

---

## МЕТОД ЗА ИНФОРМАЦИОННО ОСИГУРЯВАНЕ НА ДЕЙНОСТТА НА ОПЕРАТОРА В ПРОЦЕСИТЕ НА УПРАВЛЕНИЕ НА СЛОЖНИ ЕРГАТИЧНИ СИСТЕМИ

**Зоя Хубевова**

[zhubenova@space.bas.bg](mailto:zhubenova@space.bas.bg)

Главен асистент, д-р, Институт за космически и слънчево-земни изследвания – БАН,  
София, 1000, ул. „Московска” №6

**БЪЛГАРИЯ**

**Резюме:** В статията е предложен метод за информационно осигуряване на процесите на управление на перспективни сложни автоматизирани обекти. Методът позволява да се вземат в предвид конкретните задачи на управлението и качествата на информационните елементи, необходими за изпълнението на тези задачи. Един от най-важните условия за ефективното функциониране на човека-оператор (ЧО) е разработването на система за информационно осигуряване на дейността му във възлите на управление. Разгледани са съществуващите системи за информационно осигуряване, като основно вниманието се фокусира върху антропометричните, физиологични и психофизиологичните особености на оператора. Това от своя страна, определя структурата на тези системи (видовете на дисплеи, набора от информационни модели и формата за представяне на информация за обекта на управление), както и прочие друга информация, необходима за неговата оценка. Наличието на ЧО в АСУ обосновава необходимостта от повишаване на ефективността на системата за управление за сметка на евристичните способности, присъщи на човешкия фактор в непредвидени и слабоформализирани ситуации. Дейността на човека се свежда до възприемане и оценка на информацията, вземане и реализация на решения. Наличието на ЧО повишава адаптивността на системата при работа в непредвидени ситуации. Характерна особеност на неговата дейност е взаимодействието му не с реалните обекти, а с информационните модели и въздействие върху обектите чрез дистанционно управление. Основен фактор, който определя качеството на дейността на ЧО и следователно на системата като цяло е степента на информационното осигуряване на неговата дейност. В предложения метод за разработка на информационните модели за осигуряване дейността на ЧО са включени следните задачи: определяне на целите на управлението; определяне на информационните потребности на оператора при решаване на задачите за управление; развитие на структура на информационния модел, която осигурява информационната поддръжка на процеса на управление.

**Ключови думи:** Автоматизирани системи за управление, човек-оператор, информационен модел.

### 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременното развитие на научно-техническия прогрес е неразделно свързан с опознаването на закономерностите в големите ергатични системи и оптимизацията на структурата на тяхното управление, а следователно с информационното им осигуряване, тъй като функционирането им

като единно цяло се определя от процесите на преобразуване на информацията. Критичната функция на системите за обработване на информацията е самообучението, в смисъл на рефлексивно самоопознаване на вътрешните им процеси, на техните състояния и механизми. Тези системи трябва да генерират адекватна обратна връзка за управление и адекватно знание за адаптирането им към динамиката на изменящото се обкръжение. В момента не съществува единна теория на обработването на информацията в информационното пространство. Това, наред с други причини, е следствие от тясната специализация на учените в отделни слоеве на това пространство, както и от факта, че се провеждат относително независими изследователски програми (хоризонтално в него), вместо да се прокара вертикалният синтез на базата на консенсус и синергизъм [5]. Очевидно, не може да се издигнат като универсални възгледи постиженията на отделните науки при сегашното състояние на прекъснати връзки между научните общности в отделните слоеве (сигнали, данни, знания, култура).

В такива условия актуални стават изследванията и анализа на дейността на лицата, осигуряващи работоспособността и експлоатацията на системите за управление. Един от решаващите условия за ефективна работа на човека в такива системи е разработването на системи за информационно осигуряване на тяхната дейност, свързана с получаването, преобразуването и предаването на информация. Един от постулатите на кибернетиката е, че без приемането и обработката на информация е невъзможно съществуването на сложните системи, каквито са живите организми, изкуствените, създадени от човека, както и на техническите и социални системи. Наличието на човек-оператор (ЧО) в такива сложни автоматизирани системи обосновава необходимостта от повишаване на ефективността на системата за управление за сметка на евристичните способности, присъщи на човешкия фактор в непредвидени и слабоформализирани ситуации. Дейността на човека се свежда до възприятие и оценка на информацията, вземане и реализация на решения [4]. Характерна особеност на неговата дейност е взаимодействието му не с реалните обекти, а с информационните модели и въздействие върху обектите чрез дистанционно управление. Първостепенно значение придобива работата на човека-оператор с различните изчислителни средства за контрол и управление, което се осъществява с помощта на средствата за изобразяване на информацията (СИИ). В момента се използва три способа за изобразяване на информацията: сигнализация, индикация и регистрация [2]. В автоматизираните системи за управление (АСУ) на дисплея се създава динамични информационни модели на управляемите обекти. Операторът взаимодейства не със самия обект, а чрез информационните модели на реалните обекти, които му позволяват да си представи образа на реалността, за да се анализира и оцени ситуацията.

