

УДК 623.765:681.513.6

М.А. Павленко<sup>1</sup>, С.В. Полищук<sup>2</sup>, С.И. Хмелевский<sup>1</sup>, С.В. Кукобко<sup>1</sup><sup>1</sup> Харківський університет Воздушних Сил імені Івана Кожедуба, Харків<sup>2</sup> Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ

## МЕТОД РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

*В данной статье предложен метод разработки системы информационного обеспечения процессов оценки оператором состояния объектов управления в перспективных автоматизированных системах управления сложными объектами, с учетом решаемых задач управления и свойств информационных элементов, необходимых для решения этих задач.*

**Ключевые слова:** система информационного обеспечения, состояние объектов управления.

### Введение

Обеспечение своевременной оценки оператором состояния объектов управления (СОУ) предполагает наряду с автоматизацией решения задач оценки СОУ обеспечить информационную поддержку деятельности оператора при проведении такой оценки.

В существующих автоматизированных системах управления (АСУ) при разработке системы информационного обеспечения (СИО) главное внимание уделялось [1-4] антропометрическим, физиологическим и психофизиологическим особенностям оператора. Это в свою очередь определило структуру СИО, состав средств отображения, набор информационных моделей (ИМ), форм представления информации о СОУ и другой информации необходимой для ее оценки. Оператору представляется информация об объекте, которая обработана в АСУ, но без учета следующих особенностей [1 – 5]:

необходимости данной информации оператору; возможностей оператора по обработке информации;

способов обработки информации оператором; соответствия информации решаемым задачам; условий деятельности оператора.

Таким образом, метод разработки СИО оценки СОУ должен включать в себя следующие составляющие:

1. Анализ информационного обеспечения процесса оценки СОУ оператором;
2. Определение перечня информационных признаков (ИП), обеспечивающих оценку СОУ и обоснование состава информационных элементов (ИЭ), представленных в СИО, которые обеспечат оперативную оценку объекта управления (ОУ);
3. Разработка структуры ИМ, обеспечивающих информационную поддержку оценки ОУ;
4. Разработка требований к форме представления ИЭ, которые бы наиболее полно отвечали характеру деятельности оператора при оценке ОУ.

**Анализ литературы.** Исследованию методов создания и управления ИМ при организации информационной поддержки процесса оценки СОУ посвящены работы [1 – 5]. Рассмотрим эти методы.

Текстовые ИМ [1, 3] используются при отображении статической информации. Основной задачей таких простых информационных моделей является представление статичных текстовых данных, необходимых в процессе работы оператора. Примером таких ИМ могут быть инструкции, алгоритмы работы, перечни решаемых задач, представленные оператору в виде текстовых документов.

Алгоритмические методы создания и управления ИМ [1, 2, 4] позволяют сформировать модели, отражающие алгоритм деятельности оператора, и в свою очередь подразделяются на информационно-логические и командно-информационные. Эти модели используются для управления одним сложным объектом, например, энергоблоком, ядерным реактором и т.д.

По способу воспроизведения информации и применяемому методу управления ИМ можно выделить [1, 2, 5] изобразительный подход к отображению информации без учета алгоритма деятельности оператора. Недостатками этого подхода к созданию ИМ являются: отображение ИМ информации, необходимой для решения 1-2 задач управления; отображаемая информация не соответствует логике работы лица принимающего решение (ЛПР); анализ модели требует больших затрат времени.

Следующий метод управления ИМ, основан на изобразительном подходе к отображению информации с ограниченным учетом алгоритма деятельности ЛПР [1, 3 – 5]. Такой подход позволяет создавать более совершенные ИМ по сравнению с методом рассмотренным выше. Недостатками такого подхода являются: ограниченное число программ управления ИМ; не реализована поддержка распознавания оперативных (тактических) ситуаций; не предусмотрена возможность адаптивного управления па-

раметрами отображения ИМ; реализована поддержка деятельности ЛПР по ограниченному набору алгоритмов решения задач управления.

