комбінованої у вигляді, що ускладнює оцінку ризику оператором.

Позначення до формул (17), (18):

- $\alpha_{risk}^A$  – коефіцієнт ризику, згідно з шкал оцінки;
- $Sh_\alpha [0 \div 1]$  – настання аварії;
- $K_p^A$  – коефіцієнт активних факторів впливу ( $P \in [0, 1]$ );
- $F_{iR}$  – коефіцієнт ресурсних факторів впливу ( $R \in [0, 1]$ );
- $W_{iR}^a$  – функція впливу на параметри об'єкту за час  $T_m$ .

Для опису поведінки об'єктів функціональної структури техногенної системи, що є підставою оцінки ризиків виникнення аварійної ситуації. Для цього розроблена концепція представлення стану системи у просторах стану, режиму, цільового, які є взаємно спряжені і в яких можна представити траєкторію зміни параметрів системі у часі.

Відповідно до (рис. 10) розглянемо взаємозв'язок просторів у вигляді діаграми проєкцій:

- (1,1 а)  $\Pi_R \subset \Pi_S \xrightarrow{pr} \Pi_{Cr}$

де  $P$  – параметр потужності,

$L_{max}$  – лінія максимального навантаження,

$L_{min}$  – лінія мінімального режиму,

$QonDR_y$  – конус допустимих змін швидкості подачі ресурсів,

$(L_g, L_a)$  – лінії граничного і аварійного режимів,

$\{t_3\}$  – відліки часу критичних ситуацій.

- (2,3) опис поведінки траєкторії руху системи у фазовому просторі і термінальному, що враховує запізнення під час формування та прийняття рішень.
- (4) Простір зміни режимів навантаження енергоактивного блоку, опис якого є підставою для оцінки ризиків при максимальних навантаженнях.

Ідентифікація ситуацій у техногенній системі відповідно до цільових завдань проводиться на підставі аналізу режимних траєкторій та виділені ознак аварійного стану.

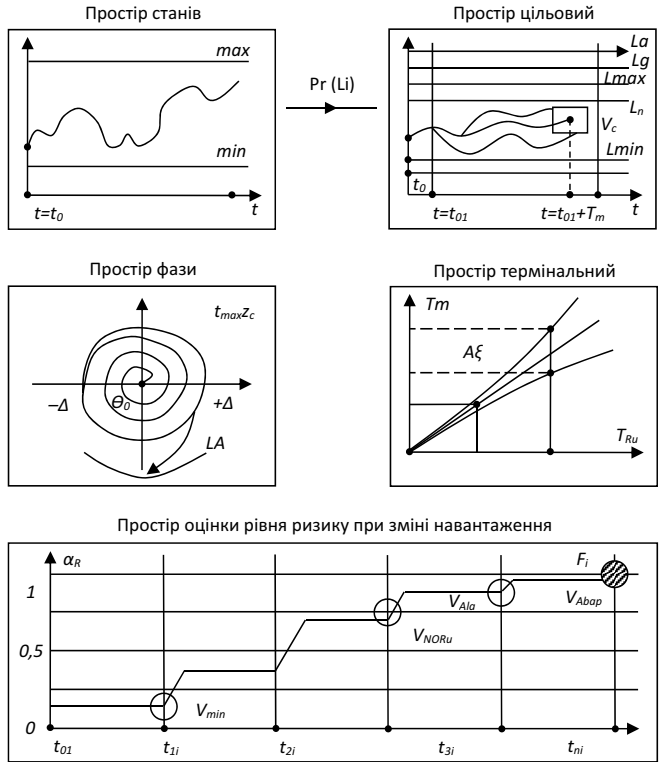


Рис. 10. Структура просторів станів системи, цільового та термального з врахуванням (ConDR) 0 конусу допустимих змін енергетично – активних потоків ресурсів.

Для оцінки ризиків будемо причинно-наслідкову діаграму динаміки зміни у часі ситуації в енергоактивній ієрархічній системі (рис. 11).

Подальша процедура ідентифікації режимної системи проводиться як за рахунок систем сигналізації режимів функціонування (норма, аварія, авар Sit) так розгортання в уяві оператора, причинно-наслідкових діаграм дії факторів впливу та виявлення ознак дії активних факторів в ланцюгу структурно-функціонального зв'язку агрегатів, блоків енергоактивних об'єктів техногенної системи.

Відповідно до інтенсивності дії фактора і оцінки поточного рівня ризику та оцінки граничної ситуації виконується оператором координація режиму або процедура виводу агрегатів на зупинку процесу згідно з нормативів експлуатації.

Відповідно, модель оцінки ризиків представимо у вигляді моделей згідно з схеми (рис. 11), причому вона виконується циклічно згідно з процедури пристроєм управління.

$$\alpha_{Risk}^{AM} = K_{AM} \bigcup_{i=1}^n \left[ K_p^M \prod_{j=1}^m F_{iR} W_{iR}^m \left( \hat{\theta}_i^z t_i, T_m \right) \right]_{T_m}, \quad \alpha_{Risk}^{AM} = K_{AM} \prod_{i=1}^m F_{iR} W_{iR}^m \left( \hat{\theta}_i^z \xi_i, t_i, T_m \right)_{T_m},$$

Для визначення параметрів оцінки ризиків побудовано (розроблено) схему та метод формування у часі потенційно-небезпечної ситуації, як основи достатності часу для прийняття рішень на (рис. 11).

