

УДК 623.765:681.513.6

Ю.П. Пятков, М.А. Павленко, П.Г. Бердник, В.М. Руденко, О.С. Бодяк

## МЕТОД РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ ОПЕРАТОРОМ

*Запропонований метод розробки інформаційного забезпечення процесів оцінювання стану об'єктів керування оператором у перспективних автоматизованих системах керування складними об'єктами з урахуванням вирішуваних задач керування і властивостей інформаційних елементів, необхідних для вирішення цих завдань.*

### Постановка проблеми

Забезпечення своєчасного оцінювання оператором стану об'єктів керування (СОК) припускає поряд з автоматизацією вирішення завдань оцінювання СОК забезпечити інформаційну підтримку діяльності оператора при проведенні такого оцінювання.

В існуючих АСУ при розробці системи інформаційного забезпечення (СІЗ) головна увага приділялася [1, 2, 3, 4] антропометричним, фізіологічним і психофізіологічним особливостям оператора. Це у свою чергу визначило структуру СІЗ, склад засобів відображення, набір інформаційних моделей (ІМ) і форм представлення інформації про СОК та іншу інформацію, необхідну для його оцінювання. Оператору подається та інформація про об'єкт, яка оброблена в АСУ без урахування [1, 2, 3, 4, 5]:

необхідності даної інформації оператору;  
можливостей оператора з обробки інформації;  
способів обробки інформації оператором;  
відповідності інформації завданням, які він вирішує;  
умов діяльності оператора.

Таким чином, метод розробки СІЗ оцінювання СОК повинен містити в собі такі складові:

1. Аналіз інформаційного забезпечення процесу оцінювання СОК оператором.
2. Визначення переліку інформаційних ознак (ІО), що забезпечують оцінку СОК й обґрунтування складу інформаційних елементів (ІЕ), представлених на СІЗ, що забезпечать оперативне оцінювання СОК.
3. Розробка структури ІМ, які забезпечують інформаційну підтримку СОК.
4. Розробка вимог до форми подання ІЕ, які найбільш повно відповідали б характерові діяльності оператора при СОК.

### Аналіз літератури

Дослідженню методів створення і керування ІМ

при організації інформаційної підтримки процесу оцінювання СОК присвячені роботи [1, 2, 3, 4, 5]. Розглянемо ці методи.

Текстові ІМ [1, 3] використовуються при відображенні статичної інформації. Основним завданням таких простих інформаційних моделей є представлення подання текстових даних, необхідних у процесі роботи оператора. Прикладом таких ІМ можуть бути інструкції, алгоритми роботи, переліки розв'язуваних задач, подані оператору у вигляді текстових документів.

Алгоритмічні методи створення і керування ІМ [1, 2, 4] дозволяють сформувати моделі, що відображають алгоритм діяльності оператора, і у свою чергу підрозділяються на інформаційно-логічні і командно-інформаційні. Ці моделі використовуються для керування одним складним об'єктом, наприклад, енергоблоком, ядерним реактором і т.д.

За способом відтворення інформації і застосовуваним методом керування ІМ можна виділити [1, 2, 5] зображальний підхід до відображення інформації без алгоритму урахування діяльності оператора. Недоліками цього підходу до створення ІМ є: ІМ відбиває інформацію, необхідну для вирішення 1 – 2 завдань керування; відображувана інформація не відповідає логіці роботи ЛПР; аналіз моделі вимагає великих витрат часу.

Наступний метод керування ІМ ґрунтується на зображальному підході до відображення інформації з обмеженим обліком алгоритму діяльності ЛПР [1, 3, 4, 5]. Такий підхід дозволяє створювати більш досконалі ІМ порівняно з методом, розглянутим вище. Недоліками такого підходу є: обмежена кількість програм керування ІМ; не реалізована підтримка розпізнавання оперативних ситуацій; не передбачена можливість адаптивного керування параметрами відображення ІМ; реалізована підтримка діяльності ЛПР за обмеженим набором алгоритмів вирішення завдань керування.