Таким образом, вопросы, которые связаны с созданием СИО процесса оценки оператором СОУ с учетом сложившейся ситуации, исследованы и представлены в литературе в недостаточном объеме и требуют проведения дальнейших исследований.

**Цель статьи.** Представить метод разработки СИО процессов оценки оператором СОУ.

### Основная часть

Основным этапом при разработке СИО является этап определения задач, решение которых возложено на оператора. Однако проведение данной процедуры должно быть проведено с учетом особенностей работы оператора в различных условиях. Такими условиями могут быть: несение дежурства, аварийные условия работы и т.д.

Решение оператором определенных на этом этапе задач возможно лишь в том случае, если он обеспечен всей необходимой информацией.

Основным компонентом СИО, обеспечивающим информационную поддержку оценки СОУ является ИМ, как материальная основа построения концептуальной модели (КМ) СОУ и выработки управляющих воздействий. Сказанное определяет необходимость проведения анализа соответствия разрабатываемой ИМ основным принципам ее разработки [1-4], к ним относятся:

- принцип адекватности ИМ;
- принцип структурирования;
- принцип оптимального объема информации;
- принцип наглядности;
- принцип оптимального кодирования;
- принцип выделения конфликтных ситуаций.

Если принципы адекватности ИМ, структурирования и оптимального объема информации определяют содержание фрагментов и системы моделей в целом, то остальные принципы обеспечивают оптимальные условия восприятия информации.

Если провести разработку ИМ без учета приведенных выше признаков, то это может привести к созданию ИМ, которые будут иметь следующие недостатки:

различные задачи оценки СОУ будут решаться оператором с использованием однотипной ИМ;

использование неэффективных способов кодирования информации, не соответствующих характеру деятельности оператора и решаемых им задачами;

отсутствие учета возможностей оператора по объему обрабатываемой информации, что приводит к перегрузке информационного поля и увеличению времени ее анализа;

отсутствие логических взаимосвязей между отображаемыми ИЭ в ИМ;

отсутствие возможностей отображения только той информации, которая относится к решаемой задаче оценки СОУ в сложившейся ситуации.

Ограниченный объем данной работы не позволяет рассмотреть все вопросы связанные с разработкой ИМ оценки ОУ. Поэтому в дальнейшем ограничимся решением следующих задач:

- отбора ИП для формирования ИМ;
- разработки структуры ИМ оценки ОУ;
- распределения ИП между устройствами отображения;
- разработки алфавита кодирования информации о ОУ.

**Определение состава ИП, обеспечивающих оценку СОУ.**

Существует множество ИП  $u_i$ , описывающих возможную ситуацию в АСУ, которое представим в виде множества  $U$ . Данное множество ИП может быть представлено в следующем виде:

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

При этом возможно выделить множество различных ситуаций внешней среды  $k_n \in A_L$ . Каждой такой ситуации можно поставить в соответствие определенное множество  $U_n$  ИП  $u_i$ , которые ее характеризуют:

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

Для каждой ситуации  $k_n$  можно выделить множество определяющих  $\Pi_n^0$  информационных признаков  $u_j^0$ :

$$\bigcup_{u_j^0 \in k_n} u_j^0 = \Pi_n^0, \quad \Pi_n^0 \in U_n. \quad (3)$$

Для каждой из ситуаций  $k_n$ , кроме  $u_j^0$ , во множестве  $U$  имеются ИП, характеризующие  $k_n$  в деталях, отражающие те или иные их особенности. Назовем такие ИП дополнительными и обозначим их через  $u_j^d$ . Для  $k_n$  можно выделить множество

$\Pi_n^d$  информационных признаков  $u_j^d$ :

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

При эргономическом проектировании ИМ и их фрагментов наряду с информационными признаками  $\Pi_n^d$  необходимо определить недостающие ИП. Эти ИП формируются на основе обработки исходной информации.

