



МЕТОДОЛОГИЧНИ ПОДХОДИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА ЕРГАДИЧНИ СИСТЕМИ ЗА ОТЧИТАНЕ НА ЧОВЕШКИЯ ФАКТОР

Зоя В. ХУБЕНОВА
zhubenova@space.bas.bg

*ИКИ – БАН, ул. "Московска" №6, София – 1000, п.к.799,
БЪЛГАРИЯ*

Резюме: В статията се анализират някои методологични аспекти при проектиране на ергадични системи, ориентирани за оценка на работата на оператора, ограниченията и контрола на неговата дейност, с оглед минимизирането на вероятностите за допускане на грешки и повишаване на безопасността на функциониране на системата като цяло.

Ключови думи: ергадична система, човешки фактор, управление.

Съвременният етап на развитие на обществото се характеризира с появата на крупномасщабни сложни технически комплекси, с широката автоматизация на процесите на управление на техническите обекти, както и всеобщото влияние на техниката върху природата и обществото. Към класа на сложните технически обекти могат да се отнесат енергийните комплекси (атомни електроцентрали), нефтодобивни комплекси на сушата и в морето, космическите пилотируеми и транспортни кораби и орбитални станции, крупнотонажни морски съдове, различните типове автоматизирани производства и военната техника. Главен фактор, определящ надеждността и безопасността на функционирането на такъв род ергадични системи (ЕС) е проявата на редица системни свойства: многообразие, нестабилност, нелинейност на междусистемните взаимодействия в обекта; сложна и недостатъчно изучена физико-химична природа на процесите на функциониране на системите (например в ядрените електроцентрали); нестационарни екстремални условия на външната среда (например космическото пространство). При това безопасността на човека зависи както от проектирането на самите технически

средства, така и от характера на човешкото взаимодействие в ЕС.

Човек е социално същество, а това означава, че хората се обединяват в групи за достигането на определени цели (социални, производствени, военни и пр.). Такива групи от хора, въоръжени със съответните технически средства, образуват сложни социо-технически (ергадични) системи. Оказва се, че рисковете свързани с експлоатацията и развитието на подобни системи растат пропорционално със сложността им, като съответно нарастват и вредите, които се нанасят от евентуална авария. От тук и необходимостта от отчитане влиянието на човешките фактори при проектирането на ЕС [1].

В настоящото изследване сложната ЕС при функциониране в нормални условия се разглежда като метасистема, състояща се от дадено множество отделни системи, имащи иерархична структура на управление [3, 4]. Трудностите на организацията на управление в случая се обуславя от многообразието на взаимовръзките между системите, нееднозначното им взаимно влияние, възможността от възникване на неустойчиви процеси при взаимодействието им, въздействия на екстремални условия на външната среда и пр. Тези фактори могат да

станат причина за възникването на различни непредвидени ситуации (проявяващи детерминиран или деструктивен характер), при което обектът или се съхранява като метасистема или се разпада на автономно функциониращи системи или се превръща в системен комплекс. Този системен комплекс се състои от множество самостоятелни подсистеми, взаимодействието на които имат нелинеен, неустойчив, непредсказуем характер.

За такъв обект формализацията на междусистемните взаимодействия и автоматизацията на режимите на управление ще е допустима само в нормални условия на функциониране и то за краен брой стандартни операции. За извънредни условия, когато процесите на функциониране могат да придобият неустойчив характер, формализацията ще е затруднена заради ограничената адекватност на количествените критерии за надеждност, безопасност и ефективност на системата. Така моделът на управлението, използван при разработката на множество реални, но неформализуеми ситуации, става непълен. Поради непълният модел на управление в случай на неустойчиви процеси на функциониране на оператора ще се наложи да осъществява управление в такива непредвидени ситуации. Управлението се предава на оператора и в случаите, когато възникнат непредсказуеми и непредвидени ситуации, защото той може непосредствено да наблюдава развитието на тези ситуации, както и да актуализира потенциалните свойства на обекта. Познаването на конкретните условия за функциониране на обекта, използването на добри и съдържателни критерии за оценка на надеждността, ще му позволят да направи цялостен анализ и интерпретация на ситуацията, да разработи модел на управление и да осъществи даден вариант на управление (автоматичен, полуавтоматичен или ръчен).