Таким чином, питання, пов'язані зі створенням СІЗ процесу оцінювання СОК оператором з урахуванням ситуації, яка склалася, досліджені й представлені в літературі в недостатньому обсязі та вимагають проведення подальших досліджень.

**Мета статті** – представити метод розробки СІЗ процесів оцінювання СОК оператором.

### Основна частина

Основним етапом при розробці СІЗ є етап виявлення завдань, вирішення яких покладене на оператора. Однак дана процедура повинна бути проведена з урахуванням особливостей роботи оператора в різних умовах, якими можуть бути такі: несення чергування, аварійні умови роботи і т.д.

Вирішення оператором визначених на цьому етапі завдань можливо лише в тому випадку, якщо він забезпечений усією необхідною інформацією для цього.

Основним компонентом СІЗ, що забезпечує інформаційну підтримку оцінювання СОК, є ІМ як матеріальна основа побудови концептуальної моделі (КМ) СОК і вироблення керуючих впливів.

Сказане визначає необхідність проведення аналізу відповідності розроблюваної ІМ основним принципам її розробки [1, 2, 4], до яких відносяться:

- принцип адекватності ІМ;
- принцип структурування;
- принцип оптимального обсягу інформації;
- принцип наочності;
- принцип оптимального кодування;
- принцип виділення конфліктних ситуацій.

Якщо принципи адекватності ІМ, структурування й оптимального обсягу інформації визначають зміст фрагментів і системи моделей у цілому, то решта принципів забезпечує оптимальні умови сприйняття інформації.

Якщо провести розробку ІМ без урахування наведених вище ознак, це може привести до створення ІМ, які будуть мати такі недоліки:

- різні задачі оцінювання СОК будуть вирішуватися оператором з використанням однотипної ІМ;
- використання неефективних способів кодування інформації, які не відповідають характеру діяльності оператора і завданням, які він вирішує;
- відсутність обліку можливостей оператора з обсягу інформації, яка переробляється, що приводить до перевантаження інформаційного поля і збільшення часу її аналізу;
- відсутність логічних взаємозв'язків між відображуваними ІЕ в ІМ;
- відсутність можливостей відображення тільки ті-

єї інформації, що відноситься до розв'язуваної задачі оцінювання СОК в ситуації, яка склалася.

Обмежений обсяг даної роботи не дозволяє розглянути всі питання, пов'язані з розробкою ІМ оцінювання СОК. Тому надалі обмежимося рішенням таких задач:

- відбір ІО для формування ІМ;
- розробка структури ІМ оцінювання СОК;
- розподіл ІО між пристроями відображення;
- розробка алфавіту кодування інформації про СОК.

**Визначення складу ІО, які забезпечують оцінювання СОК.** Існує множина ІО  $u_i$ , що описують можливу ситуацію в АСУ, яку представимо у вигляді множини  $U$ . Дана множина ІО може бути представлена в такому вигляді:

$$\bigcup_i u_i = U. \quad (1)$$

При цьому можна виділити множину різних ситуацій зовнішнього середовища  $k_n \in A_L$ . Кожній такій ситуації можна поставити у відповідність визначену множину  $U_n$  ІО  $u_i$ , які її характеризують:

$$\bigcup_{u_i \in k_n} u_i = U_n; \quad \bigcup_n U_n = U. \quad (2)$$

Для кожної ситуації  $k_n$  можна виділити множину визначальних  $\Pi_n^o$  інформаційних ознак  $u_j^o$ :

$$\bigcup_{u_j^o \in k_n} u_j^o = \Pi_n^o, \quad \Pi_n^o \in U_n. \quad (3)$$

Для кожної із ситуацій  $k_n$ , крім  $u_j^o$ , у множині  $U \in IO$ , що характеризують  $k_n$  у деталях, які відбивають ті чи інші їх особливості. Назвемо такі ІО додатковими і позначимо їх через  $u_j^d$ . Для  $k_n$  можна виділити множину  $\Pi_n^d$  інформаційних ознак  $u_j^d$ :