Обозначим такие ИП через  $u_j^*$ . После этого

формируется массив  $\Pi_n^*$  :

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

Таким образом состав ИП, характеризующих возможные состояния СОУ и внешней среды, возможно представить следующим множеством:

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

Для формирования ИМ оценки СОУ необходимо также учитывать перечень задач, решаемых оператором в определенной ситуации. Множество  $Z$  всех задач  $z_m$  оценки СОУ можно представить в следующем виде:

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

Тогда, множество задач оценки СОУ  $k_n$  можно представить в следующем виде:

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

Проведенный анализ задач оценки СОУ позволит определить необходимый состав ИП для их решения. Множество  $W$  необходимых ИП  $W_g^{z_m}$  для решения 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 этом необходимо учитывать, что возможна ситуация, такая, что  $W_g^{z_m}$  будет включать в себя ИП из множеств  $\Pi_n^o, \Pi_n^d, \Pi_n^*$  :

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

Это определяет необходимость поиска (получения) дополнительной информации, а также учета данного фактора при проектировании ИМ с таким расчетом, чтобы обеспечить интеллектуальную деятельность оператора при самостоятельном определении недостающих ИП по той информации, которая представлена в ИМ.

Формальное задание процедур отбора необходимых ИП для формирования ИМ возможно представить множеством морфизмов, формализующих процедуры их отбора.

На основании перечня процедур распознавания ситуации [8] можно определить множество решаемых задач оценки СОУ  $Z_n$ , в сложившейся ситуации  $k_n$  :

$$\mu_1 : k_n \rightarrow Z_n. \quad (11)$$

На основании полученного множества решаемых задач оценки СОУ определим множество ИП,

обеспечивающих их решение:

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

Далее необходимо отобразить определяющие  $u_j^o$ , дополнительные  $u_j^d$  и вспомогательные  $u_j^*$  ИП, необходимые для решения задач  $Z_n$ . Формально данные процедуры зададим следующим образом:

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

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

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

Для решения задач  $Z_n$ , выделяется множество общих ИП, обеспечивающих фон, на котором представлены остальные ИП. Для этого выделим множество статических ИП  $S\{s_1, s_2, \dots, s_d\}$ ,  $s_d \in U$  :

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

Тогда для решения задач  $Z_n$  необходимо отобразить множество  $S_n^{Z_n}$  ИП  $s_d$ , обеспечивающих их решение:

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

Таким образом, ИМ, обеспечивающую информационную поддержку решения задач  $Z_n$  в условиях  $k_n$ , можно представить следующим множеством ИМ<sub>n</sub>:

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

Для формирования ИМ выделены 4 группы ИП:

- определяющие: отражают характерные особенности ситуации и позволяют провести ее оценку в целом, определить ее отношение к определенному классу;
- дополнительные: характеризуют детали ситуации, представляют ее особенности для решения частных задач в сложившихся условиях;
- вспомогательные: представляют информацию о тех ИП, данные о которых получены на основе дополнительного анализа и преобразования определяющих и вспомогательных ИП и которые не могут быть получены явно;
- статичные: характеризуют статичные данные, помогающие при решении конкретных задач оценки СОУ.

Разработку структуры ИМ проведем на основе этапов отбора ИП, рассмотренных выше, которые обеспечивают оценку СОУ.

При формировании базовой ИМ оценки СОУ используются не все имеющиеся ИП, а только такой минимальный перечень, который обеспечивает понимание оператором сложившейся ситуации.

После модификации  $P_{Z_n}^0$  происходит модификация ИМ от базовой ИМ (БИМ) к БИМ1.

Такой процесс может быть представлен в виде графа, вершины которого обозначают тип отображаемой ИМ, а дуги - переход от одной ИМ к другой (рис. 1).

