

МЕТОДОЛОГИЧНИ ПРОБЛЕМИ ПРИ АНАЛИЗА НА СУБЕКТИВНИЯ ФАКТОР В ИНФОРМАЦИОННО- УПРАВЛЯВАЩИТЕ СИСТЕМИ

Зоя Чифлиджанова - Хубенова

zhubenova@space.bas.bg

*Институт за космически изследвания и технологии-БАН,
ул. "Академик Георги Бончев", бл. 1, София 1113,
БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** човешки фактор, човекомашинна система, информацион-ни процеси, управляваща система, поведение.*

***Резюме:** В условията на непрекъснат о увеличение на обема и качеството на процесите на управление на автоматизирани обекти, операторите във все по-голямата степен ще играят роля на експерти, оценяващи алтернативите за управление, получавани от специализирани системи за информационна поддръжка и вземане на решение. Същевременно пълната отговорност за последствията от взетите решения за управление на обектите носи човекът, който го превръща в ключово звено на човешко-компютърните системи за управление.*

В статията се 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". Структурирани са функциите на човека в зависимост от използваните от него механизми на представяне и преработка на информацията, образувани своеобразно „поведенчески просторности“. Анализират се подходи за моделиране ролята на човека в технологични процеси, характерни за техническите науки, поддържащи разработката на информационни и информационно-управляващи системи. Дадена е класификация на съществуващите модели на човека като част от структурата на сложните организирани комплекси. Предложен е йерархичен модел на човека, отчитащ различните аспекти от поведението му.

1. Човешкият фактор в перспективните информационни технологии.

Създаването на нови компютри и програмно осигуряване е една от най-динамично развиващи се области на съвременната инженерия. На всеки 1-2 години на световния пазар се появяват нови, по-ефективно работещи модели на персонални компютри, а в областите на програмното осигуряване се наблюдава истински бум. Компютърните науки постоянно изискват нови специалисти от най-високо ниво. Един от основните изисквания към тях става не само тясната специализация, но и интердисциплинарността. Освен традиционните знания в областта на hardware (апаратните

компютърни средства) и software (програмните средства) на такъв специалист са необходими знания от много други области: психология на мисленето и възприятието, социална психология, приложна лингвистика, ергономия и дизайн, когнитология. Така компютърните науки дават нов тласък и определен синтез между естествените, техническите и хуманитарни дисциплини.

Техносферата и нейните компоненти (изкуствените големи системи) се създават от хората, като тя трябва да бъде управляема и да не излиза извън контрол. Техническите и технологични постижения през последните години в промишлеността и транспорта допринесоха не само до повишаване на производителността на труда, но сложните и опасни технологии и екстремални условия създадоха предпоставки за нарушения на работния процес, поява на грешни действия, заплахата от възникване на аварийни ситуации. В проведените изследвания е установено, че причините за много от грешките в операторската дейност, както и за отказите на техниката се причиняват от нарушаването на информационното взаимодействие в системата “човек-машина” [1, 2, 3]. От една страна възникването на грешни действия при решаването на операторските задачи е съпроводено с нарастването на психическото напрежение и стреса, а от друга – сложността, отговорността и опасността на операторската дейност обуславят тези състояния, които често стават причина за инциденти, аварии и катастрофи.

Съвременните информационно-управляващи системи (ИУС) и системите за централизиран контрол на технологичните процеси са сложни човекомашинни комплекси, които обединяват действието на различни технически устройства и колективи от хора, като спадат към класа на ергатичните системи (ЕС). Основни свойства на такива система са устойчивост, управляемост и наблюдаемост, които определят и тяхното качество. Устойчивостта на всяка система се определя от управляемостта, т.е. възможността за привеждане на управляемия обект в зададено състояние с помощта на управляващите въздействия и възможността да се наблюдава състоянието на управляемите обекти. Свойствата управляемост и наблюдаемост са взаимосвързани – системата е напълно управляема тогава и само тогава, когато е наблюдаема свързаната с нея система и обратно. Наличието на ЧО в такива 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 [2, 3]. Характерна особеност на дейността му в такива системи 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.

Изхождайки от това, методите за разработване на системата за информационно осигуряване на дейността на оператора за оценка на обекта на управление е необходимо да включва следните компоненти:

- анализ на информационното осигуряване на процеса за оценка на обекта на управление от оператора;
- определяне на информационните признаци, осигуряващи оценка на обекта на управление и обосноваване на състава на информационните елементи, представени на средствата за изобразяване на информация за оперативна оценка на обекта на управление;
- разработване на структурата и изискванията към формата на представяне на информационните елементи, които най-пълно съответстват на характера на дейността на оператора при оценка на обекта на управление.