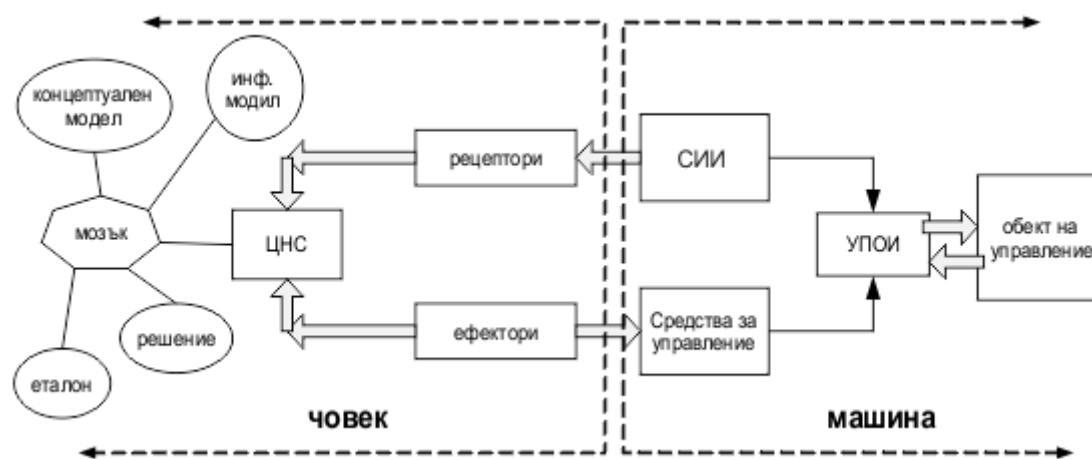
Информационният модел (ИМ), като най-важна съставна част на информационното осигуряване, представлява особена организационна съвкупност от информация, предоставяна на оператора в АСУ [2,7]. Информацията за състоянието обикновено е съвкупност от информационни модели на взаимодействащите обекти, които се възприемат с помощта на средствата за изобразяване на информацията. ИМ се определя като организирано в съответствие с определена система от правила изобразяване на състоянията на предмета на труда в системата „човек-машина”, на външната среда и способите за въздействие върху тях. По модела ЧО възсъздава образа на обекта, неговото състояние във всеки момент от времето и взема решение. Информационният модел обединява две полета: сензорно (чувствително), състоящо се от сигнални устройства - прибори, индикатори, звукови сигнали, екрани и т.н. и сензомоторни, състоящи се от органи за управление - ръчки, лостове, копчета, изключватели, превключватели и др. Към сензорното поле на информационният модел се отнасят всички сигнали, възприемани от оператора непосредствено от самата машина.

## **2. ОПЕРАТОРСКА ДЕЙНОСТ И ИНФОРМАЦИОННО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НА ЧОВЕК В АСУ**

Един от най-актуалните проблеми на съвременната инженерна психология е проблема за точния теоретичен анализ и критериите за оценка на информационните процеси в психиката на човека. Понеже това е сложната системна с йерархична структура на процеса на приемане и преработка на информацията, то се изискват специфични методи за теоретичен анализ и високо ниво на експериментални изследвания. В последно време приложението на информационните методи, в частност математическите, за решаването на задачи в инженерната

психология се разделят на три големи класа, различни по природа и по способности на приложение: 1) статистически методи за описание на резултатите от инженерно-психологическите, експериментални изследвания, 2) разнообразни математически схеми, използвани като модели за психологически феномени; 3) методи за формализация за построяване на системите [8].