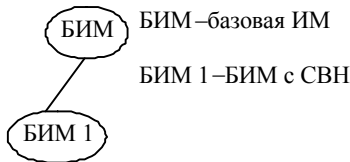


Рис. 1. Граф модификации базовой ИМ

Определив характер и границы изменения ИП, формируем окончательную структуру ИМ. Пример структуры ИМ представлен на рис. 2.

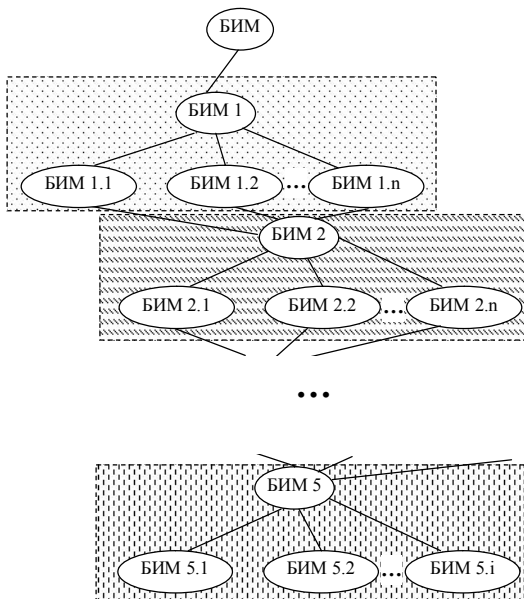


Рис. 2. Вариант структуры ИМ

Такая ИМ является функциональной параллельной ИМ оценки ОУ. Данная структура ИМ обеспечивает обзорность, расчлененность и сопоставимость имеющейся информации для более полного и всестороннего ее анализа оператором, а также соответствует его характеру деятельности и особенностям обработки информации. Однако для наиболее полной оценки ситуации и СОУ возможно использование параллельной функционально-линейной ИМ (рис.3).

Разработанная структура ИМ определяет необходимость решения еще двух задач:

1. Разработки требований и проекта рабочего места оператора, соответствующего разработанной ИМ.

2. Разработки форм представления информации о результатах автоматизированной оценки СОУ с учетом особенностей мыслительных процессов оператора при обработке данной информации.

Преимущества параллельной функциональной структуры ИМ могут быть реализованы только при применении соответствующих устройств отображения (УО) и их структуры.

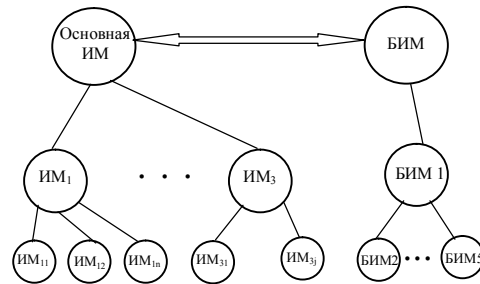


Рис. 3. Вариант функциональной параллельной структура ИМ

Параллельная функционально-линейная структура ИМ реализует все преимущества функционально-линейной структуры ИМ, обеспечив при этом большую гибкость при создании и управлении ИМ на двух УО [1,2,5]. При этом, на одном устройстве отображения организуется отображение ИМ, представляющей общее состояние системы управления, а на дополнительном УО представляются ИМ для решения частных задач оценки СОУ (рис.4).

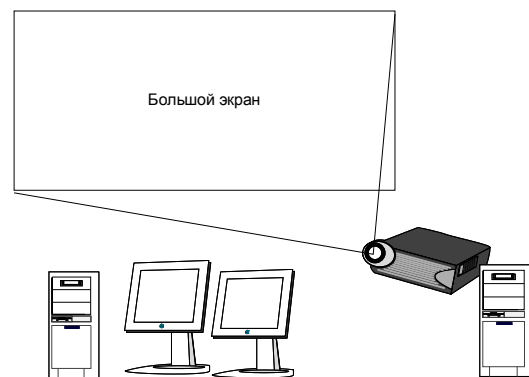


Рис. 4. Структура средств отображения

Разработанная структура ИМ, обеспечивающая информационную поддержку процесса оценки СОУ, а также структура средств отображения такой ИМ позволяет перейти к разработке форм представления информации о СОУ.