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 [3,5].

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.

В системните изследвания понятието на такъв вид потенциалност се интерпретират във връзка с понятията цялостност, сложност, неопределеност, нелинейност, непредсказуемост, неформализуемост [4]. В частност потенциалността се тълкува като един от аспектите на неопределеността, която се свързва с недодастатъчност на информацията за системата или нееднозначност на оценка или избор, или слабопредсказуемост, непредвидимост, непълнота на знанията и пр. Може да се каже, че потенциалността при управлението на сложни ЕС/ТС е възможността за възникване на непредвидени ситуации, обусловени от различни фактори на сложност – както обективни, така и субективни. Към тези фактори се отнасят: наложените ограничения на модела на управление на подсистемите и ЕС като цяло; особеностите на взаимодействието между подсистемите и взаимовлиянието им една с друга; екстремни условия на външната среда, непълнота на знанията за физико-химичната природа на функциониране на системите и др.

Инициращи фактори за възникване на непредсказуеми ситуации могат да станат грешни и несанкционирани действия на оператора вследствие редица причини: неадекватност на параметрите на функциониране на интерфейса по отношение на психофизиологичните и психологични възможности на човека; неоптималното разпределение на функциите между човека и автоматиката; недостатъчното ниво на

професионална подготвеност на оператора; висока субективна сложност на дейността по управление; изменение на функционалното състояние на човека-оператор в екстремални условия на външната среда; нерационална организация на дейността на му; влияние на социалните условия на труд и живот на оператора.

При така поставения проблем за потенциалността при управление на сложните ЕС се изисква кардинално преразглеждане на идеологията на проектиране и на техниката, както и решаването на инженерно-психологичните проблеми на операторската дейност при нейната експлоатация. Като един вариант за решаване на този проблем могат да се предложат следните инженерно-психологични методи:

- моделиране от операторите на непланирани ситуации на управлението като самостоятелен етап при създаване и експлоатация на обекта;

- включване в състава ѝ на експертна система като средство за осигуряване на дейността на оператора при моделиране;

- изменение на системата за професионална подготовка на операторите за сметка на въвеждане на специален етап за стимулиране на изследователска активност.

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 ЕС 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 способи 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.

Задачите, които операторът решава в ЕС могат да се определят като:

$$Z = (\Omega, W) ,$$

където: Ω – множество на възможните решения и W – критериите за избор на решение.

По-общото определение е

$$z = (\Omega, O, W) ,$$

където O е множеството от гранични условия.
Тогава:

- 1) ако са определени Ω и W , то такава задача е за оптимизация;
- 2) ако критерия за оптимизация не може да се формулира, то задачата е за избор;
- 3) възможен е случай, когато критериите за оптимизация са определени, а множеството на възможните решения е неопределено;
- 4) ако критериите за оптимизация и множеството на решения не са определени, то задачата не се разглежда.

Критерият W обикновено е векторен: $W=(W_1, W_2, \dots, W_n)$, т.е. задачата е многокритериална.

Могат да се формулират следните задачи, които решава операторът:

- задача стимул-реакция;
- задача по разпознаване на ситуацията;
- задача по планиране на решенията;
- задача за избор на правила или ограничения;

- задача за избор на критерии за оценка на ситуацията и действията;
- задача за целеполагане;
- комбинации от тях.

При изясняване на причините за дадени събития обикновено не може да се изключи човека, чието поведение се характеризира със сложност и многовариантност. Изискванията към персонала рязко нарастват и за това е важно да се предвидят и опишат човешките грешки, като се отчете тяхното значение при проектиране и разработка на системите. Като минимум се налага щателен анализ на условията на труд във всеки отделен случай. Това се определя от експерти, но общоприето е да се смята, че на човек е присъщо да греши, като и това, че на него винаги може да му се наложи да повиши качеството си на изпълнение. В този смисъл нарушаването на работата на системата се предизвиква или от човешка грешка или от несъответствие между човек и машина, вследствие неправилно проектиране. Идеята е, при разработване на критерии за проектиране да се съпоставят различните категории от грешки с прост модел на дейността на човека-оператор.

