

УДК 660:

Сікора Л. С., д.т.н., проф. кафедри АСУ НУ "Львівська політехніка"

*Ткачук Р. Л, к.т.н. доцент кафедри практичної психології та педагогіки
ЛДУ БЖД*

Рак Т. С., к.т.н., доцент, проректор з наукової роботи ЛДУ БЖД

ІНФОРМАЦІЙНІ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВІ МОДЕЛІ ДІЇ ФАКТОРІВ ЗАГРОЗ НА ЕНЕРГЕТИЧНО-АКТИВНІ ПОТЕНЦІЙНО- НЕБЕЗПЕЧНІ АГРЕГОВАНІ ОБ'ЄКТИ.

Information cause and effect models of threats factors at energetic and active potentially dangerous aggregate objects

Анотація. В статті розглянуто концепції формування впливу загроз на потенційно небезпечних, енергетично-активних об'єктах з використанням причинно-наслідкових моделей. Описана діяльність людино-машинної системи в умовах інформаційних обмежень, в стресогенних та в ситуаціях часового цейтноту.

Анотация. В статье рассмотрено концепции формирования влияния угроз на потенциально опасных, энергетически-активных объектах с использованием причинно-следственных моделей. Описано деятельность человеко-машинной системы в условиях информационных ограничений, в стресогенных и в ситуациях временного цейтнота.

Annotation. The article studies the concepts of threats influence at potentially dangerous, energetic and active objects with the use of cause and effect models. The activity of human and machine system in the conditions of information restrictions, stress situations and time trouble.

Ключові слова: інформація, оператор, модель, фактор загроз, енергоактивність, каузальний аналіз, стрес, прийняття рішень.

Ключевые слова: информация, оператор, модель, фактор риска, энергетическая активность, каузальный анализ, стресс, принятие решений.

Key words: information, operator, model, stress factor, energy activity, causal analyses, stress, decision taking.

Актуальність

Проблема гарантованого і прогнозованого управління великими техногенними, екологічними та регіональними структурами залишається до сьогоднішнього дня до кінця невирішеною. Крім впливу активних загроз на такі структури необхідно враховувати також і компоненти людського фактору. Оперативний управлінський персонал при прийнятті рішень повинен враховувати вплив причинно-наслідкових факторів на зміну ситуації в об'єкті, ідентифікувати причини, прогнозувати сценарії розвитку подій в

умовах надзвичайних ситуацій (НС) і ризику, приймати на себе відповідальність за прийняття рішень.

Вступ

В операторів технічних складних систем (енергетично-активних, військових, пожежних) внаслідок усвідомлення загрози для життя в аварійних ситуаціях присутня постійна готовність до дій на рівні підсвідомості. Така готовність до прийняття рішень і ефективних дій супроводжується психічного напруженістю і є закономірною реакцією на небезпеку [5]. Чуття небезпеки включає психічні механізми активації діяльності, що, відповідно, загострює процес мислення в пошуку виходу з аварійної ситуації. Висока ступінь готовності до дії є необхідною умовою надійності людино-машинних інтегрованих систем [2, 4-5].

Одною з умов переадаптації людини до ситуації, при загрозі для життя, є здатність підтримувати високу ступінь психічної та інтелектуальної готовності до дій в умовах невизначеності і недостатності ресурсів та інформації [4].

Спеціальний аналіз форм психологічної поведінки операторів в аварійних ситуаціях, при яких не допускалась аварія, показав, що в такі моменти оператор трактував аварійну ситуацію як чергову випадковість, яку можна подолати і холоднокровний пошук рішення для адекватної поведінки приводив до позитивного результату. Готовність до небезпеки і адекватність поведінки в умовах аварії, відповідно, мобілізує інтелектуальні ресурси особи-оператора і в нього формуються здібності до оперативних, скорочених прийомів розпізнавання характеру відмов в системі і моментальному витягу з пам'яті потрібної інформації для прийняття ефективних рішень [2, 4]. Аварійні ситуації вимагають швидкої перебудови психічної та інтелектуальної діяльності на фоні виникаючого емоційного напруження.

Аналіз проблеми стійкості в НС.

В таких ситуаціях чітко виділяються дві форми (типи) реакцій оператора на стресори – ажіотація та ступор. При ажіотації в момент дії стресора, виникає стан збудження оператора, який викликає: тривогу, суєтливість, розгубленість, яка при відповідному тренуванні когнітивних характеристик особистості переходять в режим логіко-аналітичної діяльності [7].