В съществуващите ергатични системи главно внимание се отделя на антропометричните, физиологическите, и психологическите особености на оператора [4, 5]. Това от своя страна определя структурата на системата за информационно осигуряване на дейността на оператора, вида и състава на средствата за изобразяване, съвкупността на информационните модели и формите на представяне на информацията за обекта на управление, както и на всяка друга информация, необходима за нейната оценка. На оператора се представя тази информация за обекта на управление, която е обработена в системата за информационно осигуряване, като в много случаи не се отчитат фактори като: доколко е необходима дадената информация на оператора; способите за обработка на информацията от оператора; съответствието на информацията на решаваните от него задачи; условията, съответстващи на дейността на оператора и пр.

2. Механизъм на представяне на информацията като основа за моделиране на човек като звено на система за управление.

Известно е, че информационните панели за управление и за изобразяване на информацията са основен съгласуващ елемент в системата «човек – машина – среда». В ергономията отдавна е прекрачен прехода от изучаването на отделните страни и условия на човешката дейност към създаването на цялостна теория за проектирането ѝ, което позволява създаването на строга класификация на ергономичните фактори и обединяването им в строен логически научно-методичен комплекс. Критерии за оптималност, използвани в ергономията, отразяват степента на ефективност на системата (производителност, точност, надеждност) и съответствието им в психофизиологията на човека (ниво на напрегнатост, работоспособност, умора и пр.). Тези критерии отчитат взаимосвързаното влияние на дейността на функционалното състояние на човека със съответстващите параметри на системата «човек – машина – среда».

Анализът на причините, предизвикващи изменения на функционалното състояние на оператора, показва, че те могат да се разделят на две основни групи: причини, свързани с физическите характеристики на въздействащите фактори и причини, обусловени от информационната структура и съдържание на сигналите [2, 3]. Очевидно, вида на панелите за управление и за изобразяване на информацията дават възможност да се изменя информационната структура за изпълнение на оперативните задачи. Анализът на промените в психофизиологичните характеристики на оператора позволява да се счита, че физиологическите показатели играят роля на променливи на състоянията и уточняват условията на поведение на системата. Изучаването на характера на тези изменения играе роля на индикатор за стабилността за работата на оператора

Адекватния модел на човека трябва да удовлетворява две основни изисквания: от една страна да отразява отделните, най-важни, от позиция на решаваната задача, аспекти от поведението му в ЕС, и от друга – да се вписва във формализацията на общия модел на разглежданата система. От ЧО, по презумпция, се очаква такова поведение, което съдържа неформализирани, емерджентни елементи, т.е. такива, които не могат да се сведат до кибернетичния модел. Тогава е целесъобразно използването на системния подход, където управлението се разглежда не като непосредствено подаване на управляващ сигнал, а като процедура за съгласуване структурата (контекстна връзка) на данните, с които оперира обекта (в чиято роля в случая е човекът, участник в технологичния процес) и субекта за управление. Като обединяващ подход биха могли да се вземат такива модели на човека, които отразяват неговата способност за самоорганизация (текуща структурна адаптация) в изменящите се условия.

Поведението на човек в тези системи може да бъде структурирано по различни признаци, образуващо т.н. „поведенческо пространство” [6, 7], показано на таблица 1. Анализът на това описание приложено към различната функции на ЧО в процесите на управление позволява да се направи изводът, че в съвременните условия изчезват отчетливите граница между тях. Например, термина „оператор” приложен към човек, управляващ дистанционно безпилотен самолет използва всички позиции 1.2.1 от табл. 1, а при реализация {1.3; 1.4; 3.3} включва не само когнитивните, но и творческите ресурси, съчетавайки в своята дейност контекстно-независимото и контекстно-зависимо управление. В същото време е разпространено мнението, че ролята на оператора се ограничава в позиции {1.2; 1.4; 2.1; 2.2; 3.1; 3.2}, като се посочва в литературата за автоматично управление, където субективността на оператора се приема за недостатък. По този начин придобива смисъл структурирането на мястото на човека в зависимост от използваните от него механизми за представяне и обработка на информацията.

Таблица 1.

