

УДК 660:614.8

Рак Т. Є., к.т.н., доцент, проректор з наукової роботи ЛДУ БЖД, м. Львів
Ткачук Р. Л., к.т.н. доцент кафедри практичної психології та педагогіки ЛДУ БЖД,
м. Львів

Сікора Л. С., д.т.н., проф. кафедри АСУ НУ “Львівська політехніка”, м. Львів

Якимчук Б. Л., н.с. ЦСД ЕБТС, м. Львів.

Кунченко – Харченко В. І., к.і.н., проф., завідувач кафедри суспільних дисциплін і права
ЧДТУ, м. Черкаси

ІНФОРМАЦІЙНІ І СИСТЕМНІ, ТЕХНОЛОГІЇ СТРУКТУРИЗАЦІЇ ІЄРАРХІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДТРИМКИ РІШЕНЬ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Анотація. Розглянуто схеми і моделі прийняття рішень з ліквідації загроз під час надзвичайних ситуацій в ієрархічних системах на основі інформаційних і системних технологій.

Аннотация. Рассмотрено схемы и модели принятия решений по ликвидации угроз во время чрезвычайных ситуаций в иерархических системах на основании информационных и системных технологий.

Annotation. The article deals with schematics and decision-making model to eliminate threats during emergencies in hierarchical systems based on information technology and systems.

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

Ключевые слова: информация, система, структура, риск, потенциально-опасные объекты.

Key words: system, structure, risk, potentially dangerous objects.

Актуальність. 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.

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.

Проблемна задача. Оперативний і технічний персонал 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.

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 навички користування ними за несприятливих умов трудової діяльності [2, 6, 7]. Для вирішення цієї задачі необхідно розробити концепцію структуризації знань.

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 пов'язаних підсистем для реалізації цільових завдань. З цих позицій теорія систем вивчає структуру як цілісність, що забезпечує досягнення мети [1, 4, 6]. Відповідно 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.

Означення. Узагальнена система $S_i \subset X_i \times Y_i$ з об'єктами $X_i = \otimes_{i,j} \{X_{i,j}, j \in Ix_i\}$ та $Y_i = \otimes_{i,j} \{Y_{i,j}, j \in Iy_i\}$ на компонентних множинах $V = (V_{i1}, \dots$ і $\bar{V}_i = \{V_{i1}, \dots$ 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.

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:

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

які відрізняються наборами (Zx_i, Zy_i) .

1. Каскадна структура системи.

Відповідно можна визначити клас з'єднаних систем у вигляді каскадного з'єднання:

$$\bar{S}_z = \{S_i : S_i \subset (X_i^x \times Zx_i) \times (Y_i^x \times Zy_i)\},$$

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

$$\left. \begin{array}{l} S_1 \subset X_1 \times (Y_1^x \times Zx_1); \\ S_2 \subset (X_2^x \times Zy_2) \times Y_2; \\ S_3 \subset (X_1 \times X_2^x) \times (Y_1^x \times Y_2); \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Маємо каскадне} \\ \text{представлення:} \\ x \xrightarrow{S_1} y \xrightarrow{S_2} Z \in S_3 \end{array}$$

з відповідним представленням в просторі станів

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

Означення. 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:

$$S_1 \subset (X_1^x \times Zx_1) \times Y_1,$$

$$S_2 \subset (X_2 \times Zx_2) \times Y_2,$$

то паралельна структура, представлена через:

$$S_3 \subset (X_1^x \times X_2^x \times Z) \times (Y_1 \times Y_2), \quad Zx_1 = Zx_2 = Z,$$

$$(((x_1, x_1, z), (y_1, y_1)) \in S_3 \Leftrightarrow ((x_1, z), y_1) \in S_1 \& ((x_2, z), y_2) \in S_2).$$