Конкретните задачи на приложния анализ на процесите за приемане и преработка на информацията от човека, засяга минимум два важни проблема. Първият е проблемът за описанието на външната информация (стимулен материал) и производствената (експериментална) ситуация във форма, адекватна на реалната структура на процеса. Тук е необходим детайлен анализ на сигнално-информационната структура на външните въздействия, съгласувани с особените свойства на човека като приемник на информация: избор на адекватен математически модел на сигналите, оценка на размерността, избор на геометрия на сигналното пространство, отчитане на информационната значимост и семантичката структура на съобщението, особеностите на пространствено-времевата динамика на потока на входната информация, оценка за плътност на потока и общото количество информация.



Фиг. 1. Структура на система за човекомашинно взаимодействие.

Ефектори - ръце, крака, палци; СИИ – система за изобразяване на информацията; ЦНС – централна нервна система; УПОИ – устройство за преобразуване и обработка на информацията.

Второ – проблемът за изследване и способите за математическо описание на самите процеси на възприемане на информацията от човека от системна гледна точка, като от една страна целта е анализ на «мигновените» квазистационарни свойства на процеса (общите свойства на неговата вътрешна организация, количеството и качеството на елементите на неговата структура, характера и особеностите на техните взаимовръзки и отношения), а от друга – оценка на динамиката на този процес (фиг.1). Информацията за състоянието на управляемия обект постъпва в УПОИ, а после се показва на СИИ във вид на електрически сигнал. СИИ преобразува сигнала от УПОИ в сигнали, удобни за възприемане от човек, т.е. нагледен образ, имитиращ състоянието на обекта за управление (ОУ). По такъв начин на СИИ се формира така наречения динамичен информационен модел (ИМ), който представлява множество сигнали, носещи информация на човека-оператор за ОУ, организирани в съответствие с определени правила.

Информационният модел е обективен образ на реалния свят. Приема на информация от оператора се осъществява с помощта на рецепторите. На основа възприемането на ИМ в съзнанието на човека се създава представа (концепция) за състоянието на реалния обект за управление. Този модел е т.н. концептуален или психически. Концептуалният модел е субективен образ на реалния обект. Паметта на оператора пази еталона, съответстващ на необходимата представа за ОУ. В резултат на сравнение на концептуалния модел с еталонния човек взема решение, което реализира с помощта на рецепторите. Въздействайки със изпълнителните средства човекът осъществява целенасочена дейност в съответствие със задачите на цялата система. Рецепторът е елемент на организма, който преобразува въздействието върху него в информация, която въвежда в системата за управление, а ефекторът

- елемент организма, който преобразува информацията от системата за управление, в действие. Както стана дума до тук, пълният цикъл на управление включва следващите задължителни компоненти: след възприемане или приемане на информацията, следва нейната интерпретация, след избор на програма за поведение, в съответствие на която и следва реагиране. Този процес може да се изобрази със следната функционална схема: *възприемане* → *интерпретация* → *анализ* → *реакция* → *действие*. За възприемането и действието са отговорни рецепторите и ефекторите, съответно. На системата за управление остават функциите интерпретация, анализ и реагиране.

### 3. МЕТОД ЗА ИНФОРМАЦИОННО ОСИГУРЯВАНЕ НА ДЕЙНОСТТА НА ОПЕРАТОРА

В съществуващите системи за информационно осигуряване основно вниманието се фокусира върху антропометричните, физиологични и психофизиологичните особености на оператора, което от своя страна, определя структурата на тези системи – видовете на дисплеи, набора от информационни модели, формата за представяне на информация за обекта на управление, както и прочие друга информация, необходима за неговата оценка. На оператора се предоставя информация за ОУ, като обикновено не се отчитат всички фактори, като: доколко е необходима тази информация на оператора; възможностите на оператора за обработка на информацията; способите за обработка на информацията от оператора; съответствието на информацията на задачите, които той решава; условията на работа и пр. [3].

Основен етап при разработването на системите за информационно осигуряване е изясняването на задачата, чието решение е възложено на ЧО. При това провеждането на тази процедура трябва да става с отчитане на особеностите на неговата работа в различните условия (като дежурства, аварийни ситуации и пр.) Решенията на оператора вземани на този етап е възможно само в този случай, в който той е осигурен с цялата необходима информация за нейното правилно и бързо решаване.