В стані ажіотації оператор здатний приймати не завжди коректні рішення [5]:

- прості автоматизовані акти під дією випадкових збудників, які попали в поле зору;
- процес мислення уповільнюється, що приводить до втрати причинно-наслідкових зв'язків в оцінюванні подій та здатності приймати логічні рішення.

Здатність розуміння складних відношень між явищами, при цьому втрачається, оператор нездатний формувати твердження, які відображають логіку подій і втрачає логіку мислення (здатність логічного мислення при пошуку способів виходу з аварійної ситуації). В такому стані в оператора

відключаються когнітивні функції нейропроцесора, і як наслідок неспроможність приймати рішення (пустота в голові, відсутність думок), тобто настає стан повної розгубленості. В стані ажіотації порушується сприйняття плину часу, що теж негативно впливає на інтелектуальну діяльність оператора:

- неадекватне сприйняття дійсності (поточної ситуації);
- зміна часових інтервалів при опрацюванні даних і команд;
- ускладнення в розумінні змісту виникаючих ситуацій і знаходження причинно-наслідкових зв'язків;
- порушується процес вибору способу дій і пошуку альтернативних тактик;
- логічність і послідовність актів мислення в процесі побудови і прийняття рішень та способів поведінки і дій для ліквідації аварії;
- генерація стереотипних автоматизованих дій, що не відповідають ситуації.

Ступор – в умовах дії стресорів і загроз оператор втрачає здатність мислити і діяти (стан оцінення). Гостро конфліктна ситуація вимагає активних дій, але людина не готова адекватно діяти (реагувати) на стресори. Основною причиною розвитку стану афекта в головному мозку оператора є невідповідність до дій в непередбаченій ситуації (відсутність моделей цільової поведінки для протидії стресорам), тобто не підготовлена відповідна когнітивна реакція на дії факторів впливу [6-7].

Процес формування протидії оператора стресорам обґрунтував Анохін П. [5] на основі концепції «Випереджаючого відбиття», яка ґрунтується на «акцепторі дії», тобто, моделі протидії, ще до реалізації мір протистояння стресору. В процесі психологічно-інтелектуальної діяльності оператора, в режимі зворотної аферентації в нейроструктурі акцептора дії, сприймається інформація про ситуацію, при цьому контролюється хід подій і формується цільова протидія на основі причинно-наслідкового сценарію.

В результаті протидії, на основі інформативних даних виробляється динамічна оцінка, при цьому може сформуватись нова більш точна протидія на основі аферентного синтезу стратегії поведінки в екстремальній ситуації. В результаті аферентного синтезу формуються цілеорієнтовані наміри до дій, які послідовно реалізуються. Дія нових стресорів наносить інформаційний удар по системі передбачення оператора, що може викликати його афектний стан за рахунок невизначеності структури і динаміки розвитку ситуації.

Наявність конфліктної ситуації для одного оператора може мати інші наслідки ніж для інших, при цьому важливо виявити, які фактори викликають стан афекту для людини, що приймає відповідні управлінські рішення [4-5].

Фактори впливу.

Фактори впливу, які ведуть до стану афекту залежать від:

- комплексу вроджених властивостей нервової системи (тип вищої нервової діяльності) особи, які формують відповідну реакцію та спосіб дій;

- сили активації процесів збудження в залежності від типу когнітивної системи;
- типу збудження НС та фізіологічних характеристик;
- процесів гальмування та збудження в режимі прийняття рішень в стресових ситуаціях (реакція Я-системи);
- психофізіологічного стану (перевтома, напруженість, порушення ритмів сну і діяльності);
- психологічно-інтелектуального тренінгу до протидії стресорам оператора).

В процесі дії загроз, оператор проходить послідовно етапи розумової і фізичної діяльності, тобто на підсвідомому і свідомому рівні адаптується до стресової ситуації в умовах, якої він приймає цільові рішення чи блокується його інтелектуальна та фізична діяльність, як інтелектуальної «Я-системи» (Рис. 1).

Ефект наростання психічної напруженості при підході до бар'єру, який розділяє перед аварійну і аварійну ситуацію, виявляється при інформаційній невизначеності обставин, передбачені можливих аварійних ситуацій з важкими для життя наслідками, яке відбувається на мисленневому програванні варіантів дій проти загроз і стресорів. Підвищення активності мозку веде до знаходження нових способів дій, знімається невизначеність, підвищується шанс прийняття правильних рішень. Подолання психологічного бар'єру веде до зняття емоціональної напруги за рахунок блокування гальмівних впливів на процеси мислення та функціональних систем психофізіологічних систем організації людини [4-5].