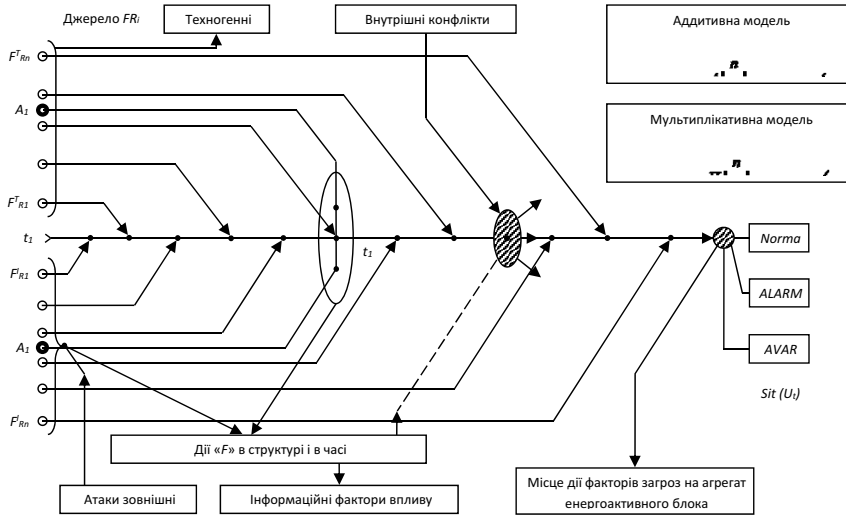


Рис. 11. Причинно-наслідкова модель впливу факторів на систему

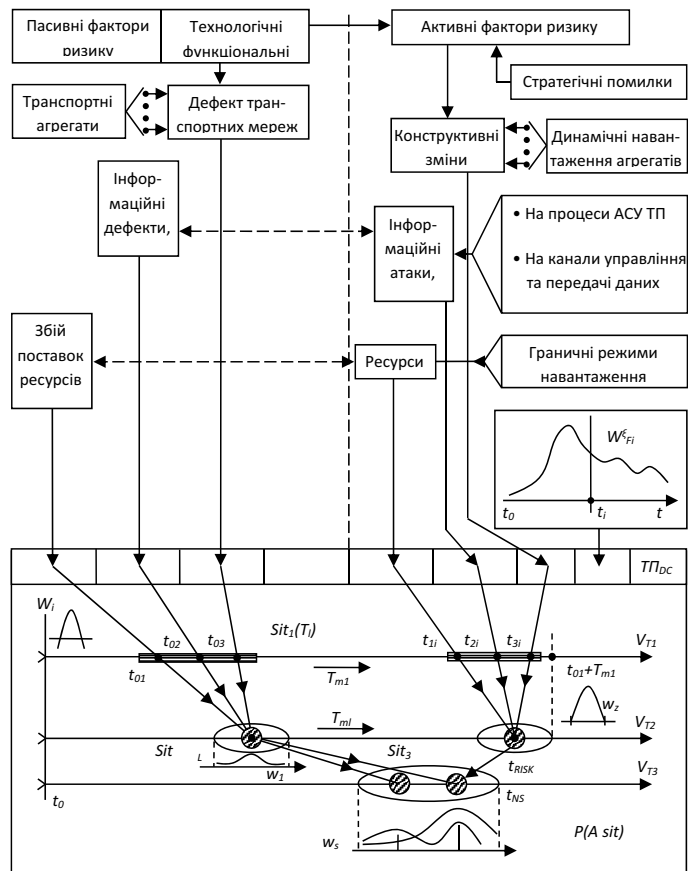


Рис. 12. Схема формування потенційно небезпечної ситуації в термінальному просторі

Наведемо позначення на схемі (рис. 12):  $\alpha_{Risk}$  – коефіцієнт ризику,  $K_{AM}, K_p^A, K_p^M$  – нормуючі коефіцієнти,  $F_{iR}$  –  $i$ -ий фактор впливу з ваговою функцією  $W_{ik}$ ,  $T_m$  – термінальний час,  $E_{mi}$  – локальний термінальний час:  $(U T_m \subset T_m)$ .

Отже, в термінальному ( $ТП_{DC}$ ) просторі динамічної системи будують комплекс термінальну діаграму формування потенційно небезпечних ситуацій (ПНС) (рис. 11).

ПНС в термінальному просторі енергоактивного об'єкта формується за рахунок різних факторів:

- пасивні фактори ризику, які включають психологічні компоненти, функціональні, транспортні, інформаційні дефекти проектів, низький рівень знань персоналу.
- активні фактори ризику, які включають стратегічні помилки, конструктивні дефекти, граничні динамічні навантаження, інформаційні атаки на систему управління, перешкоди, збій автоматичних систем управління технологічним процесом (АСУ-ТП), помилки операторів АСУ, активні  $\xi$ , збурення.