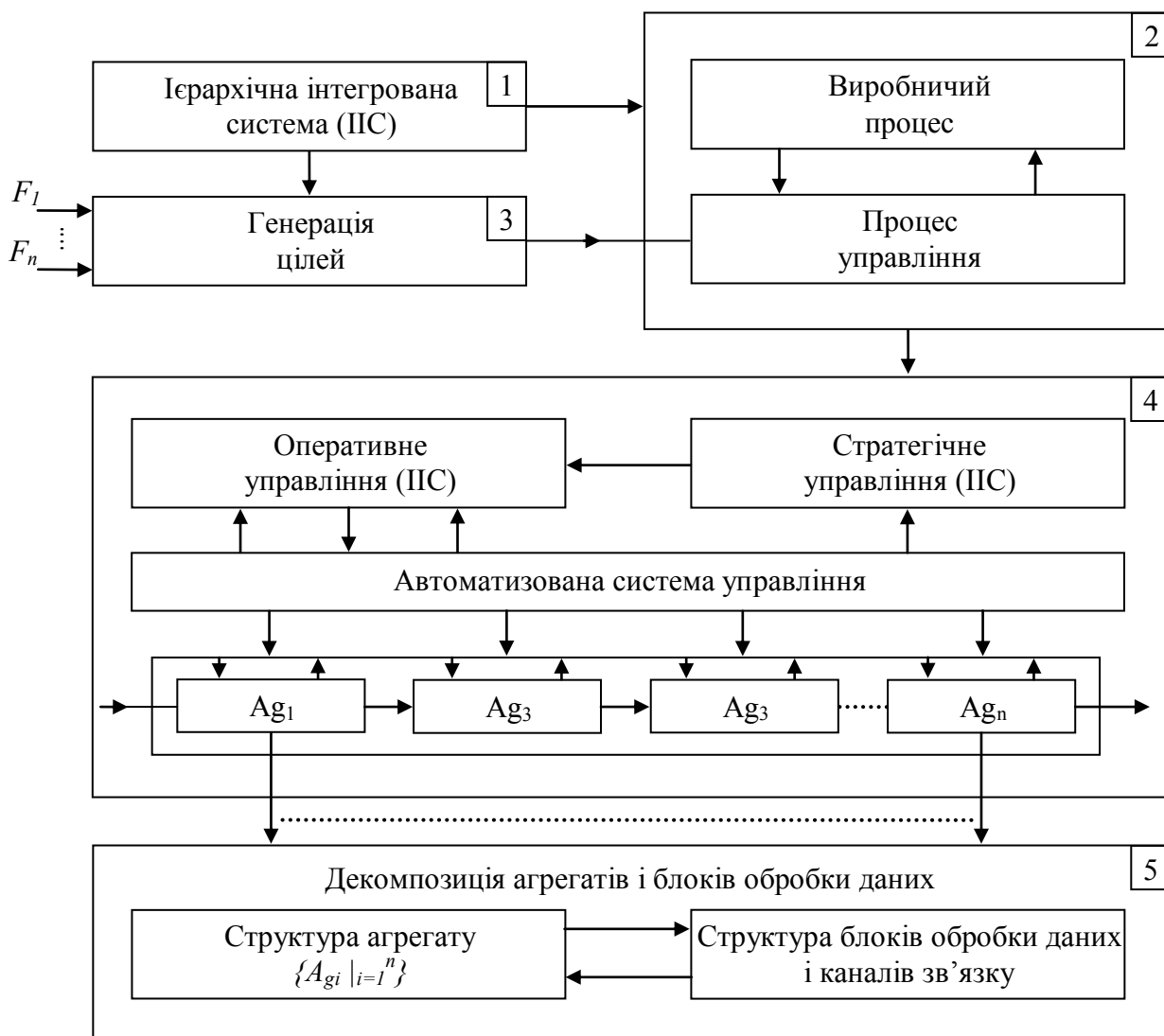


Рис. 1 Схема послідовної декомпозиції інтелектуальної ієрархічної системи (ІІС)

Означення. Відображення $F : Sz \rightarrow Sz$ називається замиканням зворотного зв'язку, якщо

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

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

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

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

Такий підхід забезпечує перехід від структури ПС до елементарних функціональних схем (Рис. 2).

2. Математичний і системний апарат опису структур.

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

Означення. 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.

Оператор проектування.

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:

$$Pr_1 : (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2) \rightarrow (X_1 \times Y_1),$$

$$Pr_2 : (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2) \rightarrow (X_2 \times Y_2),$$

тоді можна провести незалежну декомпозицію S на дві підсистеми незв'язаного виду:

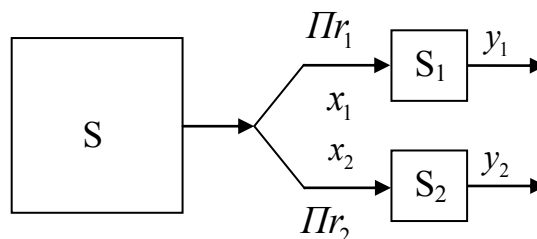
$$S \subset (X_1 \times X_2) \times (Y_1 \times Y_2),$$

$$S_1 = Pr_1(S) \text{ і } S_2 = Pr_2(S),$$

$$Pr_1 : (X_1, X_2, Y_1, Y_2) = (X_1 \times Y_1),$$

$$Pr_2 : (X_1, X_2, Y_1, Y_2) \rightarrow (X_2 \times Y_2).$$

з просторами станів



Оператор каскадної декомпозиції систем.

Будь яка система $S \subset X \times Y$ допускає декомпозицію у вигляді каскадної структури, якщо виконуються умови [5, 6]:

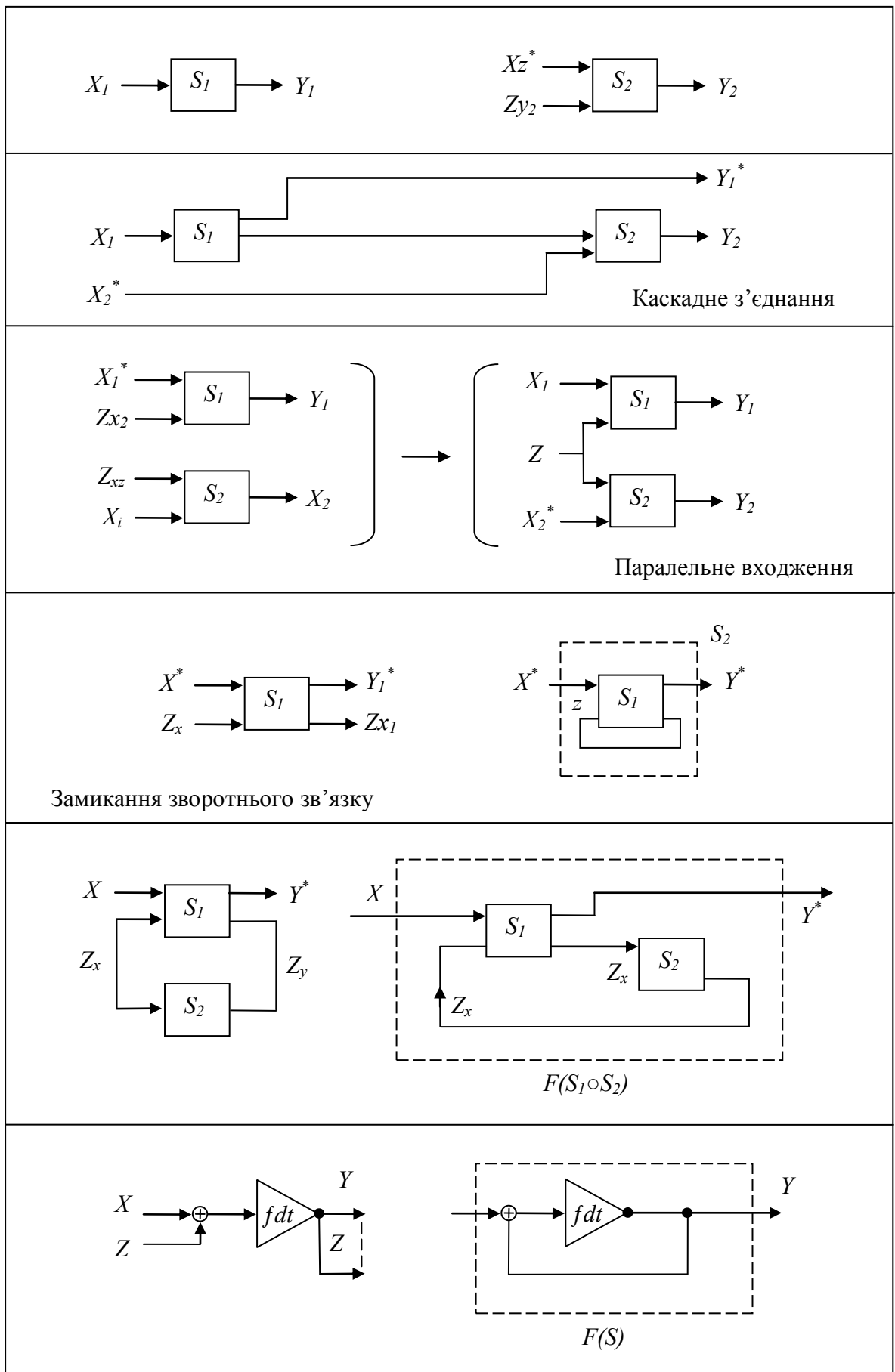


Рис. 2 Базові з'єднання елементарних функціональних схем

$$((x, x') \in E_x) \Leftrightarrow S(x) = S(x'),$$

$$((y, y') \in E_y) \Leftrightarrow (y)S = (y')S,$$

з канонічними відображеннями перетворень у вигляді ланцюга:

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

де координати перетворення параметрів стану будуть:

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

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

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

3. Автономність функціональних систем, які входять в структуру ієрархічної організації.

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;
- класифікації розходження траєкторій, яка ґрунтується на розбитті простору цілей на альтернативні області;
- оцінці ситуації згідно класифікації та синтезу управляючих дій, згідно стратегій досягнення мети, що забезпечує вихід в цільову область.

Розглянемо деякі аспекти функціональності систем.

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 для системи виконується умова $[(X, Z_x, Y, Z_y) \in S] \Rightarrow [Y = Z_y], Z_y \in Z_y \subset Y$, а система визначена в просторі $(X \times Z_x) \times Y$.

Структура системи зі зворотним зв'язком має вигляд (Рис. 3).

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

1. Функціональна система $F_s(S_f) : X \rightarrow Y$ взаємо-однозначна, якщо виконується:

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.

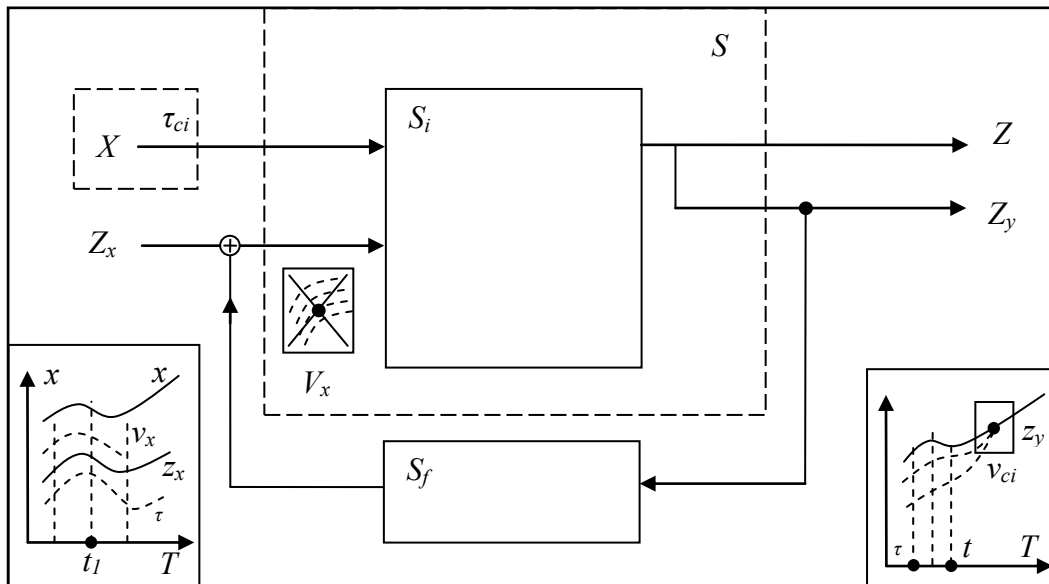


Рис. 3 Структура системи зі зворотним зв'язком

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

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

3. Багатомірна система буде автономною в результаті замикання зворотнього зв'язку тільки тоді, якщо виконується

$$\forall S(S \subset (X_1, x \dots x, X_n) \times Z_x \times (Y_1, x \dots x, Y_n)),$$

$$\exists S_f(S_f \subset (Y_1, x \dots x, Y_n) \times Z_x), \text{ якщо:}$$

$$F(S_0 \odot \tilde{s}_1 + S_2 + \dots + S_n), \text{ де}$$

$S_i \subset (X_i \times Y_i)$ – 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 входної дії $\{x_i\}$, при цьому на виході $(y_i, j \neq i)$ управляюча дія не впливає [4].

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

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

Автономність функціонування системи.

Якщо S – багатомірна функціональна система

$$S: (X_x Z_z) \rightarrow Y, X = (X_1 \times \dots \times X_n) i$$

$$Z_x = (Zx_1 \times \dots \times Zx_n), Y = (Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_n),$$

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 H , який є операцією $A_H(+, -, K_n)$ позитивного і негативного зв'язку та реалізує вхідний каскад системи зі зворотним зв'язком (Рис. 4).