Етап психічної переадаптації формує нові функціонально-інформаційні структури в центральній нервовій системі особи, що дозволяє адекватно відображати реальну дійсність в нестандартних ситуаціях, та визначати її когнітивний тип [4].

Кожний етап адаптації (рис. 1) має мотиваційне обмовлення (цілеспрямованість), вони підпорядковані загальній стратегічній цілі конкретній цілеорієнтованій діяльності.

Психологічні механізми прийняття рішень та узгодження гіпотез з результатами на кожному етапі, ґрунтується на механізмах [1, 8]:

- перетворення вхідної інформації про структуру і тип активності об'єкта;
- співставлення результатів з вимогами реалізації цілі, згідно траєкторії стану;
- переходу від вимог до плану дій на основі сформованого сценарію;
- побудови функціональної гіпотези розв'язання задачі з використанням експертних та інтуїтивних знань;
- перетворення інформації в ході рішення задачі відповідно до функціональної гіпотези, з метою відслідковування сценарію розвитку події в цільовому просторі енергетично-активного об'єкта;

- формування конкретної гіпотези про тактику конструктивного способу реалізації процесу розв'язання задачі, переходячи від підсвідомого до свідомого аналізу процесу;
- співставлення результату з цільовим завданням на основі зворотного зв'язку [6].

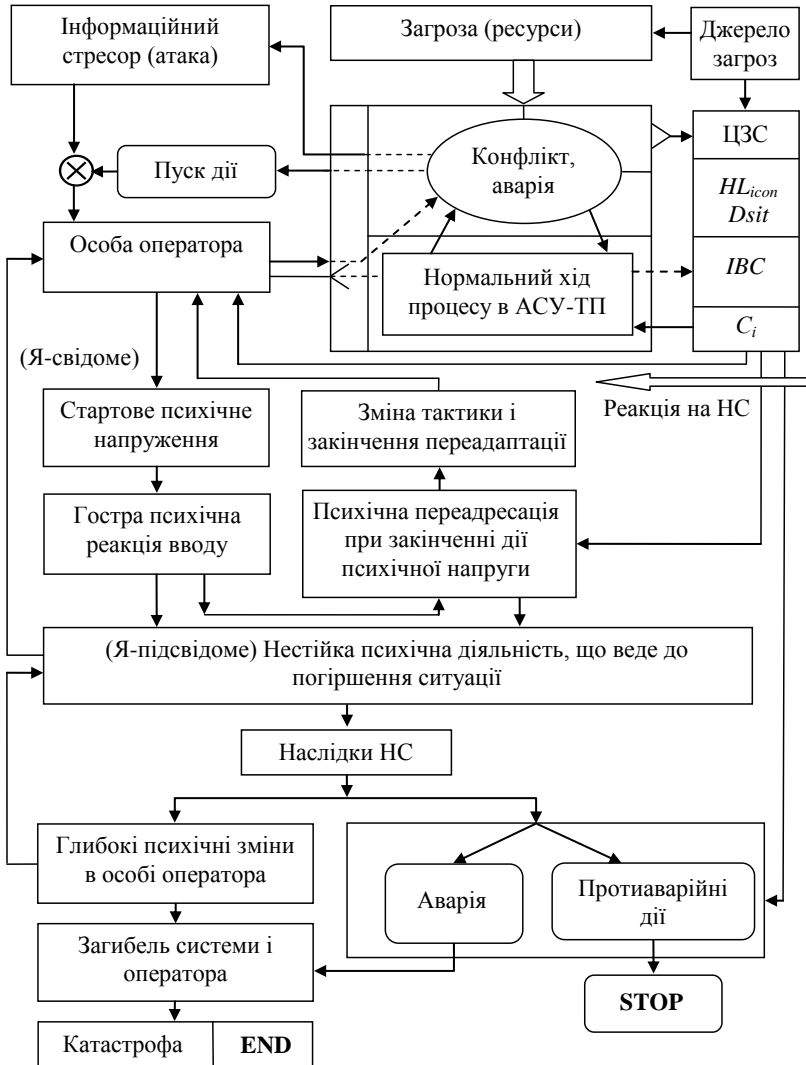


Рис. 1. Блок схема етапів психологічної адаптації когнітивної структури «Я-системи» особистості (свідомої і підсвідомої компоненти)