Сигнали про стан системи і зовнішню ситуацію сприймаються оператором через сенсорну систему і опрацьовуються в нейроструктурах мозку з ціллю формування образу ситуації в цільовому просторі інтегрованої системи [3]. В умовах надзвичайних ситуацій в техногенних структурах, підрозділи аварійних служб і МНС знаходяться в різних координатах, які мають розподілену енергетичну, ресурсну, виробничу та інформаційно-управлінську структуру, що ускладнює прийняття координуючих і управляючих рішень а особливо в аварійних режимах діяльності. Ці умови відповідно до формують вимоги до інтелекту і психофізіологічних характеристик операторів та апарату управління відносно їх умінь і психологічної стійкості, рівня знань, рішучості при прийнятті рішень.

Наведемо перелік вимог і умінь, які необхідні оператору для прийняття рішень [4]:

- Для просторової оцінки ситуації необхідно оператору мати:
  - сенсорна чутливість при сприйнятті потоків даних;
  - гостроту реакції на звукові та слухові образи та мінімізація часу реакції на сигнали;
  - вміння ефективно формувати ознаки зміни режимів агрегатів.
- Для оцінки ситуацій в техногенній системі необхідно володіти навиками для:
  - виконання логіко-математичних операцій, геометричних і алгебраїчних перетворень при формуванні образів ситуацій у просторово-різномірній структурі техногенної системи;
  - знаходження факторів і ознак причинно-наслідкових зв'язків;
  - швидкої ідентифікації розвитку динамічних сцен, виявлення комплексу ознак та оцінки параметрів динамічних процесів;
  - вміння використовувати логічні операції, дискримінантні функції, процедури виведення, генерації гіпотез про можливий розвиток подій;

- вмiти адекватно побудувати плани i рiшення, виконувати вибiр альтернативних дiй, вмiти будувати в уяві дерева, ланки, ланцюги, графи, траєкторiї руху до цiлi.

На пiдставi когнiтивної психологiї i системного аналізу розроблено схему розв'язання ситуацiйних задач управлiння техногенною системою, яка є пiдставою побудови процедури iдентифiкацiї граничних i аварiйних режимiв у енергоактивних блоках структури (рис. 13).

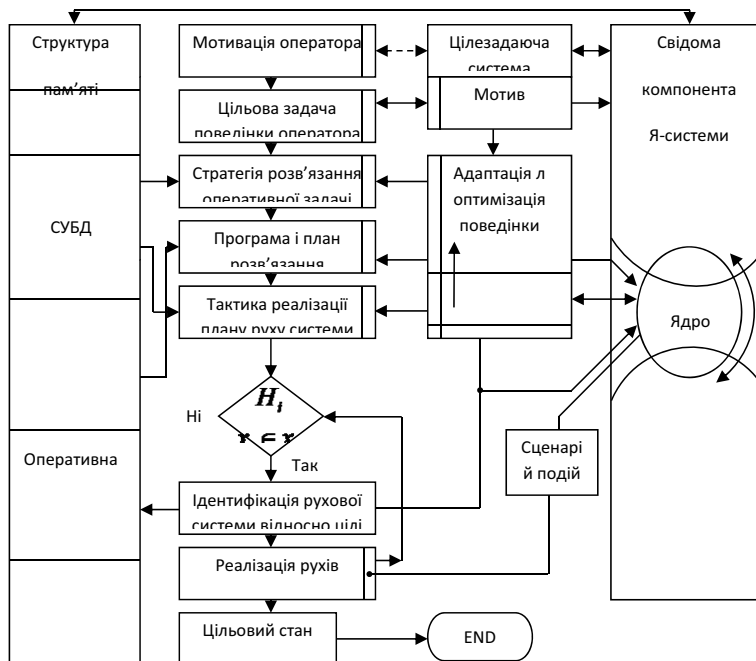


Рис. 13. Схема розв'язання задач управлiння оператором з використанням когнiтивної моделi прийняття рiшень

### ***Аналіз проблеми оцінювання інтелектуальних здібностей особистості оператора, який працює в умовах екстремальних ситуацій***

Для прийняття рiшень, оцiнки ситуацiї та їх реалiзацiї в умовах загроз, оператору необхіднi: високий рiвень iнтелектуальних здiбностей, мотивацiї, цiлеорiєнтацiї. Цi особливостi вимагають вмiння:

- читати карти; сприймати образну iнформацiю про об'єкти;
- прокладати маршрути про просторовi структури техногенної системи;
- формувати образи ситуацiй x потокiв даних, що необхідно для iдентифiкацiї факторiв впливу та структури;

При приведеннi iдентифiкацiї оператор повинен вмiти:

- розпiзнавати ситуацiї i формувати цiлеспрямованi схеми дiй;
- генерувати тактики дiй в умовах ризику;
- сприймати вербальну, образну та аналітичну iнформацiю, та опрацьовувати її.