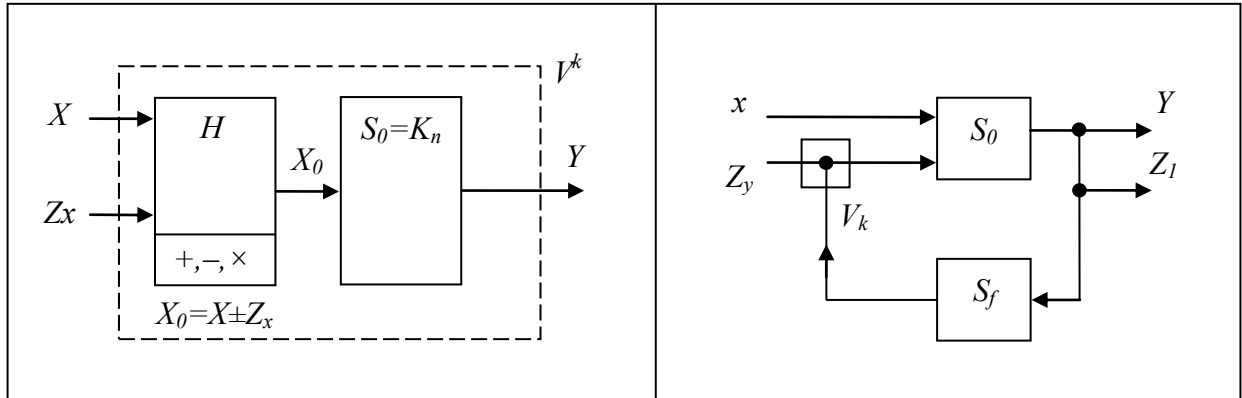


Рис. 4 Структура системи зі зворотним зв'язком

при цьому виконується умова:

$$(\forall x \in X, \forall x_0 \in X_0, \exists z \in Z_x) : [X_0 = H(x, z)], \text{ та}$$

$$[H(x, z) = H(x', z)] \Rightarrow (x = x'),$$

$$[H(x, z) = H(x_1, z_1)] \Rightarrow (z = z'),$$

$$\forall \hat{y}, \exists (\hat{x}, \hat{z}) : (\hat{y} = (H \odot \quad \quad \quad)),$$

$$\forall \hat{y}, \exists (\hat{X}_0) : (\hat{y} = S_0(\hat{X}_0)).$$

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 умови:

Якщо $\exists S, S \subset (x \times Z_x) \times Y$ – система,

$$\exists S_f, S_f \subset (Y \times Z_x) \mathcal{G}F(S \circ S_f) = F_s(S_f)$$

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 $(S = H \odot$ 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, так як 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 (Рис. 5):

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

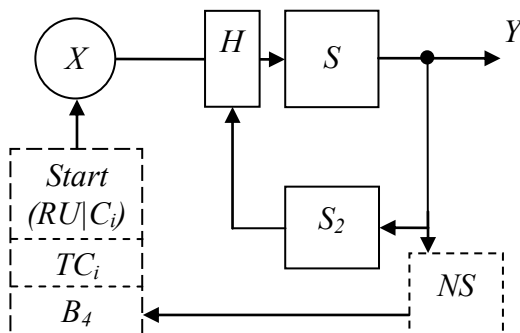


Рис. 5 Схема складної системи

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

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

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

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

3.4. Функціональна керованість складних систем.

Умова функціональної керованості (ФК₂) формується у вигляді:

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

якщо:

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

тоді для вхідного каскаду маємо наступні співвідношення:

- 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:
 $(Z \in V(y) \wedge \hat{Z} \in V(\hat{y})) \Rightarrow \alpha Z + \beta \hat{Z} \in V(\alpha y + \beta y),$
 $H(x, \alpha z + \beta \hat{z}) \in (\alpha y + \beta \hat{y})S \Rightarrow x \in (\alpha y + \beta \hat{y})S$ –

функція стану в системі зворотного зв'язку.

4. Функціональна керованість n-мірних систем з ієрархічною структурою.

Функціональна керованість n-мірних 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-мірних системи зі зворотним зв'язком.

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) $\hat{S} = S_1 + S_2;$
- 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 вище наведеного 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. 6).

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,

$A = \|a_{ij} |_{i=1, n, j=1, n}\|, B = \|b_{ij} |_{i=1, n, j=1, n}\|,$ які є не виродженими.

Тоді S – функціонально керована і представлена у вигляді (Рис. 7).