Процес розв'язання цієї задачі можна виразити у вигляді логічного ланцюга дій когнітивної системи:

$$KUS(C_i) \rightarrow \otimes \rightarrow (K_1 - K_2)GH \Rightarrow GH(K_{n+1} \rightarrow K_{n+m})S_iH_i \Rightarrow SH_i(K_{n+m} \rightarrow K_{n+m+p})R \rightarrow,$$

де P – умова задачі; GH – робоча гіпотеза; SH_i – специфіковані гіпотези згенеровані оператором, K – послідовні ланцюги рішень у вигляді команд дій; R – результат, KUS – система.

Розрив зворотних зв'язків KUS веде, в процесі операторської діяльності, в умовах інформаційних обмежень, до стресової ситуації і провокує аварійний стан в людино-машинно-технологічно-інтегрований системі, тобто до втрати причинно-наслідкових зв'язків ходу і зміни ситуацій.

Аналіз причинно-наслідкових моделей впливу на когнітивну систему, модель Супеса.

Розглянемо ймовірнісно-причинні моделі Супеса П. [3]. Нехай події є підмножинами фіксованого ймовірнісного простору, які формуються миттєво, а моменти їх появи входять в опис ймовірнісного простору. Позначимо ймовірності подій: $P(A_t)$ – подія A відбудеться в момент (t) ; $P(A_t|B_t)$ – подія A відбудеться в момент (t) якщо подія B мала місце в t' .

Означення 1. Причина „prima faice”.

Подія $B_{t'}$ є причиною A_t , тоді і тільки тоді, коли маємо значення ймовірності

$$P(B) \neq 0:$$

$$\begin{cases} t' < t \\ P(B_{t'}) > 0 \\ P(A_t|B_{t'}) > P(A_t) \end{cases} \Leftrightarrow [B_{t'} \mapsto A_t, \forall t > t'].$$

Означення 2. Подія $B_{t'}$ – не є причиною $(P|F)$ – „prima faice” події A_t , якщо маємо:

$$\exists t'' < t', \exists C_{t''}; P(\bar{B}_{t'}C_{t''}) > 0: 0 < P(A_t|B_{t'}C_{t''}) = P(A_t|C_{t''}).$$

Означення 2'. Подія $B_{t'}$ є хибною причиною події A_t , якщо $B_{t'}$ є для A_t причиною $(P|F)$ та появляється така причина $(C_{t''}, t'' < t')$ для якої маємо:

$$\begin{cases} P(B_{t'}C_{t''}) > 0 \\ P(A_t|B_{t'}C_{t''}) = P(A_t|B_{t'}) \\ P(A_t|B_{t'}C_{t''}) > P(A_t|B_{t'}) \end{cases} \left| \begin{array}{l} \equiv C_{t''} \mapsto A_t \\ \neg(B_{t'} \mapsto A_t) \end{array} \right.$$

Означення 3. Подія $B_{t'}$ є прямою причиною події A_t , тільки тоді коли $B_t - (P|F) - A_t$ і не існує $(t'' \text{ } ^3 \pi_{t''})$ для яких маємо: $\neg \exists (t'' \& \pi_{t''})$:
 $t' < t'' < t, \forall C_{t''} \subset \pi_{t''}$:

$$P(B_{t'} C_{t''}) > 0$$

$$P(A_t | C_{t''} B_{t'}) = P(A_t | C_{t''}).$$

Означення 4. Події $B_{t'}$ і $C_{t''}$ є додатковими причинами події A_t , тоді і тільки тоді, коли $B_{t'}$ і $C_{t''} \in (P, F)$ події A_t і маємо (виконуються умови):

$$P(B_{t'} C_{t''}) > 0, \forall t, \exists t', t'' \in T:$$

$$P(A_t | B_{t'} C_{t''}) \Rightarrow \max_t (P(A_t | B_{t'}), P(A_t | C_{t''})).$$

Означення 5. Подія $B_{t'}$ є протидією появи події $(P; F) A_t$ у випадку коли виконуються умови:

$$\forall t, t' < t, (t', t) \in T_m:$$

$$P(B_{t'}) > 0,$$

$$P(A_t | B_{t'}) < P(A_t).$$

Елементи алгебри причинності [3]. Нехай відповідно позначимо, що: $(B$ причина prima faice події $A) \equiv (B\pi A)$, тоді елементарні властивості відношення (π) мають наступну структуру відносно істинності твердження (I) .