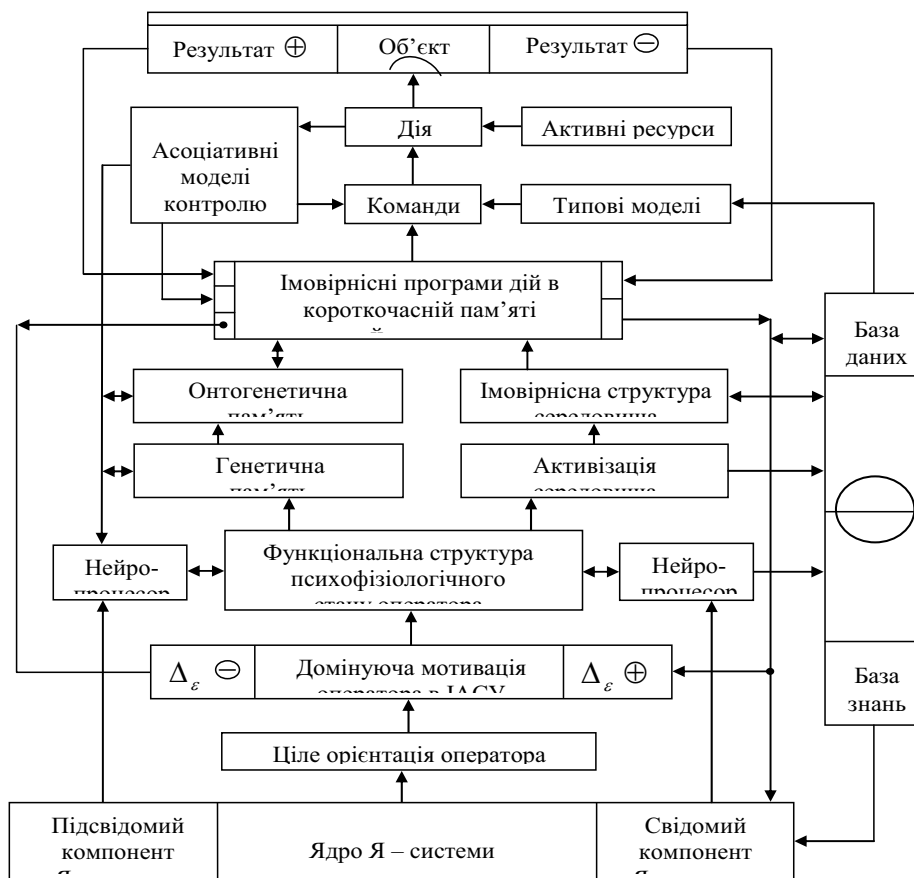


Рис.14. Функціональна структура цілеспрямованої діяльності оператора у процесі ідентифікації вмiти:

В умовах ризику в оператора виникає психоемоційна напруга. Крім того необхідність швидкого і ефективного сприймання та опрацювання інформаційних потоків, вимагає відповідних реакції та вмiнь щодо оцінювання часових інтервалів, які необхідні для прийняття рішень і виконання дій.

Найгірший випадок, коли оператор мусить швидко і кардинально міняти стратегію управління при динамічних загрозах оскільки так ситуації вимагають високого рівня інтелектуальних здібностей, глибоких професійно орієнтованих знань, мотиваційної зацікавленості, рішучості до дій та психофізіологічної стійкості. На рис.14 наведено функціональну структуру процесу цілеспрямованої діяльності при оцінці ризиків виникнення аварійних ситуацій.

Виходячи з наведеного вище слiдує, що для діяльності в умовах ризику і нечіткості даних в технологічних системах інтелектуальний рівень підготовки оператора має забезпечувати:

- здатність освоювати складні технічні знання з широкого спектру предметних областей;



- вміння будувати аналогії та моделі відносно предметних областей;
- вміння виявляти сенс технологічних систем і виробничих агрегатів;
- визначати характеристики і параметри динаміки процесів та будувати образи ситуацій;
- виявляти ознаки нормального і аварійних режимів та будувати сценарії розвитку, виходячи з причинно-наслідкових зв'язків і логіки управління, а також синтезувати стратегії протидії;
- прогнозувати наслідки управляючих дій і вплив загроз та факторів;
- психологічну стійкість і надійність функціонування в складі системи в нормальних і аварійних режимах.

Ці вимоги до функціональних здібностей оператора включають дві компоненти:

- генетичну організацію особистості, яка забезпечує здатність організму витримувати навантаження і навчатись (ефективно освоювати знання і вміння та використовувати їх у практичній діяльності);
- мотиваційно-вольову компоненту і природний інтелект, який дає змогу цілеорієнтовано самовдосконалюватися в процесі навчання та трудової діяльності.

З іншого боку ця проблема характеризується здатністю до цілеорієнтованої інтелектуальної самоорганізації когнітивної системи оператором як інтелектуального агента.

**Висновки.** Залежно від структури системи і ситуації відбуваються зміни стану ПНО в термінальному просторі  $[T_m \times T_R]$  стосовно динаміки темпів подій, що приводить до згущення ситуацій на осі реального часу і до виникнення аварійної ситуації при невчасному прийнятті мір захисту. Тому для швидкої ліквідації аварійних ситуацій необхідно розробити: структурні схеми технологічних процесів; моделі, схеми відбору і опрацювання даних; методи класифікації ситуацій та прийняття рішень; схеми розвитку можливих сценаріїв подій; схеми поведінки персоналу та інструкції для ліквідації НС, що базується на основі інформаційних і системних технологій.

