

## МЕТОДОЛОГИЧНИ ПРОБЛЕМИ ПРИ АНАЛИЗ НА СУБЕКТИВНИЯ ФАКТОР В СЛОЖНИ ТЕХНИЧЕСКИ СИСТЕМИ

**Емил Василев, Зоя Хубенова**

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките  
e-mail: emilvasilev1z3er@gmail.com*

**Ключови думи:** човешки фактор, системи за управление, информационни процеси

**Резюме:** Днес повечето от типичните техногенни обекти са ергатични системи, които се разглеждат като сложни системи за управление (ССУ), чийто компонент е операторът (човек) в автоматизирания комплекс (машина). В условията на непрекъснато увеличение на обема и качеството на процесите на управление на автоматизирани обекти, операторите във все по-голяма степен ще играят роля на експерти, оценяващи алтернативите за управление, получавани от специализирани системи за информационна поддръжка и вземане на решение.

Статията е посветена на търсенето на решение на проблемите, свързани с «човешкия фактор» (ЧФ) и актуален за ССУ. Разглеждат закономерности на информационното осигуряване на дейността на човека-оператор и на процесите на регулация на работната му активност при взаимодействие в системата «човек-компютър». Обосновава се необходимостта от анализ и оценка на компонентите, от които зависи подобряването на ефективността на управлението и качеството на ССУ.

## METHODOLOGICAL PROBLEMS IN THE ANALYSIS OF THE SUBJECTIVE FACTOR IN COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

**Emil Vasilev, Zoya Hubenova**

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: emilvasilev1z3er@gmail.com*

**Keywords:** human factors, control systems, information

**Abstract:** Most of the typical technogenic objects today are human-machine-environment (HME) systems, which are considered as complex control systems (CCS), whose component is an operator (human) in the automated complex (machine). In the conditions of continuous increase the volume and quality of the process for management of automated objects, the operators will play the role of experts, evaluating alternatives for management, obtained from specialized systems for information support and decision making.

The article is dedicated to the search for a solution to problems, associated with the "human factor" and up-to-date for CCS. Regularities of the information provision of the activity of the human operator and for processing of regulation of its work activity in interaction with "human-computer" system are considered. The need is substantiated for analysis and evaluation of the components on which the improvement of the management efficiency and the ability of the CCS depends.

### **Въведение**

Съвременните високоотговорни системи, както и сложните информационно-управляващи системи (ИУС) са сложни човекомашинни комплекси, които обединяват действието на различни технически устройства и колективи от хора. Понятието „човешки фактор“ и неговата роля в информационните технологии не се ограничава само в областта на инженерно-психологическите и ергономични проблеми. В съвременната социотехническа и информационна сфера човешкият фактор се разглежда като решаващ фактор за успешна,

ефективна и качествена работа, имайки в предвид не само в производството, но и в социалната сфера, иновационното управление, икономиката и др

Наличието на човешки фактор (ЧО) в автоматизираната система за управление (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 възприятие и оценка на информацията, вземане и реализация на решения [1-3]. Наличието на ЧО повишава адаптивността на системата при работа в непредвидени ситуации. Характерна особеност на неговата дейността е взаимодействието му не с реалните обекти, а с информационните модели и въздействие върху обектите чрез дистанционно управление. Един от основните фактори, които влияят на качеството на дейността на ЧО и следователно на системата като цяло е информационното осигуряване на неговата дейност.