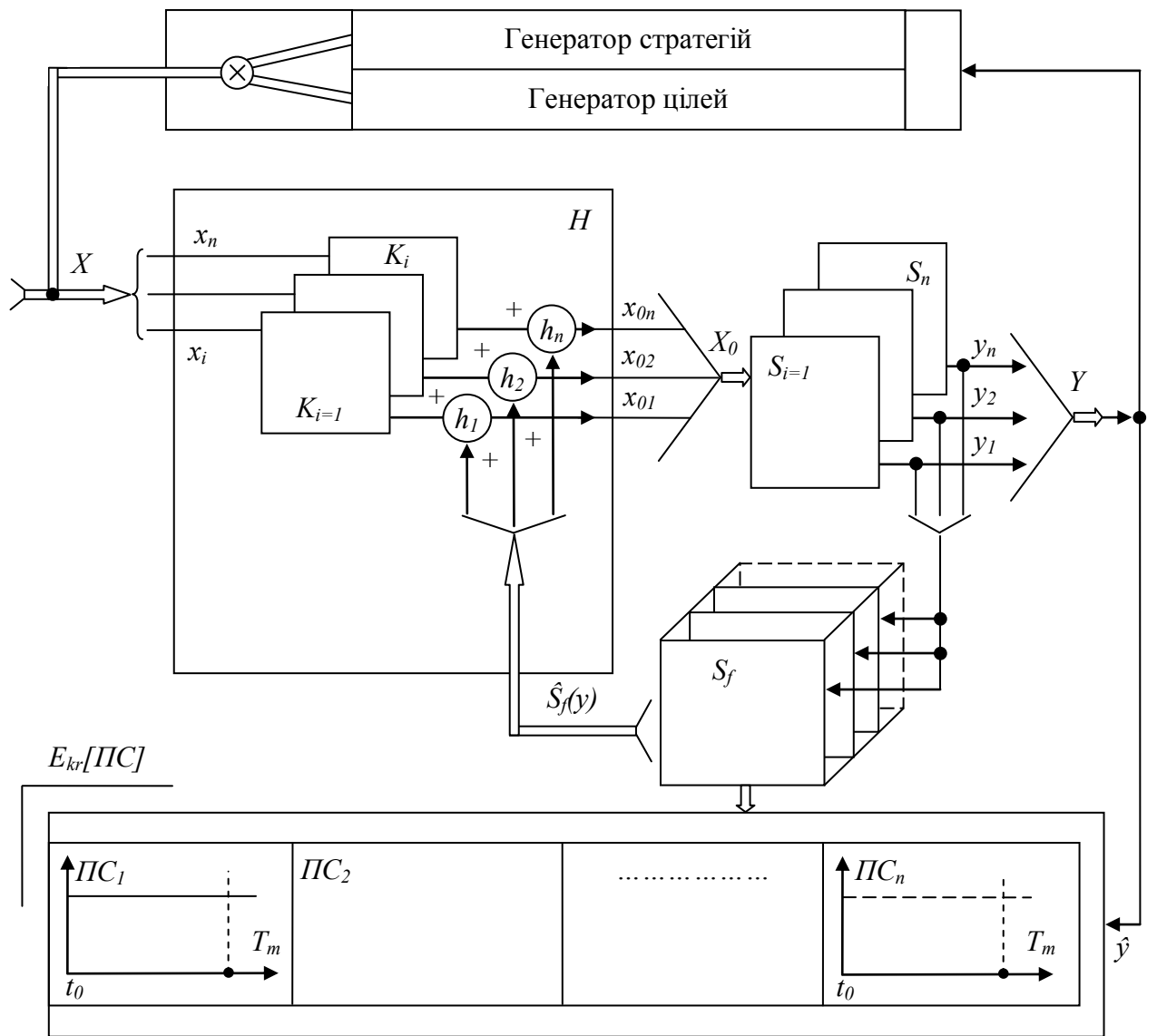


Рис. 6 Структурна схема декомпозиції S – системи

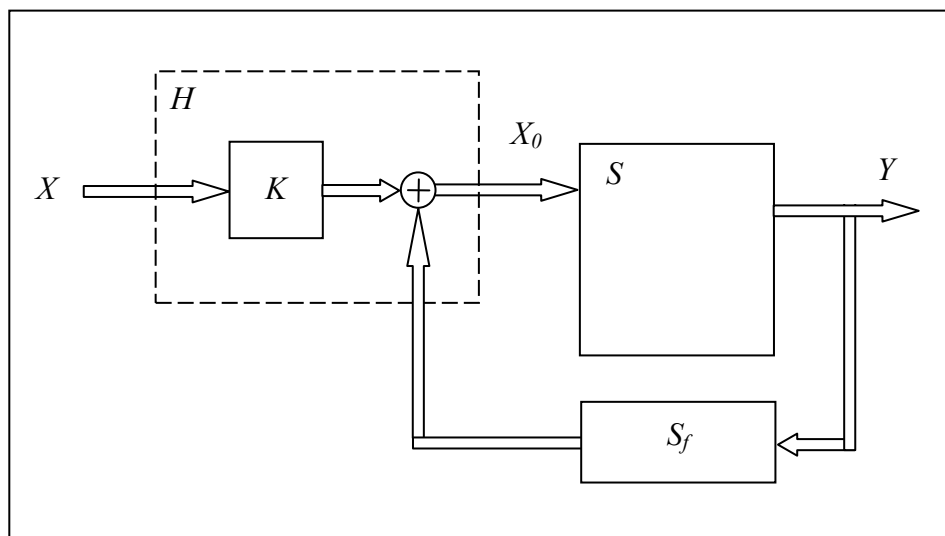


Рис. 7 Структурна схема S – функціонально керованої системи

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 $y_i = (\alpha_i y_i + \beta_i x_i)$, $x_i = x_i(t)$, $y_i(t) = y_i$, (α, β) – параметри.

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:

$$1) \hat{S} = \left(\bigcup \right)$$

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

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ y_i \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = A \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ y_i \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} + B \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ y_i \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} + Z_i;$$

відповідно маємо опис поведінки траєкторії стану, як розвиток D - U управління:

$$Z_i = B^{-1}(\alpha_i I - A) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} + (\beta_i B^{-1} - K) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix},$$

тоді відповідно умови керованості n -мірної системи задаються у вигляді:

$$\forall_i (\beta_i B^{-1} - K) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 1 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = 0, Z_i = B^{-1}(\alpha_i I - A) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Звідки випливає, що K і S_f мають вигляд:

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

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \beta_n \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \alpha_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \alpha_n \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} \nu & \nu^{-1} \beta; \\ \nu_f & \nu^{-1}(\alpha - A). \end{matrix}$$

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 ρ , $\hat{\rho}$ і H відповідають умовам:

$$1) (\rho(c, x)|\bar{T}^t = \rho(c, \hat{x})|\bar{T}^t) \Rightarrow (x|\bar{T}^t = \hat{x}|\bar{T}^t),$$

$$2) \forall c, \forall y \in R(S), \exists x (\rho(c, x) = y),$$

$$3) (\hat{\rho}(c, x)|\bar{T}^t = \hat{\rho}(c, \hat{x})|\bar{T}^t) \Rightarrow (x|\bar{T}^t = \hat{x}|\bar{T}^t),$$

$$4) \forall c, \forall y \in R(S), \exists x (\hat{\rho}(c, x) = y),$$

$$5) H(x, z)|\bar{T}^t = (H(\hat{x}, z)|\bar{T}^t \text{ } \exists x|\bar{T}^t = \hat{x}|\bar{T}^t) \Rightarrow (Z|\bar{T}^t = \hat{Z}|\bar{T}^t),$$

які визначають, що існує контур зворотного зв'язку $S_f: Y \rightarrow Z$, для якого виконується $\exists \hat{S}_f: Y \rightarrow Z \text{ } \text{d}a \text{ } \exists \hat{S} = F(H \odot \odot$, що $\forall y \exists z$, для яких маємо:

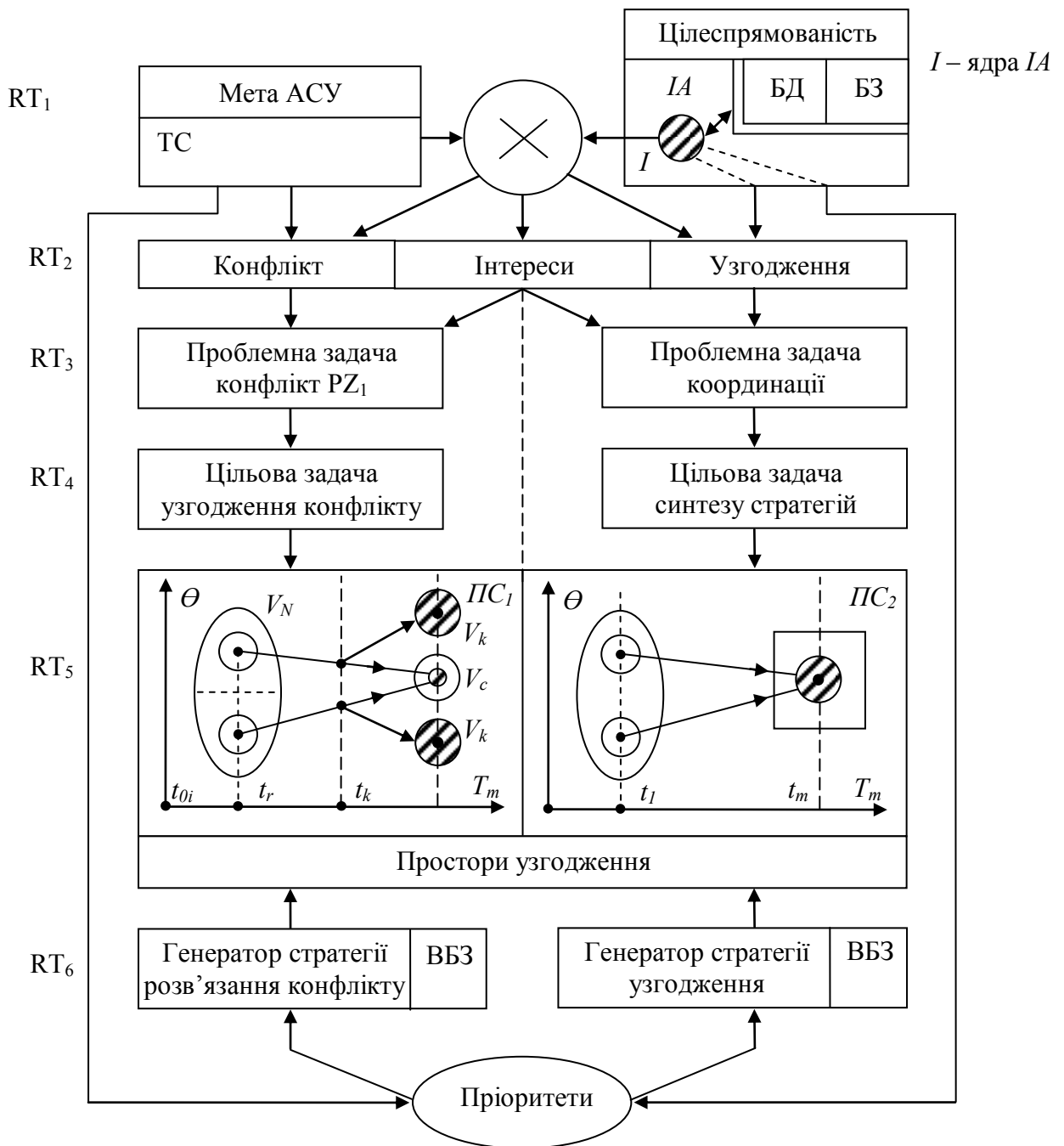


Рис. 8 Структури забезпечення автономності і генерації цілей для управління системою

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

Згідно вищенаведених концепцій будуємо структури систем, які забезпечують автономність і генерацію цілей відповідно до стратегії розв'язання безконфліктного координаційного управління з певним рівнем ієрархії виду (Рис. 8):

- RI_1 : (мета – конфлікт – цілеспрямованість),
- RI_2 : (конфлікт – інтереси – узгодження),
- RI_3 : (проблемна конфліктна задача – координація),
- RI_4 : (цільова задача узгодження конфлікту – цільова задача синтезу стратегії виходу з конфлікту),
- RI_5 : – узгодження поведінки системи в просторі станів відносно конфліктної ситуації,
- RI_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.

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. 9):

- 1) простори станів агрегатів і системи в цілому та енергоактивних блоків;
- 2) цільові простори функціонування агрегатів, енергоактивних блоків і системи в цілому, 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 ПНО системи будуються діаграми причинно-наслідкових зв'язків і їх моделі для факторів техногенного, ресурсного впливу і для інформаційних цілеорієнтованих рішень (дезорієнтація, атака, блокування потоків даних, некоректна процедура, оцінювання, класифікація ситуацій) (Рис. 10).

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

$$\alpha_{Risk}^A = K_p^A \cup \left(T_{m_i} \right)_{T_m},$$

або у вигляді мультиплікативної моделі:

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

або комбінованої:

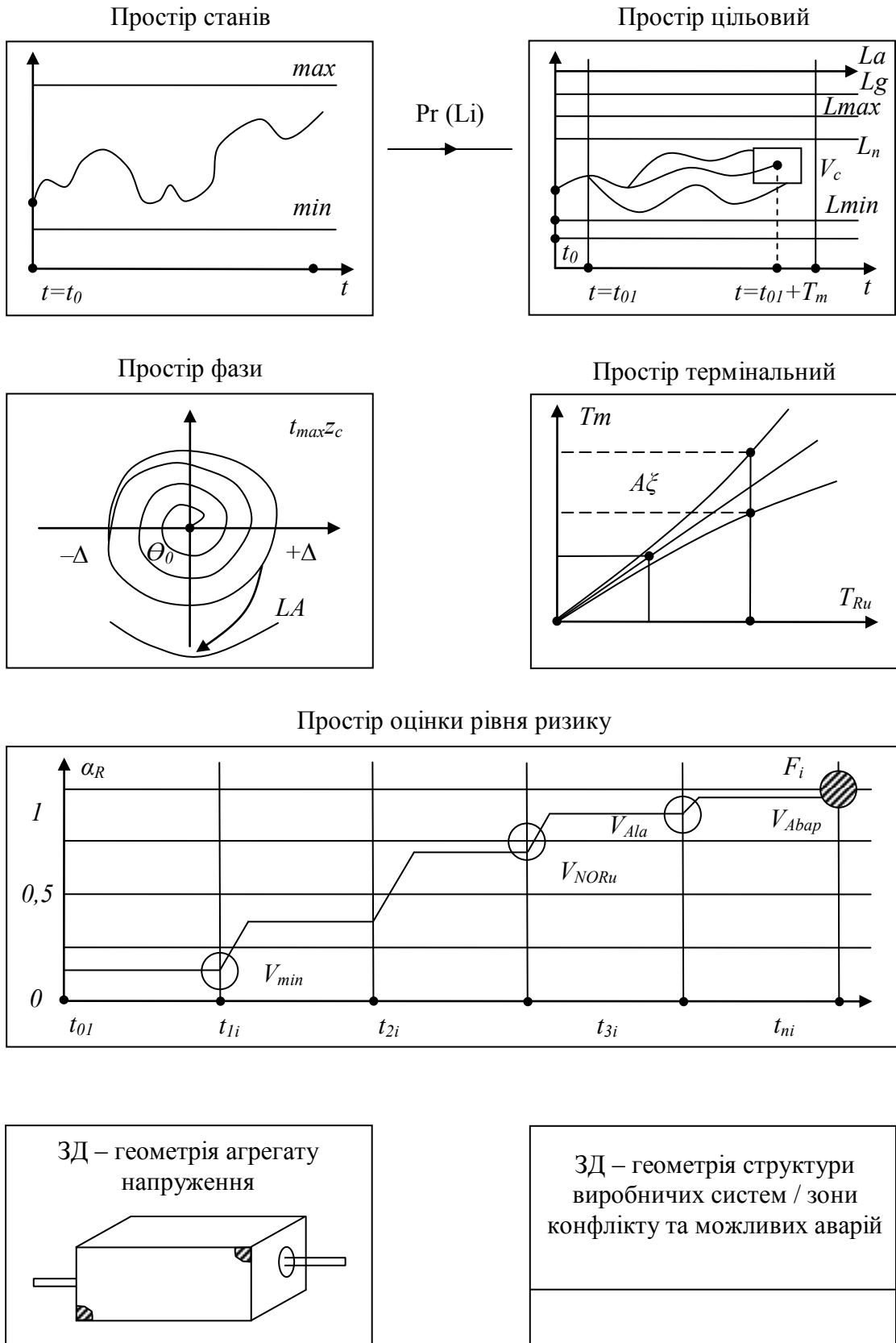


Рис. 9 Структура просторів станів системи

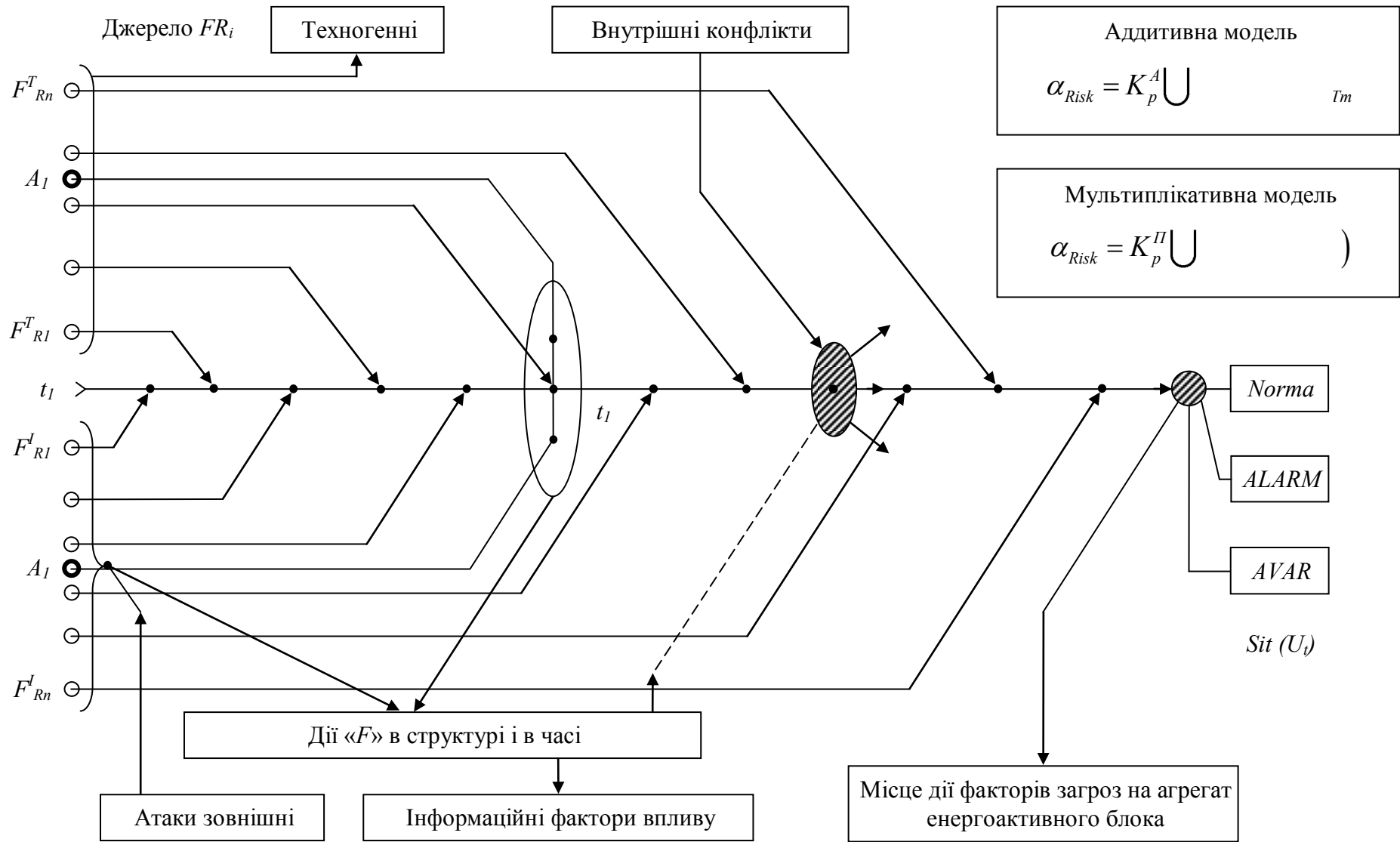


Рис. 10 Причинно-наслідкова модель впливу факторів на систему

$$\alpha_{Risk}^{AM} = K_{AM} \bigcup_{T_m} \left[W_{iR}^m(\hat{\theta}_i^z t_i, T_m) \right],$$

$$\alpha_{Risk}^{AM} = K_{AM} \prod_{i=1}^m F_{iR} W_{iR}^m(\hat{\theta}_i^z \xi_i, t_i, T_{m_i})_{T_m},$$