$$\bigcup_{u_j^d \in k_n} u_j^d = \Pi_n^d, \quad \Pi_n^d \in U_n. \quad (4)$$

При ергономічному проектуванні ІМ та їх фрагментів поряд з інформаційними ознаками  $\Pi_n^d$  необхідно визначити відсутні ІО, які формуються на основі обробки вихідної інформації. Позначимо такі ІО через  $u_j^*$ . Після цього формується масив  $\Pi_n^*$ :

$$\bigcup_{u_j^* \in k_n} u_j^* = \Pi_n^*, \quad u_j^* \notin U_n. \quad (5)$$

Таким чином, склад ІО, які характеризують можливі стани СОК і зовнішнього середовища, можна представити такою множиною:

$$\Pi_n^o \cup \Pi_n^d \cup \Pi_n^* = U_n. \quad (6)$$

Для формування ІМ оцінювання СОК необхідно також враховувати перелік задач, розв'язуваних оператором у визначеній ситуації. Множину  $Z$  усіх задач  $z_m$  оцінювання СОК можна представити у такому вигляді:

$$\bigcup_m z_m = Z. \quad (7)$$

Тоді множину задач оцінювання СОК  $k_n$  можна представити так:

$$\bigcup_{z_m \in k_n} z_m = Z_n, \quad Z_n \in Z. \quad (8)$$

Проведений аналіз задач оцінювання СОК дозволить визначити необхідний склад ІО для вирішення даних завдань. Множина  $W$  необхідних ІО  $W_g^{z_m}$  для розв'язання задач  $z_m$ :

$$\bigcup_{w_g \in z_m} w_g = W_g^{z_m}, \quad W_g^{z_m} \in W. \quad (9)$$

При цьому необхідно враховувати, що можлива така ситуація, що  $W_g^{z_m}$  буде містити у собі ІО з множин  $\Pi_n^o, \Pi_n^d, \Pi_n^*$ :

$$\Pi_n^o \cup \Pi_n^d \cup \Pi_n^* \rightarrow W_g^{z_m}. \quad (10)$$

Це визначає необхідність пошуку (одержання) додаткової інформації, а також урахування даного фактора при проектуванні ІМ з таким розрахунком, щоб забезпечити інтелектуальну діяльність оператора при самостійному визначенні відсутніх ІО за тією інформацією, яка представлена в ІМ.

Формально завдання процедур відбору необхідних ІО для формування ІМ можливо представити множиною морфізмів, формалізуючих процедури їх відбору.

На підставі робіт процедур розпізнавання ситуації можна визначити множину розв'язуваних задач оцінювання СОК  $Z_n$  у ситуації  $k_n$ , яка склалася:

$$\mu_1 : k_n \xrightarrow{z_m \in k_n} Z_n. \quad (11)$$

На підставі отриманого переліку розв'язуваних

задач оцінювання СОК визначимо множину ІО, які забезпечують їх розв'язання:

$$f_1 : U \xrightarrow{u_i \in Z_n} W_g^{Z_n}. \quad (12)$$

Далі необхідно відібрати визначальні  $u_j^o$ , додаткові  $u_j^d$  і допоміжні  $u_j^*$  ІО, необхідні для розв'язання задач  $Z_n$ . Формально дані процедури задамо в такий спосіб:

$$f_2 : u_j^o \xrightarrow{u_j^o \in W_g^{Z_n}} \Pi_{Z_n}^o; \quad (13)$$

$$f_3 : u_j^d \xrightarrow{u_j^d \in W_g^{Z_n}} \Pi_{Z_n}^d; \quad (14)$$

$$f_4 : u_j^* \xrightarrow{u_j^* \in W_g^{Z_n}} \Pi_{Z_n}^*. \quad (15)$$

Для розв'язання задач  $Z_n$  виділяється множина загальних ІО, що забезпечують фон, на якому представлена решта ІО. Для цього виділимо множину статичних ІО  $S\{s_1, s_2, \dots, s_d\}$ ,  $s_d \in U$ :

$$\bigcup_{s_d \in U} s_d = S. \quad (16)$$

Тоді для розв'язання задач  $Z_n$  необхідно відібрати множину  $S_n^{Z_n}$  ІО  $s_d$ , що забезпечують їх розв'язання:

$$f_5 : s_d \xrightarrow{s_d \in S} S_n^{Z_n}. \quad (17)$$

Таким чином, ІМ, яка забезпечує інформаційну підтримку розв'язання задач  $Z_n$  в умовах  $k_n$ , можна представити такою множиною ІМ<sub>n</sub>:

$$\Pi_{Z_n}^o \cup \Pi_{Z_n}^d \cup \Pi_{Z_n}^* \cup S_n^{Z_n} = \text{ІМ}_n. \quad (18)$$

Для формування ІМ виділені чотири групи ІО:  
*визначальні*: відбивають характерні риси ситуації і дозволяють провести її оцінювання в цілому, визначити її відношення до визначеного класу;

*додаткові*: характеризують деталі ситуації, представляють її особливості для розв'язання часткових задач у сформованих умовах;

*допоміжні*: представляють інформацію про ті ІО, дані про які отримані на основі додаткового аналізу і перетворення визначальних та допоміжних ІО і які не можуть бути отримані явно;

*статичні*: характеризують статичні дані, що допомагають при вирішенні конкретних завдань оцінювання СОК.

Розробку структури ІМ проведемо на основі етапів відбору ІО, розглянутих вище, що забезпечують оцінювання СОК.

При формуванні базової ІМ оцінювання СОК використовуються не всі наявні ІО, а тільки ті, які при мінімальному складі забезпечують розуміння оператором сформованої ситуації.

Після модифікації  $P_{Z_n}^0$  відбувається модифікація ІМ від базової ІМ (БІМ) до БІМ1.

Такий процес може бути представлений у вигляді графа, вершини якого позначають тип відображуваної ІМ, а дуги – перехід від однієї ІМ до іншої (рис. 1).

Визначивши характер і межі зміни ІО, формуємо остаточну структуру ІМ. Приклад структури ІМ наведений на рис. 2.

Така ІМ є функціонально паралельною ІМ оцінювання СОК. Дана структура ІМ забезпечує доступність для огляду, розчленованість і порівнянність наявної інформації для більш повного і всебічного її аналізу оператором, а також відповідає його характеру діяльності й особливостям обробки інформації. Однак для найбільш повного оцінювання ситуації і СОК можливе використання паралельної функціонально-лінійної ІМ (рис. 3).

Розроблена структура ІМ визначає необхідність вирішення ще двох завдань:

1. Розробка вимог і проекту робочого місця оператора, що відповідає розробленій ІМ.
2. Розробка форм подання інформації про результати автоматизованого оцінювання СОК з урахуванням особливостей розумових процесів оператора при обробці даної інформації.

Переваги паралельної функціональної структури ІМ можуть бути реалізовані тільки при застосуванні відповідних пристроїв відображення (ПВ) та їх структури.

Паралельна функціонально-лінійна структура ІМ реалізує всі переваги функціонально-лінійної структури ІМ, забезпечивши при цьому велику гнучкість при створенні і керуванні ІМ на двох ПВ [1, 2, 5]. При цьому, на одному пристрої відображення організується відображення ІМ, яка представляє загальний стан системи керування, а на додатковому ПВ представляються ІМ для рішення приватних завдань оцінювання СОК (рис. 4).

Розроблена структура ІМ забезпечує інформаційну підтримку процесу оцінювання СОК, а також структура засобів відображення такої ІМ дозволяє перейти до розробки форм подання інформації про СОК.