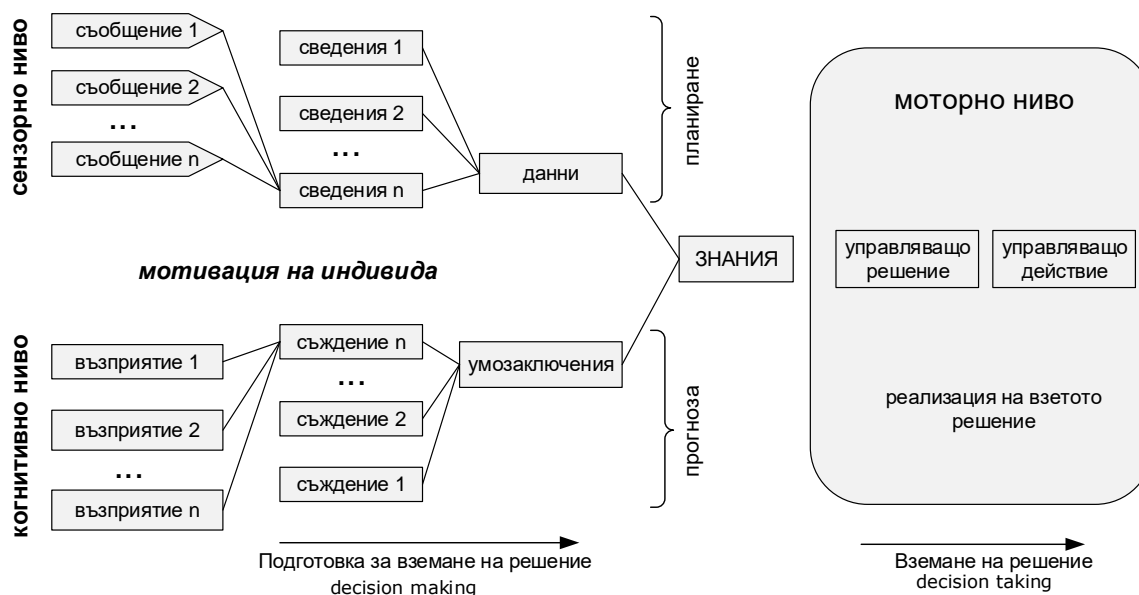
Информационният модел (ИМ), като най-важна съставна част на информационното осигуряване, представлява особена организационна съвкупност от информация, предоставяна на оператора в АСУ [4,5]. Информацията за състоянието обикновено е съвкупност от информационни модели на взаимодействащите обекти, които се възприемат с помощта на средствата за изображение на информацията. ИМ се определя като организирано, в съответствие с определена система от правила, изображение на състоянията на предмета на труда, системата „човек-машина”(СЧМ), външната среда и способите за въздействие върху тях. По модела операторът възсъздава образа на обекта, неговото състояние във всеки момент от време 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.

### **Информационно взаимодействие на човека –оператор в СЧМ**

Един от най-актуалните проблеми на съвременната инженерна психология е проблемът за точния теоретичен анализ и критериите за оценка на информационните процеси в психиката на човека. Понеже това е сложна 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 описване 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 [6,7].

Отчитайки системно-структурната организация на сложната човеко-техническа система, управлението се разглежда като множество от ситуации, състоящо се от подмножество на проектни ситуации (формализирани и неформализирани) и подмножество на потенциални ситуации на управление, възникването на които е възможно при изменение на нормативните условия за функциониране на обекта или обкръжаващата среда. Професионалните функции на оператора в такива ситуации се определят от динамиката на процесите на управление и са нееднородни по своето съдържание. При изпълнение на режими на управление с ниска степен на автоматизация, те се свеждат до сравняване на реалните и нормативни параметри на системата, контрол на програмата за функциониране на отделните блокове и оценка на надеждността и ефективността на управлението по количествени критерии. В режими с висока степен на автоматизация операторът е длъжен да провежда качествена оценка, да осмисля и интерпретира възникващите ситуации и да съгласува програмите за управление на всички подсистеми и комплекса като цяло

На фиг. 1 е предложен емпиричен модел на процедура за вземане на решение от оператор и последователност на неговите действия на сензорно, когнитивно и моторно ниво в съответствие с известния модел на Y. Liu и C. Wu [8,9]. Моделът за подготовка и вземане на решение се състои от два взаимосвързани и различни по природи потоци информация [2]. Единият поток е присъщата на човека информация, получена чрез сетивните органи, като при това в него преобладава качествена информация. Другият поток, по същество, е формализирана информация с преобладаваща знакова количествена информация.



Фиг. 1. Модел на операторски функции и вземане на решение

Спецификата на проблемите при взаимодействие между човек и машина е свързана с нарастващия обем информация и скоростта на информационните потоци, които неизбежно водят до увеличаване на броя на грешките. Описанието на процедурата за вземане на решения от оператор в СТС се основава не само на алгоритмите за работа на машината, но и на особеностите на човешката физиология.