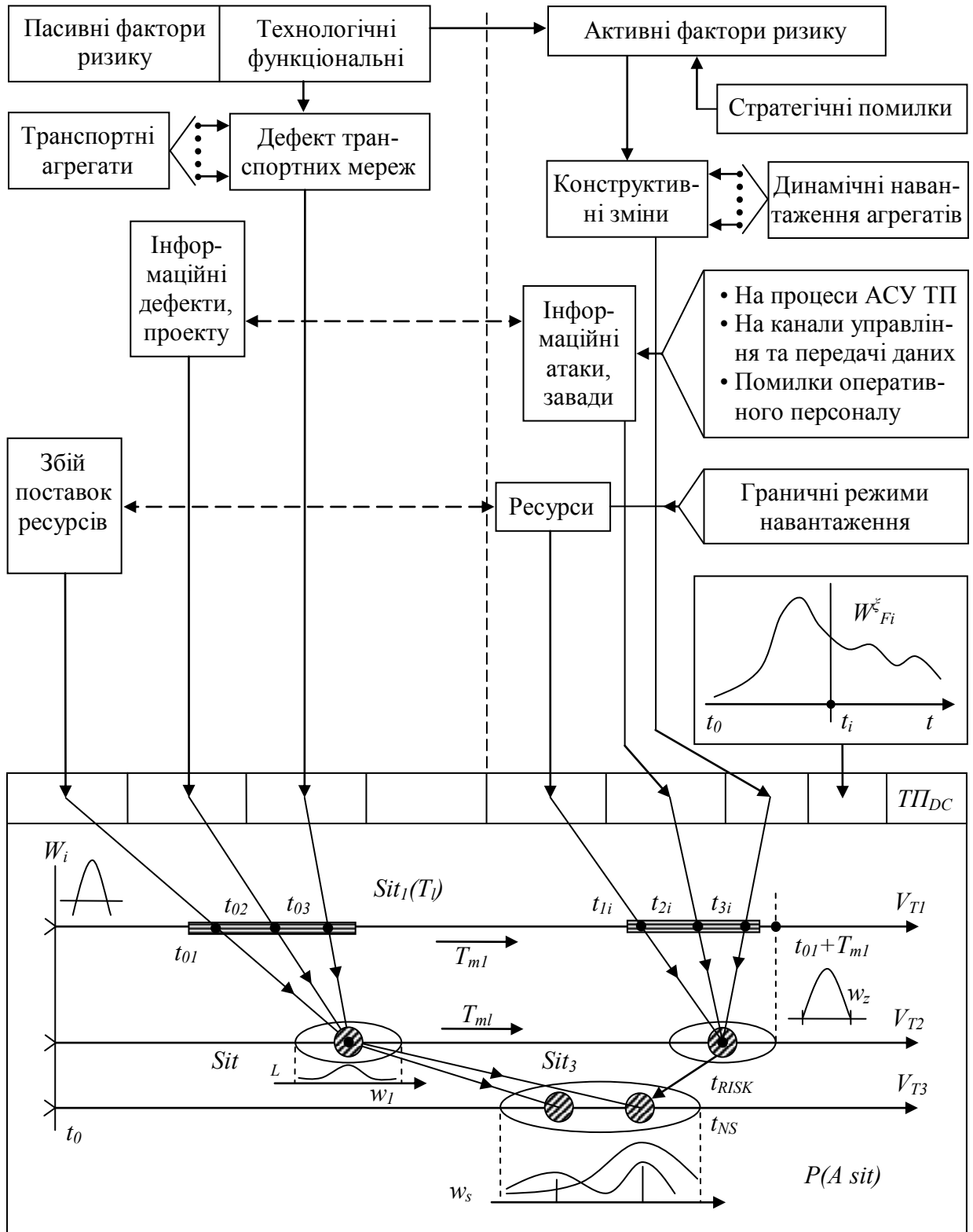


Рис. 11 Схема формування потенційно небезпечної ситуації в термінальному просторі

де α_{Risk} – коефіцієнт ризику, K_{AM}, K_p^A, K_p^M – нормуючі коефіцієнти, F_{iR} – і- фактори впливу з Ваговою функцією W_{ik}, T_m – термінальний час, T_{mi} – локальний термінальний час: $(UT_{m_i} \subset T_m)$.

Відповідно в термінальному (T_{DC}) просторі динамічної системи будуємо комплексу 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 ξ_i збурення.

Висновок.

В залежності 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.

Література:

1. Зайцев В. С. Системный анализ операторской деятельности / В. С. Зайцев – М.: Сов. Радио, 1990. – 120 с.
2. Кабикин В. Е. Диагностика оперативного мышления / В. Е. Кабикин – К.: Наук. дум., 1977. – 110 с.
3. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такаха – М.: Мир, 1973. 344 с.
4. Мичи Д. Интегральные работы / Д. Мичи – Т2. – М.: Мир, 1975. – 526 с.
5. Первозванский А. А. Математические методы в управлении производством / А. А. Первозванский – М.: Наука, 1972. – 616 с.
6. Сікора Л. С. Системологія прийняття рішень в складних технологічних структурах / Л. С. Сікора – Львів: Каменяр, 1998. – 453 с.
7. 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.: схеми, табл., іл.