Категории човешко поведение	Човешки грешки	Нива на управление и човешкото поведение
Условен рефлекс	Механични грешки при изпълнение Грешки при неправилно възприемане Грешки на паметта	Управление на сензомоторни патерни - поведение основано на навици
Логически извод, основан на правила	Грешки при неправилни изводи от зададени правила Грешки, свързани с непълна информация Грешки, свързани с телеологията (неправилно разбрана цел, неправилно планиране)	Целенасочено поведение, подчинено на изпълнението на правила
Логически извод, основан на цели	Грешки от неправилна интерполация и екстраполация Грешки, свързани с активно противодействие Грешки, свързани с отсъствие на навици, детренираност, монотонност Грешки, свързани с умара, стрес, вредна среда и пр.	Целенасочено поведение, основано на знания

Фиг. 1

На фиг.1 са показани три различни категории на управление на човешкото поведение и тяхната връзка с определени човешки грешки. Грешка от човешката дейност може да бъде еднозначно определена само в случай когато има ясно предварително описание от последователност на операциите, което е длъжен да изпълнява човекът-оператор. Често се задават нормативните цели или резултата от действията, като неудачните действия, поправени в междинните етапи не се считат за грешни. Следователно ситуацията може да доведе до грешка, когато нормата, по която може да се съди за правилността на поведението в ситуацията, не управлява поведението, т.е. когато за него се съди по нормативни процедури, които на практика отсъстват. За това различните способности за управление на поведението на човека са важни при разработка на ЕС с отчитане на аспекта за устойчивостта му на грешки. В такъв контекст могат да бъдат посочени следните три нива на поведение (фиг.1):

1. Управляем сензомоторен патерн и автоматизъм на поведение

Поведението се управлява от адаптивни патерни, които се съхраняват в нервната система. Това означава, че поведението се подчинява на физиологични закони, които управляват информационния процес, в резултат на което понятието грешка губи смисъл. Неадекватното поведение може да се обясни само с такива изменения в външната среда, които водят до несъответствие със структурата, съхранявана в паметта на човека. Изискването да се работи строго по инструкцията не може да доведе до снижаване броя на грешките. Ако е необходимо точно и заучено поведение с ниска вероятност за грешка, следва така да се проектира работната ситуация, че операторът с лекота да различава патерните (трябва да определя ситуацията цялостно и непосредствено, а не чрез условни знаци и пр.). Това се отнася и за различаване на ситуациите за изпълнение, за които се изисква висока активност на умствените процеси. Така неадекватността в поведението в аномални ситуации, определена на основа на ефективната адаптация към нормалните условия, не може да се смята за грешка на оператора.

2. Целенасочено поведение основано на правила.

Такова поведение е типично при относително редки задачи, възникващи в позната обстановка. Заучаването на последователността от действия или на стандартни операции се управляват от правила (ментални модели), съхранявани в паметта на човека, като свързват обкръжението с познати действия [2]. Поведението, основано на правила е възможно да се обуславя по пътя на пробата и грешката, или като операторът сам формулира правилата във основа на разсъждения за причините, или те могат да бъдат предварително определени под формата на инструкции. Тогава грешките ще се определят като разминаване между целта и крайното състояние.

Проектирането се сблъсква с два проблема: първият е да се създадат такива условия, които биха позволили на персонала ясно да различи случай 1) целите са определени от нормативи, като на операторът е разрешено да ги оптимизира; 2) нормативните правила са определени само за тези условия, които съдържат възможна, скрита опасност. В такива ситуации отговорността е на разработчика, който трябва да осигури инструкции за контрол на дейността.

От друга страна, когато са определени дейностите от инструкции или от автоматизирания процес на управление, трябва да се създадат такива работни условия, че операторът да може да ги разбира и да приема решения за релевантността не само за намиране на изход от нерегламентирана ситуация, но и да не създава такива от неправилна интерпретация на информацията от автоматиката.