Розробку форм подання інформації про резуль-



Рис. 1. Граф модифікації базової ІМ

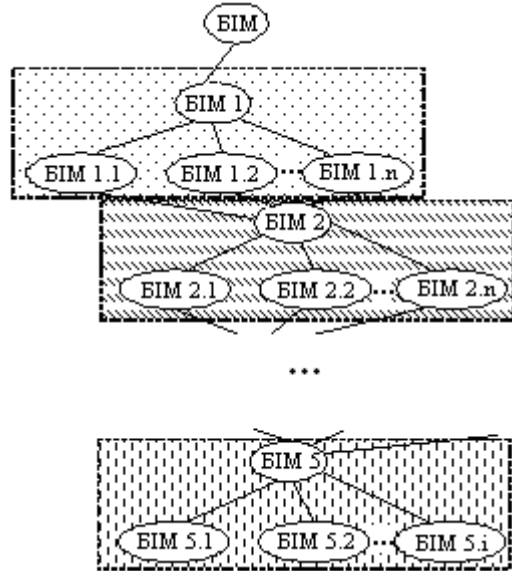


Рис. 2. Варіант структури ІМ

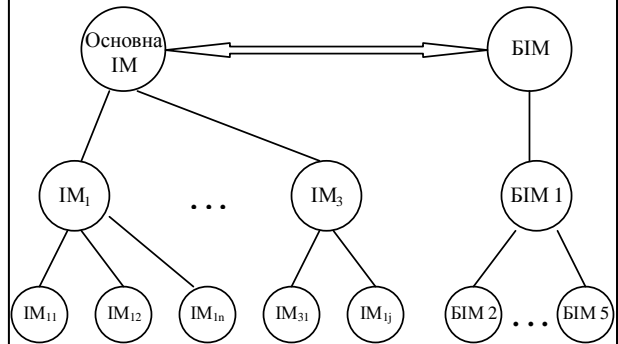


Рис. 3. Варіант функціональної паралельної структури ІМ

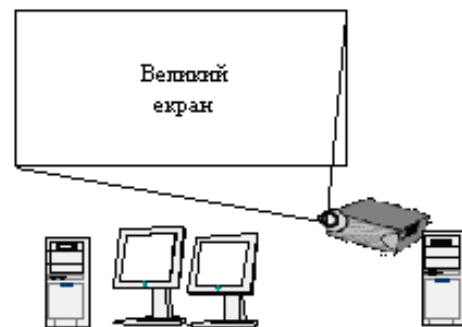


Рис. 4. Структура пристроїв відображення

тати автоматизованого вирішення завдання оцінювання СОК будемо проводити, ґрунтуючись на таких посилках:

1. Інформація повинна відповідати етапам оцінювання СОК, тобто відображатися в необхідній послідовності.

2. Необхідно врахувати характер вирішуемого завдання з погляду людини-оператора (оперативність) і, як наслідок, вимоги до способу представлення інформації. Зблизити структури ІМ та КМ, їх змісти, що дозволить скоротити кількість операцій, які вимагаються для переходу від ІМ до КМ;

Відповідність форм подання інформації досвіду та знанням оператора, інтуїтивним поняттям оператора, що враховують особливості його мислення при розв'язанні задач оцінювання СОК.

Для діяльності оператора в умовах високої динамічності зміни даних про СОК характерний особливий тип мислення – оперативне мислення (ОМ) [1, 2, 3, 4, 5]. Відмітною рисою ОМ є велика кількість операцій декодування, пов'язаних з необхідністю опосередкованого сприйняття даних про обстановку через ІМ, де стан об'єктів предметної області представлено в закодованому вигляді.

ОМ також характеризується розвинутою структурою об'єктів, що приводить до утворення більших одиниць, які характеризують обстановку, а це дозволяє оператору створювати у своїй свідомості спрощену схему обстановки з усім різноманіттям зв'язків між об'єктами і проводити його аналіз.

Таким чином, було встановлено, що ОМ є переважно образним, тобто розумова діяльність оператора в більшості випадків нерозривно пов'язана з образами СОК.

Оперативний образ (ОО) формується в результаті зіставлення поточної інформації про об'єкти з тією інформацією, що зберігається в пам'яті оператора. Таким чином, ОО є деяким набором інформації про об'єкти обстановки, які відображені у свідомості й активно взаємодіють з тією інформацією, що представляється в ІМ з урахуванням динаміки її зміни.

Усе це вказує на необхідність розробки таких форм подання інформації, які найбільш повно буде відповідати типу мислення оператора при вирішенні даного завдання, структуруванню інформації відповідно до створюваної КМ.