1. $(A\pi A) \equiv \neg I$;
2. $(\bar{B}\pi \bar{A}) \equiv I$;
3. $(A\pi B) \equiv \neg I$;
4. $(\bar{A}\pi \bar{B}) \equiv \neg I$;
5. $(B\pi \bar{A}) \equiv \neg I$;
6. $(\bar{B}\pi A) \equiv \neg I$;
7. $((B=0) \vee (B=x)) \Rightarrow \neg \exists A(B\pi A)$;
8. $((A=0) \vee (A=x)) \Rightarrow \neg \exists B(B\pi A)$;
9. $[(A\pi C), (B\pi C) \wedge ((A \cap B) = 0)] \Rightarrow (A \cup B)\pi C$;
10. $[(A\pi B), (A\pi C) \wedge ((B \cap C) = 0)] \Rightarrow A\pi(B \cup C)$.
11. Нетранзитивність подій:
 $\exists A, B, C : ((A\pi B) \wedge (B\pi C) = I) \Rightarrow \neg \exists (A\pi C)$.

Причинні зв'язки кількісних ознак ходу подій (імовірнісне трактування).

Означення 6. Ознака $Y_{t'}$ є слабою квадратною причиною ознаки X_t в тому і тільки в тому випадку коли виконуються умови ргіта facіє:

$$t' > t, \forall t \in T_m$$

$$\forall x, \forall y, x \in X, y \in Y, (P(Y_{t'} \geq y) > 0) \Rightarrow (P(X_t \geq x | Y_{t'} \geq y) > P(X_t \geq x)).$$

Відповідно коваріація і умовна кореляція подій визначиться, якщо (x, y) – випадкові, то маємо:

$$\text{cov}(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x - E(X))(y - E(Y)) f(x, y) dx dy,$$

а $\rho(x, y) = \text{cov}(x, y) / \sigma_x \sigma_y$ – коефіцієнти кореляції подій (x, y) .

Якщо (x, y, z) випадкові події, то умовна кореляція x, y відносно умови z буде визначати їх істинність відносно

$$(Z = z): \rho(x, y | Z = z) = \frac{\text{cov}(x, y | Z = z)}{\sigma(X | Z = z) \cdot \sigma(Y | Z = z)} \geq 0.$$

Означення 7. Ознака $Y_{t'}$ є хибною квадратною причиною другого роду X_t , тоді і тільки тоді коли виконується умова $\exists Z_{t''}, t'' < t', \forall t \in T_m$:

1) $Y_{t'}$ є причина $(P|F) X_t$;

2) $\forall x, y, z: P(Y_{t'} \geq y, Z_{t''} \geq z) > 0 \Rightarrow P(X_t \geq x | Y_{t'} \geq y, Z_{t''} \geq z) = P(x_t \geq x | z_{t''} \geq z)$.

Доведення вище наведених тверджень наведено в праці [3].

Операціональна причинність.

Операціональне визначення відношення причинності, ґрунтується на тому, що причинні зв'язки між подіями, перевіряються в ході контрольованого експерименту, в якому спостерігається послідовність подій S і B , які відбуваються в системі:

- індуктивне узагальнення: $[S \text{ супроводжується } B]$;

- загальний висновок: $[S \text{ причина } B]$ $\left\{ \begin{array}{l} (S \rightarrow B) \vee (S \Rightarrow (S \rightarrow B)). \\ \text{або відповідно: } [B \text{ наслідок } S] \end{array} \right.$

Інформаційне трактування причинних зв'язків відображає різний сенс тверджень згідно умов цілеорієнтації та ідентифікації для S і B у залежності від агрегатної структури енергетично-активного об'єкта та виявлення доступних зон активного впливу.