3. Целенасочено поведение основано на знания..

В ЕС е необходимо участието на оператор като поведението му се обуславя от непознати ситуации в системата. Структурата на дейността му се състои в оценка на ситуацията и планиране на последователни целенасочени действия, които зависят от знанията му за процесите, за функциите и структурата на системата. Тук проблемът е как да се обновяват знанията на оператора за сложната система и как те да се поддържат в готовност. Едно от решенията е автоматизацията да се държи на ниско ниво, което очевидно не е неефективно, а и на активността на ЧО ще остане на второ ниво. Другото е в повишаване квалификацията му,

непрекъснато обучение, използване на тренажори и пр., с цел реагиране и подготовка за работа в необичайни и екстремални ситуации.

Следствие анализа на дейностите в ЕС могат да се формулират основни принципи за проектирането на такива системи. Принцип за единство и пълнота на дейността: дейността трябва да е описана напълно, включвайки всички нива, а след това да бъде разделена между човека и автоматизираната система. Принцип на допълнителност – тази част от дейността, която не се изпълнява от човека се възлага на техниката и обратно. До тук тези принципи предполагат не само формализация на дейностите, но и наличие на база данни за възможностите както на техническата система, така и на човека. Принцип на адекватно и проблемно-ориентирано изображение на информацията, който предполага, че постъпващата информация трябва да бъде достатъчна и достъпна по форма за оператора. В частност от този принцип следва, че интерфейсът трябва да допуска такъв обмен на информация между оператора и техническата система, който да е най-близък до естествените представи на оператора за света. Принцип за цялостно проектиране, свързан с възможността на оператора да формира концептуален образ на управляемата система и да определя изискванията за управляемост при синтеза ѝ.

Както беше казано за сложните ЕС основните професионални функции на оператора трябва да са свързани с актуализацията на потенциалните свойства на обекта, като предварително се свеждат до моделиране на управлението на непредвидени ситуации. За осигуряване на тези му функции е необходимо въвеждането в процеса на

проектирането, създаването и експлоатацията на техниката, етап за моделиране от оператора на непредвидени ситуации. В космонавтиката такъв етап може да бъде реализиран в наземни условия при подготовката на комплексни моделиращи стендове, а в условията на реален полет – с помощта на бордови информационно-изчислителни средства.

ЛИТЕРАТУРА:

[1]. П. Гецов, Попов В., Стоянов Кр., Параметричен модел на човек като управляваща система. Параметричен модел на човешка дейност. Юбилейна научна сесия “30 години Институт за космически изследвания”, стр. 259 – 261, 1999.

[2]. W. Popov, P. Getzov, I. Dimitrov, Z. Hubenova, K. Metodiev, P. Panova, M. Zamfirov, Man as a Control System in Microgravitation Circumstances – Mental Models and Information, Knowledge and Meaning Processing, Second Scientific Conference with International Participation SENS'2006, Varna, 2006.

[3]. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. - Л.: Наука, 1982.

[4]. Михайлевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. - М.: Наука, 1982.

[5]. Стрелков Ю. К., Инженерная и профессиональная психология, М.: Академия, 2001.

[6]. Pfeffer, J. The Human Equation: Building Profits by Putting People First.// Harvard Business School Press, Boston, 1998.

[7]. Ненов Г.Д., А. Андонов, Комуникационни вериги и сигнали, С. ВТУ, 2006г.

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ERGADIC SYSTEMS SYNTHESIS INTENDED TO RENDER AN ACCOUNT OF THE HUMAN FACTOR

Zoya Hubenova

IKI – BAN, Sofia
BULGARIA

Abstract: *In the paper hereby some methodological aspects are being analyzed during ergadic systems synthesis. These are intended to the estimation of operator working as well as both limitations and control of its activity with a view to minimize the probability of errors permission and improving the safety of system functioning as a whole.*

Key words: *man – machine system, human factor, contradictions and conflicts, systems of control.*