Решението е мисловен процес (съждение), умозакljučение и определен избор на варианти от вероятности за възможните резултати от реализацията на всеки избор, а също мисловно съпоставяне с очаквания оптимален резултат. Вземането на решение може да се определи като ментален процес при формиране на решението и включващ: 1) способност да избира информация, да изработва варианти за действия и предвижда очакваните последствия; и 2) да се избират и изпълняват подходящи действия, или въздържане от действия, или частични действия. Това е избор по няколко алтернативни линии на поведение или варианти, които се определят така, че изборът на единия от тях, да изключва избор на всички останали.

В структурата на такива системи трябва да се отчитат определени качества на човека-оператор, като забравяне, склонност да греша, непостоянство на вниманието и пр. Особеностите на възприемане и преработка на информацията от човека в ИУС налагат ограничаване на възможностите за използване на запааметените данни, като при определяне на границите на интелигентност мотат да се разграничат две нива на преработване на информацията - *сензорни канали* и *интелектуален потенциал*. На първо ниво преобразуването на информацията се разпределя между пет сензорни входа на човека (визуален, слухов, тактилен, обонятелен и вкусов), които имат индивидуални ограничения по предаване на информацията: зрителният анализатор осигурява до 90 % от общия поток информация, а само около 10 % се разпределят на слуховия и другите сензорни канали. Един от основните проблеми е информационното претоварване на каналите за визуално възприятие. Възможното му решение може да се търси чрез идентифициране на начини за намаляване на обема на информацията, възприемана с очите чрез създаване на различни форми на индикация, показващи резултатите от обработката на вторична информация при използване на други сетивни органи. Разработването на специализирани модели и методи ще даде възможност за създаване на алгоритми, за установяване на връзките между последователността на контролните действия на оператора и техническите характеристики на техническата система с цел намаляване броя на грешките.

На второто ниво интелектът (познанието) създава модел на реалната ситуация въз основа на получените данни. Точността на този процес се влияе както от външни, така и от вътрешни (лични) фактори. Недостатъчността на информация за околните условия може да бъде отнесена към външни фактори, а към вътрешните – особености на интелигентността, образованието, жизнения опит, възрастта, умората и пр.

## Методи 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 дисплеи, набора от информационни модели, формата за представяне на информация за обекта на управление (ОУ), както и прочие друга информация, необходима за неговата оценка [10]. На оператора се предоставя информация за ОУ, като обикновено не се отчитат всички фактори, например като: доколко е необходима тази информация за дадената работа; 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 др.

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, 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 [10,11].

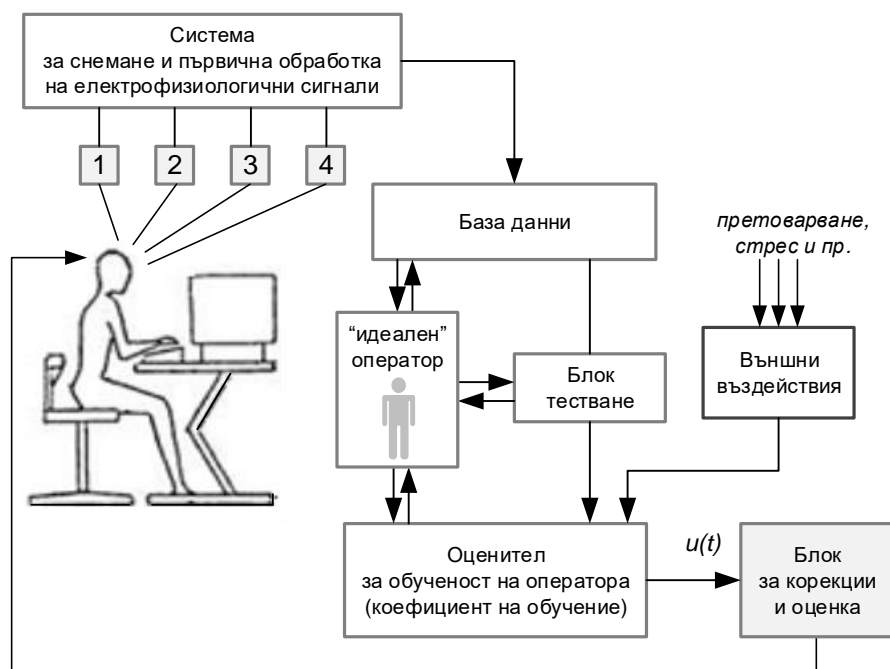
Изключително значение в операторската дейност има работното натоварване на оператора. То се определя като въздействие върху субекта на съвкупност от фактори от трудовата дейност, които се определят от съдържанието (сложността) и условията за изпълняване на конкретните задачи, отнесени към възможностите (способностите) на оператора да реализира предявените към него изисквания. Така общото работно натоварване може да се разглежда като съчетание на умственото, физическото и емоционално натоварване от трудовата дейност. Операторския труд преимущество има умствен и емоционален характер, макар че има елементи и на физическо натоварване като при всеки друг трудов процес (принудителни пози, действия с органи на управление и пр.) [12].