Признак	Съдържание	Характеристика
1. Задачи на човека-оператор	1.1. Планиране на дейността	В автономен режим
	1.2. Програмиране на системата	В съответствие на задачите на процеса
	1.3. Оперативен контрол за изпълнение на процеса	Проверка и потвърждаване, че всичко е рамките на предвидения план
	1.4. Намеса (излизане от автоматичния режим)	Задаване на нови цели в аварийна ситуация
	1.5. Самообучение	Периодично, през няколко цикъла
2. Физиологични функции	2.1. Сензорни	Достъп до индикаторно табло, наблюдение, възприятие
	2.2. Когнитивни	Оценка на ситуацията, вземане на локално решение
	2.3. Отреагиращи (ефекторни)	Отработване на взетото решение
3. Нива на дейност на човека	3.1. Практическо (рутинно)	Висока сензомоторна и когнитивна производителност. Наличие на рутинни, шаблонни действия. Вътрешната информация се използва само за правилното действие.
	3.2. Нормативен	Съзнателна активизация на паметта на определени правила (инструкции). Няма нови правила.
	3.3. Основано на знания	Сложни ситуации, изискващи нови правила и решения. Използване на всички когнитивни ресурси за вземане на нови решения
4. Нива за придобиване на нови знания	4.1. Знания за аргументация	Знания за доказване и излагане на междудисциплинарно ниво. Вербална форма
	4.2. Знания, прилагани в собствената реална практика	Все още вербализирани, но и рефлекторни.
	4.3. Собствен опит	Знание на дълбоко, неосъзнато ниво. Осигуряват решения от типа инсайт (озарение) и различни творчески актове. Интуитивна форма.

3. Отчитане на субективния фактор в процесите на управление.

За осъществяване на активна функция на оператора за непосредствено управление в ЕС в непредсказуеми ситуации е необходима разработката на нови технически средства, които биха позволили на оператора да решава задачи по анализа на възникналите ситуации, моделирането и реализацията на съответните управляващи въздействия за изход от тях. Това може да стане с проектирането на специални експертни (интелектуални) системи, предназначени за провеждане от оператора на контрол и анализ на функционирането на ЕС като цяло, за прогнозиране състоянието на системата, за даване на препоръки за действие, както и математическото моделиране на функционирането на системата в подобни нестандартни ситуации [5, 8].

Отчитайки системно-структурната организация на сложната ЕС, 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. За това при проектирането, създаването и експлоатацията на такива системи е необходимо да се има в предвид потенциалните системни свойства на обекта.

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 реални и нормативни параметри на системата, контрола 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.

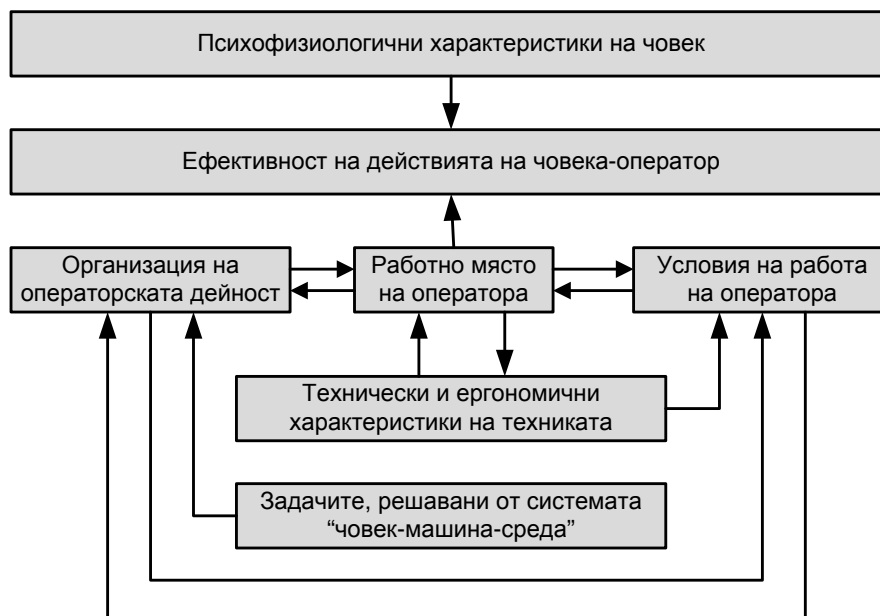
Задачата за проектирането на ИУС включва два взаимосвързани етапи – проектиране на техническите средства (автоматизираната, роботизирана и пр. система) и проектиране на вътрешните средства на дейността – психологични механизми, навици и умения на човека-оператор. Така задачата за създаване на модели на операторската дейност, на имитатори или самата му подготовка, стават част от процедурите по проектирането. Основно работата на оператора в ЕС удовлетворява основните признаци на дейността му – тя е предметна (обектите са предмети на външния свят); целесъобразна (човек си поставя конкретни цели в зависимост от ситуацията) и активна (може да си поставя не само нови цели, но и да избира нови способности за тяхното достигане).