Наприклад, розглянемо процедуру розробки форми подання інформації про напрямки дій СВН повітряного супротивника [6, 7, 8].

Даний об'єкт повинен містити в собі ТГ ешелони і відповідати просторовим характеристикам повітряного удару, які складаються.

Таким чином, задачу побудови стрілки з зазначеними властивостями вирішимо в два етапи.

На першому етапі сформуємо процедуру побудови двох паралельних ліній із заданим напрямком. На другому етапі розглянемо безпосередньо процедуру побудови спрямованої стрілки.

Задано напрямок ламаної лінії АОВ з відрізками  $a$  і  $b$ . Необхідно побудувати подвійну лінію з проміжком  $2h$  (рис. 5).

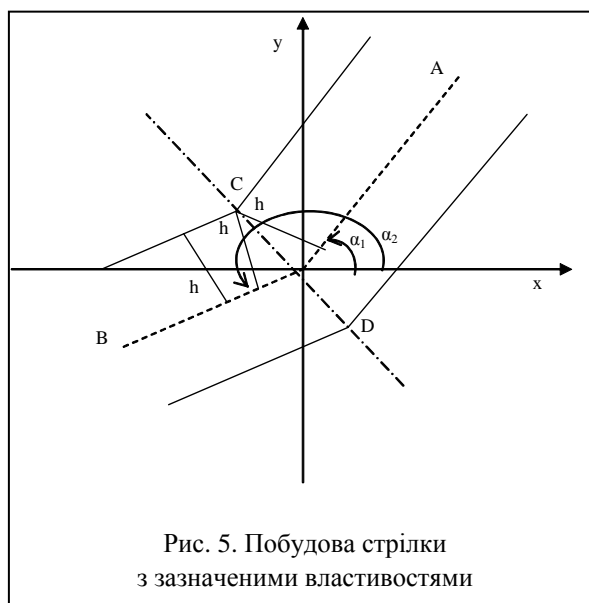


Рис. 5. Побудова стрілки з зазначеними властивостями

Для цього необхідно обчислити координати точок С і D. Неважко побачити, що точки перетину С і D лежать на бісектрисі кута між відрізками  $a$  і  $b$ . Тоді координати точки С визначаються з виразів (19), координати точки D – з виразів (20):

$$\left. \begin{aligned} x_c &= x_0 + \Delta x \\ y_c &= y_0 + \Delta y \end{aligned} \right\} \text{при } \alpha_1 > \alpha_2; \quad (19)$$

$$\left. \begin{aligned} x_c &= x_0 - \Delta x \\ y_c &= y_0 - \Delta y \end{aligned} \right\} \text{при } \alpha_1 < \alpha_2;$$

$$\left. \begin{aligned} x_D &= x_0 + \Delta x \\ y_D &= y_0 + \Delta y \end{aligned} \right\} \text{при } \alpha_1 > \alpha_2; \quad (20)$$

$$\left. \begin{aligned} x_D &= x_0 - \Delta x \\ y_D &= y_0 - \Delta y \end{aligned} \right\} \text{при } \alpha_1 < \alpha_2,$$

де

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= \frac{h}{\sin \left| \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} \right|} \sin \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}; \\ \Delta y &= \frac{h}{\sin \left| \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2} \right|} \cos \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}. \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

На основі використання виразів (19) – (21) може бути побудована частинна процедура формування