Розглянуто інтелектуальний компонент під час формування рішень в рамках когнітивної психології на основі концепції «Я-системи». Показано, що для прийняття ефективних рішень в умовах ризику і нечіткості даних необхідно враховувати психофізіологічний стан, інтелектуальний рівень та мотиваційно-вольову сферу оператора, що є підставою ефектної ідентифікації граничних і аварійних ситуацій оператором.

### Список використаних джерел

1. Василенко В.О., Шостка В.Т. Ситуаційний менеджмент.- КЦУЛ. 2003.- 285с.
2. Сікора Л.С. Системологія прийняття рішень на управління в складних технологічних структурах. - Львів: Каменяр, 1998.- 453с.
3. Банельков А.А. Проектирование систем принятия решений в энергетике.- М. : Энергоатомиздат, 1986.- 120с.
4. Резниченко С.С. и др. Экономико-математические методы моделирования в планировании и управлении горным производством.- М. : Недра, 1991.- 428с.

5. Системы автоматизированного планирования и диспетчирования групповых производственных процессов / ред. А.А. Павлова. – К. : Техніка, 1990.- 198с.
6. Конструктивные полиномиальные алгоритмы решения индивидуальных задач из класса NP / ред. Павлова А.А.- К.Техніка, 1993. – 128с.
7. Имитационное моделирование производственных систем / ред. Вавилов А.А.- Машиностроение, 1983.- 416с.
8. Диденко Н.И. и др. Программно-целевое планирование исследований и разработок в приборостроении.- Ленинград : Машиностроение, 1988. – 183 с.
9. Иванищев В.В. Автоматизация моделирования потоковых систем. – Ленинград. Наука, 1986. – 142 с.
10. Первозванский А.А. Математические модели в управлении производством.- М. : Наука, 1975. – 616с.
11. Сагунов В.И., Ломакина Л.С. Контролепригодность структурно-связанных систем.- М. : Энергоатом. – 1990.- 112с.
12. Поспелов Г.С., Ириков В.А. Программно-целевое планирование и управление.- М. : Сов. радио. – 1976. – 440с.
13. Проблемы программно-целевое планирование и управления / ред Поспелов Г. С. – М. : Наука. 1981. – 464с.
14. Поспелов Г.С., Ириков В.А., Курилов А.Е. Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ. – М. : Наука. 1985. – 424 с.
15. Теория выбора и принятия решений / ред. Макарова И.М. – М.: Наука, 1992. – 328 с.
16. Айзерман М.А. Алескеров Ф.Т. Выбор вариантов / Основы теории. – М. : Наука, 1990.- 240с.
17. Кановой В.Г. Аксиома выбора и аксиома детерминированности.- М. : Наука, 1984.- 64с.
18. Компьютер и задача выбора. – Наука.- 1989.- 208с.
19. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. – М. : Наука, 1974.- 256с.
20. Вилкас Э.И. Майминас Е.З. Решения: теория, информация, моделирование.- М. : Радио и связь, 1981. – 328с.
21. Системи підтримки прийняття рішень /ред. Ситник В.Ф.- К. : Техніка, 1995.- 162с.
22. Гладун В.П. Планирование решений.- К. : Наука, 1987. – 168с.
23. Додонов А.Г., Хаджинов В.В., Волосков И.И. Вычислительные системы для решения задач оперативно-организационного управления.- К. : Наук. думка, 1988.- 216с.
24. Василенко В.О. Теорія і практика розробки управлінських рішень.- К. : ЦУЛ, 2003.
25. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения.- М. : Радио и связь, 1981,- 560 с.
26. Цыгачко В.Н. Руководителю о принятии решений.- М. : Финансы и стат., 1991.- 240с.
27. Зайцев В.С. Системный анализ операторской деятельности.- М. : Радио и связь, 1990.- 120с.
28. Герасимов Б.М., Тарасов В.А., Токарев И.В. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта.- К. : Наук. думка, 1993.- 183с.
29. Основы системного анализа и проектирования АСУ / ред. Павлова А.А.- К. : Вища школа.- 1991.- 367с.
30. Вермишев Ю.Х. Методы поиска решений при проектировании сложных технических систем.- М. Радио и связь, 1982.- 152с.
31. Кабикин В. Е. Диагностика оперативного мышления / В. Е. Кабикин – К.: Наук. дум., 1977. – 110 с.

32. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара – М.: Мир, 1973. – 344 с.
33. Сікора Л. С. Системологія прийняття рішень в складних технологічних структурах / Л. С. Сікора – Львів: Каменяр, 1998. – 453 с.
34. Ткачук Р. Л. Логіко-когнітивні моделі формування управлінських рішень інтегрованими системами в екстремальних умовах: [посібник] / Р. Л. Ткачук, Л. С. Сікора. – Львів: Ліга-Прес, 2010. – 404 с.
35. Сікора Л.С. Когнітивна складова оперативної діяльності в умовах ризику і нечіткості даних / Л.С. Сікора, Р.Л. Ткачук, Г.В. Ткачук, Б.Л. Якимчук // V науково-практична конференція: „Особистість в екстремальних умовах.” – Львів: ЛДУ БЖД – 2012. – С. 193-197.
36. Завалишина Д.Н. Психологічний аналіз оперативного мислення / Д.Н. Завалишина. – М.: Наука, – 1985. – 220 с.
37. Лургия А.Ф. Основы нейропсихологии / А.Ф. Лургия. – М.: Академия, – 2002. – 384 с.
38. Сікора Л. С. Когнітивні моделі та логіка оперативного управління в ієрархічних інтегрованих системах в умовах ризику / Л. С. Сікора. – Львів: ЦСД «ЕБТЕС», 2009. – 432 с.
39. Лиса Н. К., Сікора Л. С. Інформаційно-енергетична концепція та базові моделі активізації технологічних процесів на підставі лазерного фотонного зондування. Частина 2. Моделювання та інформаційні технології. 2015. № 75. С. 132-143.
40. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Ткачук Р. Л. Логіко-когнітивна модель інформаційної ідентифікації причинно-наслідкових зв'язків при дії активних факторів на систему. Частина 1. Моделювання та інформаційні технології. 2016. № 76. С. 152-165.
41. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Ткачук Р. Л. Логіко-когнітивна модель інформаційної ідентифікації причинно-наслідкових зв'язків при дії активних факторів ризику на систему. Частина 2. Моделювання та інформаційні технології. 2016. № 76. С. 169-177.
42. Современные методы идентификации систем. М. : Мир. 1983.- 400с.
43. Перельмак И.М. Оперативная идентификация объектов управления. – М. Энергоатомиздат. 1982. – 270с.
44. Эйксефф П. Основы идентификации систем. – М. : Мир. 1975.- 684с.
45. Идентификация и оптимизация нелинейных стохастических систем / ред. Потков Ю.С. – М. : Энергия. 1976.- 440с.
46. Лямец В.И., Тяшев А.Д. Системный анализ. Харьков. ХНУРЕ. 2004.- 448с.
47. Математические методы теории систем. – М. : Мир. 1979. – 327с.
48. Хуйс Д. Причинный анализ в статистических исследованиях. – М. : Статистика и финансы. 1981. – 254с.
49. Месарович М. Такакара Я. Общая теория систем. Математические основы. – М. : Мир. 1978. – 310с.
50. Колман Р., Фаль П. Арбиб М. Очерки по математической теории систем. – М. : Мир. 1971. – 398с.
51. Подчасова Т. П., Лагода А. П, Рудницкий В. Ф. Управление в иерархических производственных структурах. Киев: Наукова думка, 1989. – 184 с.
52. Технология системного моделирования / ред Эмельянов С.В. – М. : Машиностроение. 1988. – 520с.
53. Скурихин В. И., Квачев В. Г., Валькман Ю. Р., Яковенко Л. П. Информационные технологии в испытаниях сложных объектов: методы и средства. Київ: Наукова думка, 1990. – 320 с.

**REFERENCES**

1. Vasilenko V.A. & Shostka V.T. (2003). *Situatsionnyy menedzhment*. Kyiv: TSUL. [in Ukrainian].
2. Sikora L.S. (1998). *Systemolohiya pryynyattya rishen na upravlinnya v skladnykh tekhnolohichnykh strukturakh*. Lviv: Kamenyar. [in Ukrainian].
3. Banelykov A.A. (1986). *Proyektirovaniye sistem prinyatiya resheniy v energetike*. Moscow: Energoatomizdat. [in Russian].
4. Reznichenko S.S. et al. (1991). *Ekonomiko-matematicheskiye metody modelirovaniya v planirovanii i upravlenii gornym proizvodstvom*. Moscow: Nedra. [in Russian].
5. Pavlov A.A. (Ed.). (1990). *Sistemy avtomatizirovannogo planirovaniya i dispetchirovaniya gruppovykh proizvodstvennykh protsessov*. Kyiv: Tekhnika. [in Russian].
6. Pavlov A.A. (Ed.). (1993). *Konstruktivnyye polinomialnyye algoritmy resheniya individualnykh zadach iz klassa NP*. Kyiv: Tekhnika. [in Russian].
7. Vavilov A.A. (Ed.). (1983). *Imitatsionnoye modelirovaniye proizvodstvennykh sistem*. Leningrad: Mashinostroyeniye. [in Russian].
8. Didenko N.I. et al. (1988). *Programmno-tselevoye planirovaniye issledovaniy i razrabotok v priborostroyenii*. Leningrad: Mashinostroyeniye. [in Russian].
9. Ivanitsev V.V. (1986). *Avtomatizatsiya modelirovaniya potokovykh sistem*. Moscow: Nauka. [in Russian].
10. Pervozvanskiy A.A. (1975). *Matematicheskiye modeli v upravlenii proizvodstvom*. Moscow: Nauka. [in Russian].
11. Sagunov V.I. & Lomakina L.S. (1990). *Kontroleprigodnost strukturno-svyazannykh sistem*. Moscow: Energoatom. [in Russian].
12. Pospelov G.S. & Irikov V.A. (1976). *Programmno-tselevoye planirovaniye i upravleniye*. Moscow: Sov. radio. [in Russian].
13. Pospelov G.S. (Ed.). (1981). *Problemy programmno-tselevoye planirovaniye i upravleniya*. Moscow: Nauka. [in Russian].
14. Pospelov G.S., Irikov V.A. & Kurilov A.Ye. (1985). *Protsedury i algoritmy formirovaniya kompleksnykh programm*. Moscow: Nauka. [in Russian].
15. Makarova I.M. (Ed.). (1982). *Teoriya vybora i prinyatiya resheniy*. Moscow: Nauka. [in Russian].
16. Aizerman, M.A. & Aleskerov, Fuad. (1990). *Choice of variants: foundations of the theory*. Moscow: Nauka. [in Russian].
17. Kanovey V.G. (1984). *Aksioma vybora i aksioma determinirovannosti*. Moscow: Nauka. [in Russian].
18. Zhuravlev Yu. I. (Ed.). (1989). *Kompyuter i zadacha vybora*. Moscow: Nauka. [in Russian].
19. Mirkin B.G. (1974). *Problema gruppovogo vybora*. Moscow: Nauka. [in Russian].
20. Vilkas E.I. & Mayminas Ye.Z. (1981). *Resheniya: teoriya, informatsiya, modelirovaniye*. Moscow: Radio i svyaz. [in Russian].
21. Sytnyk V.F. (Ed.). (1995). *Sistemy pidtrymky pryynyattya rishen*. Kyiv: Tekhnika. [in Ukrainian].
22. Gladun V.P. (1987). *Planirovaniye resheniy*. Kyiv: Nauka. [in Russian].
23. Dodonov A.G., Khadzhinov V.V. & Voloskov I.I. (1988). *Vychislitelnyye sistemy dlya resheniya zadach operativno-organizatsionnogo upravleniya*. Kyiv: Nauk. Dumka. [in Russian].