Разработку форм представления информации о результатах автоматизированного решения задачи оценки СОУ будем проводить, основываясь на следующих посылах:

1. Информация должна соответствовать этапам оценки СОУ, т.е. отображаться в необходимой последовательности;

2. Необхідно учесть характер решаемой задачи с точки зрения человека-оператора (оперативность), и как следствие требования к способу представления информации. Сблизить структуры, а также содержание ИМ КМ, что позволит сократить количество операций, требующихся для перехода от ИМ к КМ;

3. Соответствие форм представления информации опыту и знаниям оператора, интуитивным понятиям оператора, учитывающим особенности его мышления при решении задач оценки ОУ.

Для деятельности оператора в условиях высокой динамичности изменения данных о СОУ характерен особый тип мышления – оперативное мышление (ОМ) [1 – 5]. Отличительной чертой ОМ является большое число операций декодирования, связанных с необходимостью опосредованного восприятия данных об обстановке через ИМ, где состояние объектов предметной области представлено в закодированном виде.

ОМ также характеризуется развитой структурой объектов, что приводит к образованию более крупных единиц, характеризующих обстановку, а это позволяет оператору создавать в своем сознании упрощенную схему обстановки со всем многообразием связей между объектами и проводить его анализ.

Таким образом, было установлено, что ОМ является по преимуществу образным, т.е. мыслительная деятельность оператора в большинстве случаев неразрывно связана с образами ОУ.

Оперативный образ (ОО) формируется в результате сопоставления текущей информации об объектах с той информацией, которая хранится в памяти оператора. Таким образом, ОО представляет собой некоторый набор информации об объектах обстановки, отображенных в сознании и активно взаимодействующих с той информацией, которая представляется в ИМ с учетом динамики ее изменения. Все это указывает на необходимость разработки таких форм представления информации, которые бы наиболее полно соответствовали типу мышления оператора при решении данной задачи, структурированию информации в соответствии с создаваемой КМ.

Например, рассмотрим процедуру разработки формы представления информации о направлении действий СВН воздушного противника [6 – 8].

Данный объект должен включать в себя тактические группы, эшелоны и отвечать складывающимся пространственным характеристикам воздушного удара, рассмотренным в работе [6 – 8].

Таким образом, задачу построения стрелки с указанными свойствами решим в два этапа.

На первом этапе сформулируем процедуру построения двух параллельных линий с заданным на-

правлением. На втором этапе рассмотрим непосредственно процедуру построения направленной стрелки.

Задано направление ломаной линии АОВ с отрезками а и b. Необходимо построить двойную линию с промежутком 2h (рис. 5).

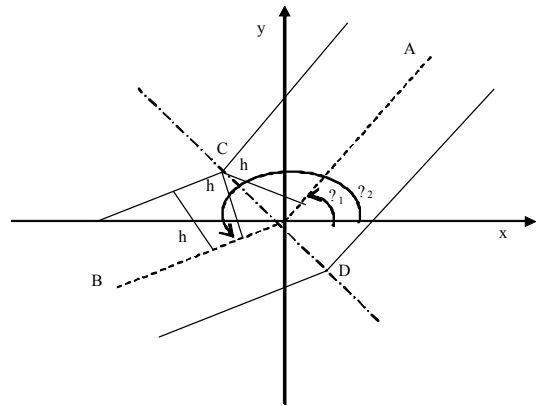


Рис. 5. Процедура построения направленной стрелки

Для этого необходимо вычислить координаты точек C и D. Нетрудно видеть, что точки пересечения C и D лежат на биссектрисе угла между отрезками а и b. Тогда координаты точки C определяются из выражений (19), координаты точки D – из выражений (20):