Работното натоварване отразява процеса на взаимодействие на оператора с работната задача. Работата, която индивида е длъжен да изпълни, се определя в определена степен от това, какво иска да направи и с какви ресурси за това разполага. От тук зададената задача може да предизвика по-малко или по-голямо натоварване, в зависимост от нивото на професионалната подготовка на оператора, неговото състояние и степента на мотивация за изпълнение на задачите.

Методите за намаляване на броя на злополуките могат да бъдат насочени към разработването на подходи за оценка на професионалната годност на ЧО, осигуряващи необходимата точност и надеждност на резултатите от оценката, както и чрез подобряване на процесите на управление на ИУС [13]. За създаването на модел на взаимодействие в ССУ авторите предлагат *моделиращ комплекс за анализиране действията на оператора*, позволяващ да се следи състоянието и действията на оператора, чиято концептуален вид е показан на фиг. 2. Основна цел на моделиращия комплекс е да се покажат такива контролни механизми, посредством които е възможно осъществяване на управление от човек в случаи на отклонения от оптималните му режими на работа и жизнена среда. Основните негови подсистеми и устройства са със следните функции:

- да контролират психофизическо състояние на оператора при различни условия на работа посредством индикатори (енцефалограф, измерване на импулси и др.);
- да показват нивото на обучение на оператора на база тестване (по възможност операторът не трябва да знае, че се тества);
- да сравняват оператора със стандартен модел на "идеалния оператор", както и да генерират коригиращи сигнали в информационния блок за управление (на дисплей), като целта е намаляване и количеството грешки на оператора;

- да сигнализируют оператора за възможни нарушения в действията му;
- възможност да включват система за автоматично управление в случай на неразположение на оператора (например припадък, болест и др.).



Фиг. 2. Моделиращ комплекс за анализ на операторските действия

Основна цел на експеримента е показване на индивидуалните стратегии на поведението на ЧО и формиране на база данни на информационните параметри в дейността и поведението му (индивидуалната стратегия на ЧО с последващо негово управление на информационно ниво). Информационното управление се състои в препоръки към ЧО по приемането и реализирането на технически и стратегически управляващи решения. На този етап се формират база данни за информационните параметри за дейността и поведението на ЧО.

Подсистемата за анализ на операторските действия позволява натрупване на информация за състоянието на системата и действията на оператора. Натрупването на тези данни позволява тяхната статистическа обработка и създаване на модел на "идеалния" оператор. Въз основа на сравнението на действията на "идеалните" и реални оператори се формира функцията за обща оценка на оператора  $u(t)$ . В случай на повреда, подсистемата предупреждава.

Предложената системна схема има "препоръчителен" режим на работа и практически не трябва да пречи на работата на оператора. Той разглежда характеристиките на всеки оператор и реконструира система за управление поотделно за всеки оператор (например организира индикация на системите според антропологията или други качества на ЧО)

### Заклучение

В последно време в редица публикации се застъпва тезата за целесъобразността от включването в ИУС на методите на изкуствен интелект. Представя се също, че проблемът на човешкия фактор ще стане предмет на информационната екология на човека – това ново научно направление. По мнение на много специалисти от промишлеността, интелигентното управление трябва да отговаря на редица изисквания като: способност за обучение и адаптация; повишаване на устойчивостта и простота на управлението на сложни обекти; способност за включване на нови компоненти, осигуряващи най-добрите решения в рамките на ограниченията, наложени от апаратно-програмните средства пр. Решаването проблема за ЧФ се свързва със следните направления:

1. *Поддържане емоционалното, комфортно и бодро състояние на оператора в работното време.* На състоянието на оператора в течение на работната смяна влияят работните и организационни характеристики [14]. Работните характеристики включват съдържанието на работата, средствата за работа, и технически и социалните условия на труд.