Логічна структура причинних зв'язків задається у вигляді:

1. $(S \text{ достатня умова для } B) \equiv (\forall S \rightarrow B)$, $\exists A$ – альтернатива, $A \wedge S \rightarrow B$;

2. $(S \text{ необхідна умова для } B) \equiv (\forall S \rightarrow \exists B)$,

$(\exists D, D \wedge S \rightarrow B), P(B|S) \in [0, 1]$;

3. $(S \text{ необхідна і достатня умова для } B) \equiv (\forall S \leftrightarrow \exists B)$;

4. Умовна реалізація B при S -реалізованості: $P(B|S) = -P(S|B) = 1$;

5. D -додатковий фактор, який з S утворює необхідну і достатню умову для реалізації B представимо графом, який описується:

$$\left[\begin{array}{c} S \\ | \rightarrow B, P(B|S) = P(D|S) \\ D \end{array} \right]$$

6. Коли S і A альтернативні фактори для достатніх умов, ситуацію можна представити у вигляді:

$$\left[\begin{array}{l} S \rightarrow B, \quad P(B|S) = P(B|A) = 1 \\ A \rightarrow B, \quad P(S|B) = 1 - P(A|B) + P(AS|B) \\ S \cap A = \emptyset, \quad P(B|S) = P(B|A) = 1 \\ \quad \quad \quad P(S|B) = 1 - P(A|B) \end{array} \right].$$

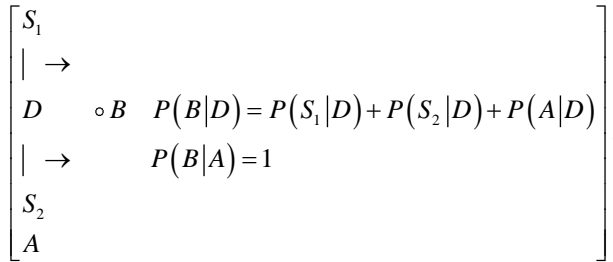
7. Якщо S є суттєвою компонентною причини появи B , але існує друга альтернативна компонента A (A достатня умова B) то ситуацію представимо у вигляді:

$$\left[\begin{array}{l} S \quad 1) A \wedge D = \emptyset : P(B|S) = P(D|S) + P(A|S), P(B|S') = P(A|S') \\ | \rightarrow B \quad 2) A \wedge D = \emptyset : P(B|S) = P(D|S) + P(A|S) - P(DA|S), P(B|S') = P(A|S') \\ D \\ A \end{array} \right]$$

8. Нехай D необхідна умова для B , але існують дві достатні умови з факторами S_1 і S_2 , тоді граф має вигляд:

$$\left[\begin{array}{c} S_1 \\ | \rightarrow \\ D \quad \circ B \quad P(B|D) = P(S_1|D) + P(S_2|D) \\ | \rightarrow \\ S_2 \end{array} \right]$$

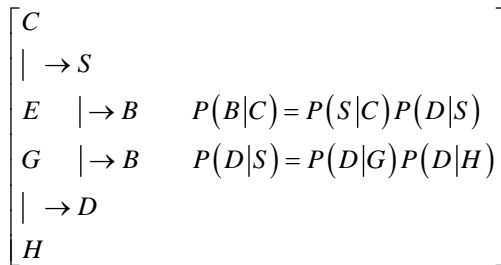
9. Нехай для D є два різних додаткових фактори S_1 і S_2 для B , але існує альтернативна причина A для B , тоді маємо ситуацію:



Тобто, такі схеми дозволяють аналізувати ситуації, в яких дві різних змінних (компоненти) причинно пов'язані з результуючою подією B , але в часі дві різні змінні одночасно можуть бути пов'язані з B і одне з одним, так як вони є представниками різних стадій конкретного ланцюга подій.

Тобто маємо: $[C \rightarrow S \rightarrow B]$, де C достатня умова S , а S умова B , (SB) – прямий причинний зв'язок, (CB) – доповнювальний непрямої зв'язок.

Нехай C і S є суттєві компоненти необхідної і достатньої умови B при дії факторів (E, G, H, D) тоді графічно маємо:



Модель причинних зв'язків є багатостадійною і альтернативною, а її графова схема утворює ізольовану ланку причинних перетворень, впливів факторів на вузли, доступу агрегатів складних ієрархічних систем. Відповідно до причинно-наслідкових концепцій дії загроз побудуємо причинно-наслідкову модель розвитку подій в агрегованих системах з потенційно-небезпечними об'єктами управління – ПНО (Рис. 2).

Така модель має ієрархічну структуру, в якій можна виділити наступні компоненти:

1. Потенційно небезпечний об'єкт управління технологічної системи;
2. Функціональна структура об'єкта з комплексом фізико-хімічних та активних енергетичних перетворень;
3. Логічна структура ресурсних перетворень в агрегатах ПНО (Ag_i);
4. Логіко-функціональна структура енергоактивних перетворень і процесів агрегатів ПНОУ (Ag_n);
5. Модель, декомпозиції причинно-наслідкових зв'язків при дії збуджуючих факторів;
6. Діаграми подій в агрегованому ПНО.