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

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

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

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

где

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

На основе использования выражений (19-21) может быть построена частная процедура формирования параллельных линий, определяющая координаты точек начала, конца и разрыва этих линий. В этом случае считается, что разность углов наклона линий составит развернутый угол. Данная процедура может быть использована при «конструировании» линейного элемента — указателя направления (стрелки). Величину h будем считать равной:

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

При этом основные линейные компоненты указанных элементов обстановки (рис. 6) рассчитываются по следующим эмпирическим формулам:

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

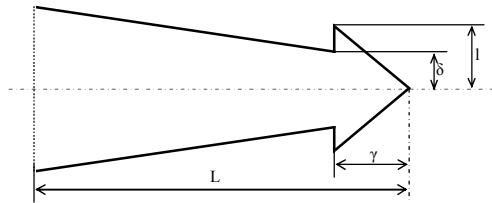


Рис. 6. К построению элемента – указателя направления

Разработанная процедура построения элемента указателя направления в виде стрелки позволяет гибко управлять масштабированием данного элемента, а также адаптивно подстраиваться под возможные изменения складывающейся обстановки.

В общем случае отображение информации о направлении действий СВН может быть проиллюстрировано рисунком (рис. 7).

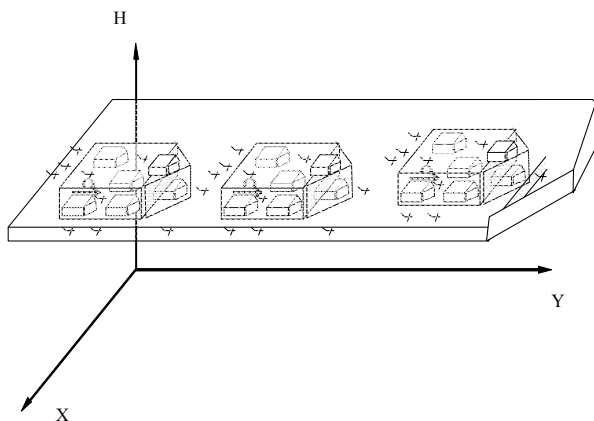


Рис. 7. Форма представления направления воздушного удара

## Выводы

Метод разработки СИО процессов оценки оператором СОУ включает в себя следующие этапы: определение состава задач оценки СОУ, определение информационных потребностей оператора при оценке СОУ, разработку структуры ИМ, которые обеспечат информационную поддержку процесса оценки СОУ, а также форм представления информации о результатах автоматизированной оценки ОУ. Предложенный метод позволяет разрабатывать системы информационного обеспечения деятельности оператора в перспективных системах управления сложными динамическими объектами.

## Список литературы

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

Поступила в редколлегию 30.01.2014

Рецензент: д-р техн. наук доц. А.И. Тимочко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## МЕТОД РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОЦІНКИ СТАНУ ОБ'ЄКТІВ УПРАВЛІННЯ

М.А. Павленко, С.В. Поліщук, С.І. Хмелевський, С.В. Кукобко

У статті запропонований метод розробки системи інформаційного забезпечення процесів оцінки оператором стану об'єктів управління в перспективних автоматизованих системах управління складними об'єктами, з урахуванням вирішуваних завдань управління і властивостей інформаційних елементів, необхідних для вирішення цих завдань.

**Ключові слова:** система інформаційного забезпечення, стан об'єктів управління.

## METHOD OF DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF INFORMATIONAL SUPPORT FOR THE PROCESSES OF EVALUATION OF THE STATE OF THE MANAGEMENT OBJECTS

M.A. Pavlenko, S.V. Polischuk, S.I. Khmelevskiy, S.V. Kukobko

This paper proposes a method of developing information management system for state assessment processes operator control objects in the perspective automated control systems of complex objects, taking into account the management of tasks and properties of information items needed to meet these challenges

**Keywords:** information support system, the state of facilities management.