Често при висока степен на автоматизация човек губи чувство за процеса, което става очевидно, когато при откази на оборудването, се налага намеса на оператора. Не е сигурно, обаче, че придобитите навици, необходими за управление на процесите в нормални условия, ще способстват за успешни действия на оператора в извънредните случаи, когато се изисква импровизация. За да е сигурно, че той има достатъчно знания за функционирането на системата в такива проблемни ситуации е нужно да се изменят структурата на задачите на оператора и условията на неговия труд. В такива автоматизирани системи човек работи в реален мащаб на време (управление на технологични процеси, управление на движение, експерименти и пр.), като характерна тяхна особеност е дефицита на време. Като правило човека е оператор, работещ с интерфейс и периферия – клавиатура, мишка, различни екранни форми (включително и мултимедийни), както и звукови, гласови сигнали и тактилни усещания. От такава позиция, като част от ЕС човек е нужен като:

- терминално звено в контакта с другите хора (източници-приемници на информация);
- звено, притежаващо гъвкав механизъм за вземане на решения в условията на неопределеност, многокритериалност и пр.;
- дублиращо звено, за повишаване на надеждността и устойчивостта на системата;
- по-евтин вариант в сравнение с автоматиката

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 трудов процес (принудителни пози, органи на управление и пр.)

Работното натоварване отразява процеса на взаимодействие на оператора с работната задача. Работата, която индивида е длъжен да изпълни се определя, в известна степен от това, колко той 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. Прави се оценка на работоспособността при изпълнение на една дейност в задачата и оценка на субективното натоварване (усилията и трудностите), свързани с изпълнението на различни действия и използването на наличните ресурси. При това при повишаване на изискванията към задачата работоспособността може да се запази, но субективната преценка и функционалните показатели да показват увеличаване на усилието или активността. От това може да се направи извода, че информационните панели за управление (за изобразяване на информацията) са основен съгласуващ елемент в ИУС.



Фиг. 1 . Факторите, влияещи на ефективната работа на човека-оператор.

Факторите, влияещи на ефективността на работата на оператора е показана на Фиг. 2. Ергономичните показатели за качество позволяват да се определят критериите

за оценки за влиянието на тези фактори. Хигиенните, антропометрични и физиологични показатели могат да се оценят еднозначно по съответствие с нормите, а оценката на психологическите показатели изискват комплексен подход, понеже зависят от множество фактори и от сложността на изпълняваните оперативни задачи [4,10].

Така в системите "човек-компютър" управлението се характеризира с високо ниво на планиране на вземаните решения и действие с предпочитано използване на стратегия на открития контур. Това предпочитание, обаче, се намалява в ситуации с висок риск, когато последствията от грешни действия на оператора стават много сериозни.

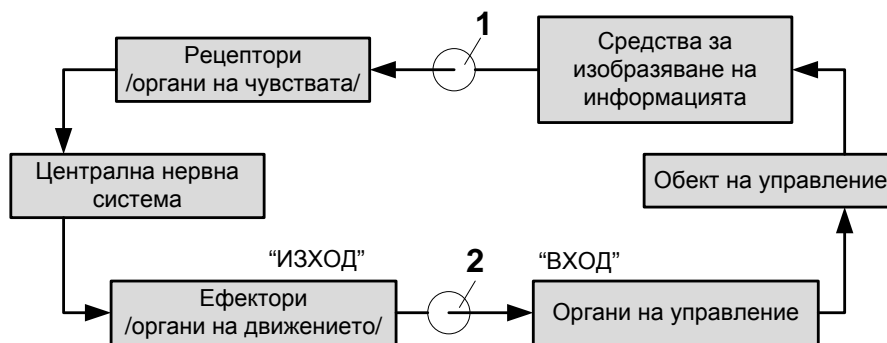
4. Психофизическите особености на приема и преработка на информацията.

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 сложната системна с йерархична структура на процеса на приемане и преработка на информацията, то се изискват специфични методи за теоретичен анализ и по-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.