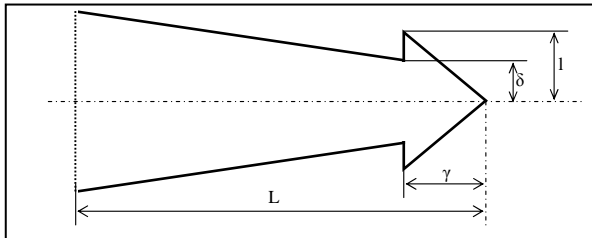


Рис. 6. До побудови елемента – показника напрямку

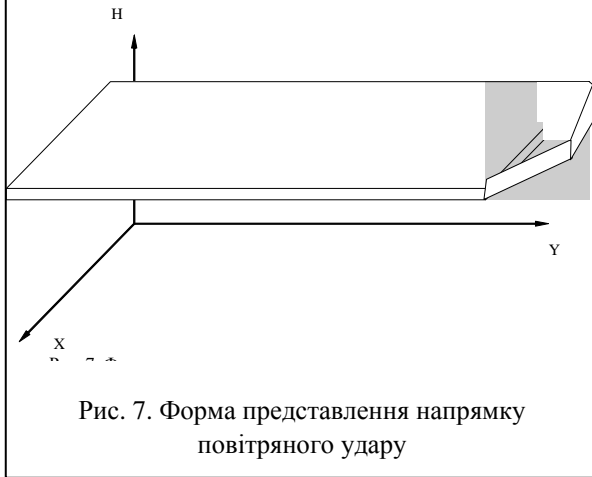


Рис. 7. Форма представлення напрямку повітряного удару

паралельних ліній, що визначає координати точок початку, кінця і розриву цих ліній. У цьому випадку вважається, що різниця кутів нахилу ліній складе розгорнутий кут. Дана процедура може бути використана при «конструюванні» лінійного елемента – показника напрямку (стрілки). Величину  $h$  будемо вважати рівною

$$h_g = \max_{E_g} \Delta X_g . \quad (22)$$

При цьому основні лінійні компоненти зазначених елементів обстановки (рис. 6) розраховуються за такими емпіричними формулами:

$$\begin{aligned} \delta &= 0,03\rho + 0,006L ; \\ l &= 5,5\delta ; \\ \gamma &= 0,15(L + 0,1\rho) . \end{aligned} \quad (23)$$

Розроблена процедура побудови елемента показника напрямку у вигляді стрілки дозволяє гнучко керувати масштабуванням даного елемента, а також адаптивно підлаштовуватися під можливі зміни обстановки, що складається.

У загальному випадку відображення інформації про напрямок дій СВН може бути проілюстровано як на рис. 7.

### Висновки

Метод розробки СІЗ процесів оцінювання СОК оператором містить у собі такі етапи:

- визначення складу задач оцінювання СОК;
- визначення інформаційних потреб оператора при оцінюванні СОК;
- розробку структури ІМ, які забезпечать інформаційну підтримку процесу оцінювання СОК, а також форм подання інформації про результати автоматизованого оцінювання СОК.

Запропонований метод дозволяє розробляти системи інформаційного забезпечення діяльності оператора в перспективних системах керування складними динамічними об'єктами.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Венда В.Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации. – М.: Машиностроение, 1975. – 398 с.
2. Герасимов Б.М., Тарасов В.А., Токарев И.А. Человечно-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. – К.: Наук. думка, 1993. – 184 с.
3. Серeda Г.К., Бочаров Г.В., Репкина Г.В. Инженерная психология. – К.: Вища школа, 1976. – 307 с.
4. Хрестоматия по инженерной психологии / Под ред. Б.А. Душкова. – М.: Выс. шк., 1991. – 287 с.
5. Пятков Ю.П. Организация управления военнотехническими системами: Уч. пособие. – Х.: ХВУ, 1997. – 205 с.
6. Низиенко Б.И, Павленко М.А., Бердник П.Г. Метод формализации знаний, содержащих модальности для экспертных систем реального времени // Системи обробки інформації: Зб. наук. пр. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 10(38). – С. 117 – 125.
7. Павленко М.А. Разработка процедуры многоэтапной формализации знаний для экспертных систем реального времени // Системи обробки інформації: Зб. наук. пр. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 9(37). – С. 124 – 133.
8. Павленко М.А., Сисков А.В., Перепелица А.В., Руденко В.Н. Метод определения направления удара СВН в границах оперативного направления // Моделирование та інформаційні технології. – К.: НАНУ, ІПМЕ. – 2005. – Вип. 33. – С. 112 – 121.

Надійшла 30.11.2005

Рецензент: к-т техн. наук професор Б.О. Судаков, Національний технічний університет „ХПІ”, Харків.