24. Vasylenko V.O. (2003). *Teoriya i praktyka rozrobky upravlins'kykh rishen*. Kyiv: TSUL. [in Ukrainian].
25. Keeney, R. L. and Raiffa, H. (1993). *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-offs*, Cambridge: Cambridge University Press.
26. Tsygachko V.N. (1991). *Rukovoditelyu o prinyatii resheniy*. Moscow: Finansy i stat. [in Russian].
27. Zaytsev V.S. (1990). *Sistemnyy analiz operatorskoy deyatelnosti*. Moscow: Radio i svyaz. [in Russian].
28. Gerasimov B.M., Tarasov V.A. & Tokarev I.V. (1993). *Cheloveko-mashinnyye sistemy prinyatiya resheniy s elementami iskusstvennogo intellekta*. Kyiv: Nauk. Dumka. [in Russian].
29. Pavlov A.A. (Ed.). (1991). *Osnovy sistemnogo analiza i proyektirovaniya ASU*. Kyiv: Vishcha shkola. [in Russian].
30. Vermishev Yu.Kh. (1982). *Metody poiska resheniy pri proyektirovanii slozhnykh tekhnicheskikh sistem*. Moscow: Radio i svyaz. [in Russian].
31. Kabikin V.Ye. (1977). *Diagnostika operativnogo myshleniya*. Kyiv: Nauk. Dumka. [in Russian].
32. Mesarovic M. D., Macko D. & Takahara Y. (1979). *Theory of hierarchical, multilevel systems*. Academic Press, New York.
33. Sikora L.S. (1998). *Systemolohiya pryynyattya rishen v skladnykh tekhnolohichnykh strukturakh*. Lviv.: Kamenyar. [in Ukrainian].
34. Tkachuk R.L. & Sikora L.S. (2010). *Lohiko-kohnityvni modeli formuvannya upravlins'kykh rishen' intehrovanymy systemamy v ekstremal'nykh umovakh*. Lviv: Liha-Pres. [in Ukrainian].
35. Sikora L.S., Tkachuk R.L., Tkachuk H.V., Yakymchuk B.L. (2012). *Kohnityvna skladova operatyvnoyi diyal'nosti v umovakh ryzyku i nechitkosti danykh. V naukovopraktychna konferentsiya: «Osobystist' v ekstremal'nykh umovakh» - V Scientific-Practical Conference: «Personality in Extreme Conditions», 193-197*. [in Ukrainian].
36. Zavalysyna D.N. (1985). *Psykholohichnyy analiz operatyvnoho myslennya*. Kyiv: Nauka. [in Ukrainian].
37. Lurgiya A.F. (2002). *Osnovy neyropsikhologii*. Moscow: Akademiya. [in Russian].
38. Sikora L.S. (2009). *Kohnityvni modeli ta lohika operatyvnoho upravlinnya v iyerarkhichnykh intehrovanykh systemakh v umovakh ryzyku*. Lviv: TSSD «EBTES». [in Ukrainian].
39. Lysa N. K. & Sikora L.S. (2015). *Informatsiyno-enerhetychna kontseptsiya ta bazovi modeli aktyvizatsiyi tekhnolohichnykh protsesiv na pidstavi lazernoho fotonnoho zonduvannya. Chastyna 2. Modelyuvannya ta informatsiyi tekhnolohiyi - Modeling and information technology, 75, 132-143*. [in Ukrainian].
40. Sikora L. S., Lysa N. K. & Tkachuk R.L. (2016). *Lohiko-kohnityvna model' informatsiyanoi identyfikatsiyi prychnynno-naslidkovykh zv'yazkiv pry diyi aktyvnykh faktoriv na systemu. Chastyna 1. Modelyuvannya ta informatsiyi tekhnolohiyi - Modeling and information technology, 76, 152-165*.
41. Sikora L. S., Lysa N. K. & Tkachuk R.L. (2016). *Lohiko-kohnityvna model' informatsiyanoi identyfikatsiyi prychnynno-naslidkovykh zv'yazkiv pry diyi aktyvnykh faktoriv na systemu. Chastyna 2. Modelyuvannya ta informatsiyi tekhnolohiyi - Modeling and information technology, 76, 169-177*.
42. Eykhhoff P. (Ed.). (1983). *Sovremennyye metody identifikatsii sistem*. Moscow: Mir. [in Russian].