Изхождайки от това, методът за разработка на система за информационно осигуряване за оценка на ОУ трябва да включва следните основни компоненти:

- анализ за информационното осигуряване на процеса за оценка на ОУ от оператора;
- определяне на информационните признаци (ИП), осигуряващи оценката на ОУ и обосноваване състава на информационните елементи, представени на средствата за изобразяване на информации, които осигуряват оперативната оценка на ОУ;
- разработка на структурата на ИМ, осигуряващ информационната оценки на ОУ;
- разработка на изискванията към начина на представяне на информационните елементи.

Както беше показано, основен компонент за осигуряване на информационната поддръжка на оператора е ИМ, като материална основа за построяване на концептуалния модел на ОУ и изработка на управляващите въздействия. Това и определя необходимостта от провеждане на анализ за съответствие на разработвания ИМ с основните принципи за нейното проектиране [1, 3], а именно: за адекватност на ИМ.; структуриране, оптимален обем на информацията, нагледност, оптимално кодиране, изключване на конфликтните ситуации.

Ограниченият обем на статията не дава възможност да се разгледа голямото разнообразие на проблемите, свързани с разработката на ИМ за оценката на ОУ, което ще ограничи нашата задача до начините за подбор на информационните признаци за формиране на ИМ и разработка на структура на ИМ за оценки ОУ.

За определяне на състава на информационните признаци, осигуряващи оценка на ОУ предпологаме, че съществува множество  $u_i$ , описващо дадена възможна ситуация в системата за управление, които ще представим като множество  $U$ , т.е.:

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

При това е възможно да се определи множество от различни ситуации на външната среда  $k_n \in V_L$ , като на всяка такава ситуация може да се съпостави определено множество  $U_n$  на информационните признаци  $u_i$ , което да я характеризира:

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

За всяка ситуация  $k_n^\infty$  може да се отдели множество  $S_n^o$  на определящите информационни признаци  $u_j^o$ :

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

За всяка от ситуацияите  $k_n$ , освен  $u_j^o$ , в множеството  $U$  има информационни признаци, характеризиращи  $k_n$  в детайли, отразяващи едни или други техни особености (определяме ги като допълнителни и ги обозначаваме с  $u_j^d$ ). За  $k_n$  може да се определи множество  $S_n^d$  за информационни признаци  $u_j^d$ :

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

При проектиране на ИМ и техните фрагменти наред с информационните характеристики  $P_n^d$  е необходимо да се определят липсващите информационни признаци  $u_j^*$ . Те се формират на основа изходната информация, като се формира масив  $S_n^*$ :

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

По такъв начин съставът на информационните признаци, характеризиращи възможните състояния на ОУ и външната среда, може да се представи със следното множество:

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

За формиране на ИМ за оценки ОУ е необходимо също да се отчитат различните проблеми, решавани от оператора в определената ситуация. Множеството  $Z$  на всички задачи  $Z_m$  за оценка на ОУ може да се представи в следния вид:

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

Тогава, множеството от задачи за оценки ОУ  $k_n$  се представя във вида:

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

Проведеният анализ на задачите за оценка на ОУ позволява да се определи необходимия състав на информационните признаци за решаване на дадената задача. Множество  $W$ , необходими ИП  $W_g^{Z_m}$  за решаване на задачите  $Z_m$ :

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

При това е необходимо да се отчита, че е възможна такава ситуация, при която  $W_g^{Z_m}$  ще включи информационните признаци от множествата  $S_n^o$ ,  $S_n^d$ ,  $S_n^*$ :

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

Това определя търсенето и получаването на допълнителна информация, а също отчита този фактор при проектирането на ИМ с презумпцията, да осигури интелектуалната дейност на оператора при определяне на недостигащите ИП за тази информация, която е представена в ИМ. Формалното задаване на процедурите за подбор на необходимите ИП за формиране на ИМ може да се представи с множество морфизми, формализиращи процедури за техния подбор. На

основа изпълнение на процедурите по разпознаване на ситуациите [6] може да се определи множеството решавани задачи за оценка на ОУ  $Z_n$ , в ситуация  $k_n$ :

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

Въз основа на това се определя множество ИП, осигуряващо тяхното решаване:

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

За формиране на ИМ се отделят четири групи информационни признаци:

- определящи: отразяват характерните особености на ситуациите и позволяват да се направи оценката като цяло, както и да се класифицират;
- допълнителни: характеризират спецификата на ситуацията, като дават особености й за решаване на частни задачи в дадените условия;
- вспомогателни: представляват информация за тези ИП, данните за които са получени на основа допълнителния анализа и които не могат да бъдат получени явно;
- статични: характеризират статични данни, помагачи при решение на конкретни задачи за оценка на ОУ.