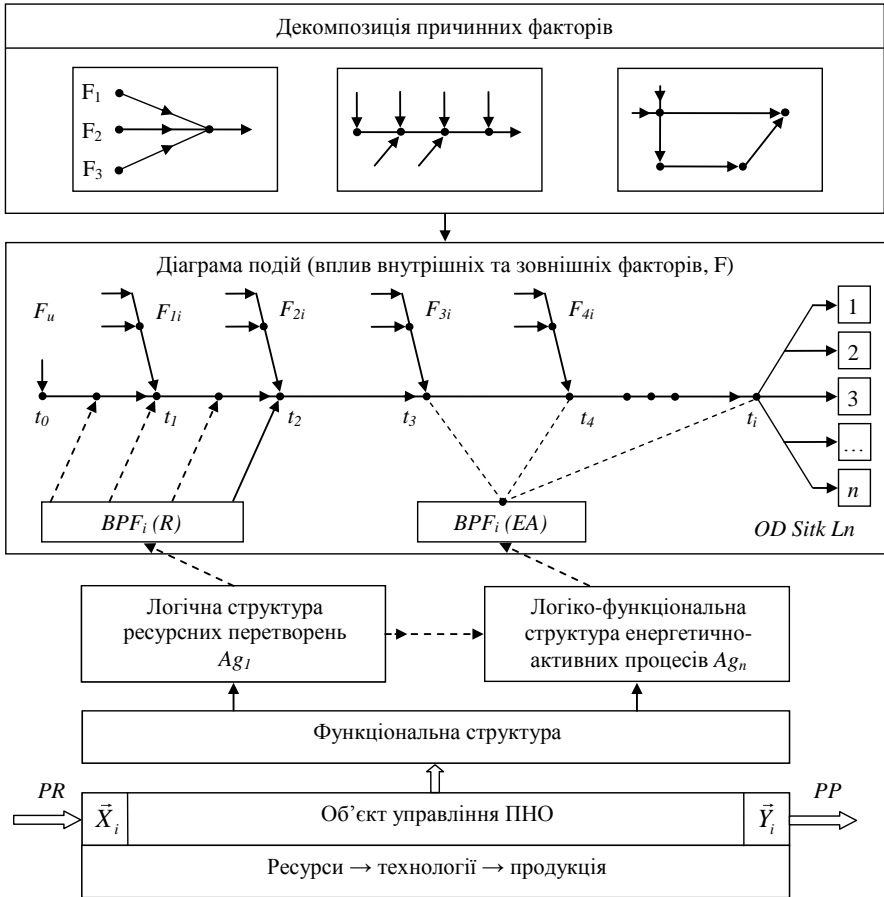


Рис. 2. Причинно наслідкова модель розвитку подій в агрегованих ПНО.

Такий підхід до структурного управління потенційно-небезпечними об'єктами дає підстави до визначення рівня ризику аварії в залежності від типу і місця дії факторів та активних загроз на різних агрегатах і ієрархічних структур системи.

Висновок

В статті розглянуто концепції дії причинно-наслідкових факторів на агрегованих потенційно-небезпечних об'єктах управління, показана роль оперативного персоналу при їх дії. Обґрунтовано положення що рівень ефективності дій оперативного персоналу забезпечується відповідним рівнем професійної та інтелектуальної підготовки.

Література

1. Кабкин В. Е. Диагностика оперативного мышления / В. Е. Кабкин – К.: Наук. дум., 1977. – 110 с.
2. Клебельсберг Д. Транспортная психология / Д. Клебельсберг – М.: Транспорт, 1989. – 367 с.
3. Математика в социологии. Моделирование и обработка информации. – М.: Мир, 1977. – 543 с.
4. Психология экстремальных ситуаций / Хрестоматия ред. Тарас А. – М.: Харвест, 2002. – 480 с.
5. Психологія / ред. Трофімов Ю. Л. – К.: Либідь, 2001. – 558 с.
6. 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.: схеми, табл.
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.
8. Хейс Д. Причинный анализ в статистических исследованиях / Д. Хейс – М. Финансы и статистика. 1981. – 254 с.