Конкретните задачи на приложния анализ на процесите за приемане и преработка на информацията, 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.

Втори е проблемът за изследване 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.

На средствата за изобразяване на информацията се отразява не само състоянието на обекта на управление, а имитирация го образ, т.е. информационния модел, който в мозъка на човека се преобразува в оперативен образ или т.н. концептуален модел. На «входа» човек има рецептори, преобразуващи енергията на външните въздействия в нервни импулси. В централната нервна система произтича сравнение на постъпващите сигнали с някои еталони, съхранявани в паметта, и се вземат решения за управлението, което става на основата на определени навици. Ефекторите извършват обратното преобразуване на енергията на импулсите в енергия на движението и чрез органите за управление осъществяват управлението (фиг. 2).



Фиг. 2. Структура на системата «човек-машина».

За нормалното функциониране на СЧМ е необходимо да се осигури оптимално съгласуване на двата участъка 1 и 2, което е и основната задача на инженерната психология (в 1) и на ергономията (в 2). Особеността на тази система се състои в това, че «входа» и «изхода» на човека не могат да се изменят.

Дейността на оператора по управлението започва с приема на осведомителната информация за обекта на управление, като основните психически процеси, участващи в този процес са усещане, представяне и мислене. Приема на информация от ЧО е необходимо да се разглежда като процес на формиране на перцептивен (чувствен) образ. Това е субективното отражение в съзнанието на човека на свойствата на въздействащия върху него обект. Формирането на перцептивния образа включва няколко фази: откриване, различаване и опознаване [9, 10]. Продължителността на тези стадии зависи от сложността на възприемания сигнал. Възприятието, като основа на процеса по приема на информация от оператора се характеризира от такива свойства, като цялостност, осмисленост, избирателност, константност.

Безспорно, съвременното развитие на научно-техническия прогрес е неразделно свързано с опознаването на закономерностите на именно на големите системи и оптимизацията на структурата на тяхното управление, а следователно с тяхното информационно осигуряване, тъй като тяхното функциониране 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, техните състояния и механизми. Тези системи трябва да генерират адекватна обратна връзка за управление и адекватно знание за адаптиране към динамиката на изменящото се обкръжение.

5. Изводи.

От казаното може да се направи извода, че при създаването и експлоатацията на сложни системи тяхната ефективност ще се определя не само от трудностите при разработване на математическо, програмно и технологично осигуряване, но и от сложността на отчитане на взаимодействието с психологическия, физиологически и социален феномен наречен "човешки фактор". Целта на предложените методологични принципи е, свързана с по-нататъшното развитие и обосноваване на понятийно-оценъчен апарат за отчитане в системния анализ на човешкия фактор с оглед оптимизация и оценка на съответствието между техническите характеристики на системата и работоспособността на оператора при въздействие върху него на различни дестабилизиращи фактори на външната среда.

Методологичната основа за изследване на субективния фактор е системния подход, позволяващ да се получи всестранно представяне на трудовият процес и пътя на неговото усъвършенстване, с цел повишаване ефективността и качеството на работа. Особено значение има взаимовръзката и допълването на различните науки, като

например инженерна и социална психология, физиология, кибернетика, организация и безопасност на труда, техническа естетика, медицина, обща теория на системите и др.

Литература:

[1] 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.

[2] Lindsay Peter H., Norman Donald A., Human Information Processing, by Academic Press Inc., U.S, 1992

[3] Thomas B. Sheridan, William R. Ferrell, Men-Machine Systems: Information, Control and Decision Models of Human Performance, Hardcover, 2002

[4] Салвенди Г. (Ред.) Человеческий фактор: В 6-ти тт. М.: Мир, 1991

[5] А. Андонов, З. Хубенова, Функционална устойчивост на информационно-управляващи комплекси в критични приложения, монография, София, 2011.

[6] Гусарова Н. Ф., Системный анализ эффективности сложных технических систем с естественной активностью элементов как источником неопределенности, Санкт-Петербург, 2010

[7] Горский Ю. Системно-информационный анализ процессов управления. Н, Наука, 1988

[8] Хубенова З. Един подход за количествена оценка на човешкия фактор в процесите на управление, "ТЕМРТ2001", стр.425-429, ВТУ"Т. Каблешков", 2001.

[9] Бодров В. Анализ психофизиологических характеристик человека-оператора. М, Наука, 1997.

[10] Salas E., Maurino D. E., Human Factors in Aviation, Academic Press/Elsevier, 2010