Организационните характеристики са оптималната структура на АСУ, процесите и управлението. Необходимо е, да се отчитат всички тези външни за оператора фактори, влияещи на неговата работоспособност.

Следва да се създават условия, в които се изключва извънредната пасивност на оператора. Тя може да доведе до повишаване монотонността и като следствие, уморяемост и сънливост, които отрицателно влияят на работоспособността. Целесъобразна е също така психопрофилактиката на неблагоприятните функционални състояния. Всичко това се препоръчва от класическата ергономия.

2. *Осигуряване на своєвременен и ефективен отдих (релаксация) на оператора.* Качеството, времето, интензивността на отдиха зависят от индивидуалните характеристики на всеки оператор. Индивидуалните характеристики на оператора се делят на професионални, нравствени и организационни, психологични, физиологични и физически. Това съществено усложнява организацията на интелектуалния компонент на оператора, а самия проблем за ЧФ става интердисциплинарен.

3. *Снижаване на неадекватното натоварване на оператора.* Необходимо е да се изключат излишните действия, извършвани от оператора, като съответно се осигури удобство на работното място и организация на почивките, т.е. да се осигури необходимото ниво на работните, организационни, индивидуални характеристики на локалната среда за работа на оператора, която да е адекватна на неговите функционални задължения.

4. *Мониторинг на състоянието на работоспособността на оператора,* на неговото емоционално и физическо състояние. Мониторингът е необходим за своєвременното реагиране при поява на признаци на умора, прекомерно натоварване, спад на реактивността и пр., а като следствие, спад на психологическата работоспособност, увеличаване на вероятността от грешни действия и пр.

Изброените по-горе задачи са непосредствено свързани с операторските пултове и средствата за изобразяване на информацията, оборудвани със съответните апаратно-програмни осигурявания и дистанционни средства за измерване и наблюдение в частност.

БЛАГОДАРНОСТИ. Представеното изследване е финансирано по договор КП-06/H27-10/ 11.12. 2018 г., сключен между Фонд „Научни изследвания“ и ИКИТ – БАН.

### Литература:

1. Salvendy Gavriel (редактор), Handbook for Human Factors and Ergonomics, Purdue University, 2006, Канада
2. Lindsay Peter H., Norman Donald A., Human Information Processing, by Academic Press Inc., U.S, 1992
3. Електронные средства сбора, обработки и отображения информации, [http://www.ie.tusur.ru/books/COI/page\\_51.htm](http://www.ie.tusur.ru/books/COI/page_51.htm)
4. Скибин, Ю. В., Введение в эргономику, Спец. «Информационные системы и технологии», Самара 2004
5. Andonov, A., Z. Hubenova, Modeling of the Human Operator in a Complex System Functioning Under Extreme Conditions, "V. Levski" National Military University, Proceedings 2006, Part II, p. 257–263
6. Wickens, C., J. Hollands, S. Banbury, R. Parasuraman, Engineering Psychology and Human Performance, by Psychology Press, 2012
7. Горский, Ю. М. Информационные аспекты управления и моделирования, М., Наука, 1978
8. Wu, C., Liu Y., "Queuing Network Modeling of Transcription Typing", ACM Transactions on Computer Human Interaction, vol. 15, 2008, pp. 1–45.
9. Y.H.J. Chang and A. Mosleh, Cognitive modeling and dynamic probabilistic simulation of operating crew response to complex system accidents, Part 2: IDAC performance influencing model, Reliability Engineering and System Safety, vol. 92, issue 8, pp. 1014–1040, 2007
10. 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
11. Бодров, В. Анализ психофизиологических характеристик человека-оператора. М, Наука, 1997.
12. Гецов, П., Попов В., Димитров И. Експериментално изследване на човека в многозадачен режим. Разпределение на вниманието. Сборник доклади "30 години организирани космически изследвания в България", София, 1999, стр. 262–263.
13. Petukhov, I. Temporal Aspects of Human-machine Interaction in the Perception of Visual Information // ACHI 2011, The Fourth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions. Gosier, Guadeloupe, France. – 2011. P. 43–47.
14. Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods, CRC PRESS, edited by Neville Stanton et al., 2015 [www.cpe.ku.ac.th/~jan/ergonomics/HumanFactors.pdf](http://www.cpe.ku.ac.th/~jan/ergonomics/HumanFactors.pdf)