При формиране на базови ИМ за оценка на ОУ не се използват всички информационни признаци, а само тези, които при минимален състав осигуряват разбиране (справяне) на оператора за настъпилата ситуация.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В предложения метод за разработка на информационните модели за осигуряване дейността на ЧО са включени следните задачи: определяне на целите на управлението; определяне информационните потребности на оператора при решаване на задачите за управление; развитие на структура на информационния модел, която осигурява информационната поддръжка на процеса на управление. Този метод позволява на базата на базови информационни модели при по-нататъшни модификации да се определят границите на изменение на информационните признаци, формирайки окончателно структурата на ИМ. Структурата на такива ИМ, които могат да се нарекат функционални, осигуряват обзримост и съпоставимост на информационни признаци наличната информация за по-пълния й и всеобхватен анализ от оператора.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Герасимов Б.М., Тарасов В.А., Токарев И.А. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. – К.: Наукова думка, 1993. – 184 с.
- [2] Зараковский Г., Павлов В., Закономерности функционирования эргатических системах М., Радио и связь, 1987
- [3] Хрестоматия по инженерной психологии /Сост.: Б.А. Душков, Б.Ф. Ломов, Б.А. Смирнов / Под ред. Б.А. Душкова. – М.: Высшая школа, 1991. – 287 с
- [4] Deborah M. Licht and Donald J. Polzella, Human Factors, Ergonomics, and Human Factors Engineering: An Analysis of Definitions, CSERIAC, 2008
- [5] Mesarovic M.D, Macko D., Takahara Y, Theory of Hierarchical Multilevel Systems. Academic Dress, New York, 1993
- [6] Johanson G., Theoretical Problems in man-machine systems and their experimental validation. /Automatica, N2, 1994.
- [7] Sheridan Thomas B., Ferrell William R, Men-Machine Systems: Information, Control and Decision Models of Human Performance, Hardcover, 2002
- [8] Salvendy Gavriel (Editor), Handbook of Human Factors and Ergonomics, Purdue University, 2006, Canada.

# METHOD OF INFORMATION ASSURANCE OPERATORS' ACTIVITIES DURING CONTROL PROCESSES WITHIN COMPLEX ERGATIC SYSTEMS

Zoya Hubenova

SPACE AND SOLAR-TERRESTRIAL RESEARCH INSTITUTE – BAS, 6 Moskovska Str., Sofia 1000  
BULGARIA

***Key words:** Automated control systems, man operator, information model*

***Abstract:** In the paper hereby a method of information insurance control processes of prospective sophisticated automated objects is proposed. The method allows taking into account the specific tasks of the control process as well as property of the data elements required to fulfill these tasks. One of the most important conditions for the man operator's (MO) effective functioning is developing a system for information insurance its activities within the control assemblies. The existing information systems have been discussed by focusing on operator's anthropometric, physiological and psychophysical characteristics. This, in turn, determines the structure of these systems (types of displays, sets of information models and formats for presenting information about the controlled object) as well as other information necessary for evaluating this object.*

*The presence of MO in the Automated Control Systems justifies the necessity of increasing effectiveness of the control system at the expense of heuristic capabilities inherent to the human factor in case of unforeseen and less formalized situations. Human activity is limited to perception and evaluation information, making and implementing decisions. The presence of MO increases the adaptability of the system while working under emergencies. Feature of its work is not its interaction with real objects; rather these are the information models and making impact on the objects through remote control. The main factor which determines the MO's quality of work and therefore the system as a whole is the level of information assuring its activities.*

*In order to describe in general common actions, four kinds of models are enough to be provided: information retrieval, interpreting information, decision-making and implementing decisions. The models for information retrieval are models of afferent actions yet the models for implementing decisions are models of efferent kind of action. Afterwards, determining the elementary actions being captured and reflecting the operator's psycho-physiological capabilities follows. These models represent one of the most significant advances in utilizing analytical methods of formalization the operator's activities.*

*The proposed method of developing information models to assure MO's activities includes the following tasks: defining the objectives of the control process, determining the operator's information needs in case of solving the control tasks, developing the information model structure which provides IT support of the control process.*