43. Perel'man I.M. (1982). Operativnaya identifikatsiya ob'yektov upravleniya. Moscow: Energoatomizdat. [in Russian].
44. Eykhhoff P. (1975). Osnovy identifikatsii sistem upravleniya. Moscow: Mir. [in Russian].
45. Potkov Yu.S. (1976). Identifikatsiya i optimizatsiya nelineynykh stokhasticheskikh sistem. Moscow: Energiya. [in Russian].
46. L. Ljung (1999). System Identification - Theory for the User (2nd edition), Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J.
47. Lyamets V.I. & Tevyashev A.D. Sistemnyy analiz. Kharkov: KHNURE. [in Russian].
48. Huys D. (1981). Causal analysis in statistical studies. Moscow: Statistics and Finances. [in Russian].
49. Mesarovic M. D. & Takahara Y. (1975). General Systems Theory: Mathematical Foundations. New York : Academic Press.
50. Kolman R., Fal' P. & Arbib M. (1971). Ocherki po matematicheskoy teorii sistem. Moscow: Mir. [in Russian].
51. Podchasova T.P., Lagoda A. P. & Rudnitskiy V.F. (1989). Upravleniye v iyerarkhicheskikh proizvodstvennykh strukturakh. Kyiv: Nauk. Dumka. [in Russian].
52. Emel'yanov S.V. (Ed.) (1988). Tekhnologiya sistemnogo modelirovaniya. Moscow: Mashinostroyeniye. [in Russian].
53. Skurikhin V.I., Kvachev V.G., Valkman Yu.R. & Yakovenko L.P. (1990). Informatsionnyye tekhnologii v ispytaniyakh slozhnykh ob'yektov: metody i sredstva. Kyiv: Nauk. Dumka. [in Russian].

**DOI 10.32403/2411-9210-2020-2-44-8-38**

## **INFORMATION AND SYSTEM TECHNOLOGIES FOR IDENTIFYING THE STRUCTURE OF HIERARCHICAL SYSTEMS TO PROVIDE SUPPORT FOR SOLUTIONS IN CRISIS AND CONFLICT SITUATIONS**

<sup>1</sup>L.S. Sikora, <sup>1</sup>N.K. Lysa, <sup>1</sup>Y.G. Miyushkovych, <sup>1</sup>R.S. Martsyshyn, <sup>2</sup>R.L. Tkachuk,  
<sup>3</sup>V.I. Sabat, <sup>3</sup>R.R. Talanchuk, <sup>3</sup>L.L. Tupyachak

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

<sup>2</sup>*Lviv State University of Life Safety  
35, Kleparivska St., Lviv, Ukraine*

<sup>3</sup>*Ukrainian Academy of Printing  
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine  
v\_sabat@ukr.net*

*The article presents schemes and models to support decision-making for the elimination of threats during emergencies in hierarchical systems. The construction of schemes and models was based on information and system technologies (based on the concept of identification).*

*In modern technological productions with a complex hierarchical structure, the causes of an emergency can be: failures, obstacles, malfunctions (both in information management structures and in production units, and in case of technology violation).*

*In the event of errors (which may be made in the process of analysing a limiting situation or emergency) and incorrect decisions, the dynamics of the development of events will have disastrous consequences. To prevent the development of events under such a scenario, operational and technical personnel should have an appropriate level of systematic knowledge. This allows staff to identify the sources of hazards and factors, to build a cause-and-effect relationships. This becomes the basis for the analysis of the state of potentially dangerous objects (PDO) in the hierarchical structure of the system. This system-information basis is necessary for constructing scenarios for the development of events, identifying bottlenecks and making decisions in the context of eliminating threats and emergency conditions by the operational management team. For complex structures of technogenic systems, the problem of identification (both dynamics and interconnections of aggregates) is not fully resolved. This requires the development of new methods taking into account human behaviour.*

*Modern production is a complex integrated human-machine controlled system and management strategy (which are included both in the structure of the automated control system and in the knowledge base and professional skills of the human operator). A characteristic feature of such systems is the distribution of information load in accordance with the target tasks. This requires the development of data flows of various informational significance, identifying the characteristic signs of the system's behaviour relative to the target, and forming solutions for coordinating the system's movement in the direction of the target area. These decision-making processes and procedures increase the mental tension of the operator. This may lead to decisions to unnecessary risk. That is, in accordance with the situation, the price of error increases. This is what forms the set of requirements for the operator: both to the level of his intellectual readiness, and to his psychophysiological characteristics.*

**Keywords:** *information; system; structure; risk; potentially dangerous objects.*

*Стаття надійшла до редакції 09.11.2020.*

*Received 09.11.2020.*