

ПРОБЛЕМЪТ ЗА ЧОВЕШКИЯ ФАКТОР ПРИ ОЦЕНКА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ФУНКЦИОНИРАНЕ НА СЛОЖНИ ЕРГАТИЧНИ СИСТЕМИ

Зоя Хубенова¹, Владимир Гергов²
zhubenova@space.bas.bg, vladigergov@abv.bg

¹ *Институт за космически изследвания – БАН, ²ВТУ „Т. Каблешков”, София
БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** композиционер, профтестиране, тренажор, ергатична система, деавтоматизация*

***Резюме:** Статията е посветена на търсенето на решение на проблемите, свързани с «човешкия фактор» (ЧФ), актуален за сложните системи за управление. Обосновава се необходимостта от създаването на комплексен имитационен модел, отразяващ поведението на оператора в автоматизираните системи за управление. Такъв модел позволява да се създават адекватни сценарии на работа на оператора, както възможност за оптимизация по критерий минимум на неадекватни действия на оператора при неизправност. Предложена е методология за анализ на ЧФ, посредством оценка на ефективността на операторската дейност на база системен модел, в който са обособени сензорно, когнитивно и моторно ниво на операторските функции.*

Въведение.

Развитието на информационните технологии, повишаването на степента на автоматизация и съответстващото преразпределение на функциите между човека и техниката до сега на са довели до решаването на проблемите на взаимодействие на човека-оператор и системите за управление, а в някои случаи даже го обострят. За това свидетелстват резултатите при анализа на извън щатните и аварийни ситуации. Разследването и анализът на болшинството аварии и произшествия в авиацията, наземния и воден транспорт, енергетиката, атомната и нефтена промишленост, част от които водят до катастрофални последствия, показват, че ако в 60-те години грешките на човека са първопричина само за 20 % от инцидентите, то в 90-те години техния дял от вида „човешки фактор” нараства до 80 %.

Една от ключовите причини на проблема „човешки фактор” (ЧФ) е липсата на квалифициран персонал, способен да работи при експлоатацията на съвременните системи за автоматизации. Други причини са снижаване на технологичната дисциплина, притъпяване на бдителността при дълговременни монотонна работа и пр. Става очевидна потребността от кадри, които да могат да вземат отговорни решения, доколкото могат и знаят да ползват целия огромен потенциал на съвременната техника. В същото време, операторът трябва да е в активно състояние и адекватно да реагира в нещатни ситуации, а както показва опита, нивото им на подготовка е често недостатъчно. В резултат внедряването на съвременните технологии на автоматизация (в такива комплекси) не само дава очевидни преимущества, но и повдига редица нови

проблеми и задачи като: повишаване нивото и нови методи за обучение и подготовка на кадрите, усъвършенстване процеса на взаимодействие на оператора с конзолата на АСУ.

1. Традиционни подходи за решаване на проблема.

Основен подход за решаване на разглеждания проблем е оптималното разпределение на функциите между човека и техниката, повишаване ефективността от дейността на оператора по пътя на подобряване условията на труда (ергономично направление). С времето възникването на проблемите (50–60-е години) разпределението на функциите между оператора и автоматиката се е променяло. Първоначално това е формулирано в работите на П. М. Фитс във вид на списък от сравнителни възможности между човека и машината. Необходимостта от разпределение на функциите е била поставена под съмнение от Н. Джордан, издигнал идеята за взаимодопълването на човека и машината. В това направление са работели У. Сингълтон, В.Я. Дубровский и др., като в резултат са се оформили две направления за нейното решаване.

Представителите на първото направление предлагат нови принципи на организация на съвместната работа на човека и техниката:

- принцип на активния оператор в системата «човек - машина» (Н. Д. Завалова, Б. Ф. Ломов);

- принцип на динамичното или адаптивно разпределение на функциите между оператора и машината (В. Ф. Венда, В. М. Ахутин и др.).

Второто направление изхожда от критичното отношение към поставянето на проблема, свеждайки го към обсъждане на въпроса за разпределение на функциите, задачите и операциите и т. д. (К. А. Кук, К. Корбридж и др.).

Ключов аспект в традиционните подходи е определянето на ролята на оператора в АСУ и привличането на инженерно-психологическите методи. Основно е признат антропоцентричният подход (Ч. Э. Биллингс, Б. Х. Кантовиц, А. Н. Леонтьев, Б. Ф. Ломов, Н. Д. Завалова и др.), противопоставен на машиноцентрическия, или техноцентрическия подход. Същността на антропоцентрическия подход се ограничава в повишеното внимание към дружествените интерфейси на системната конзола в АСУ.

Следва да се отбележи, че интензивното внедряване на средствата за отдалечен мониторинг на обектите за управление, посредством видеонаблюдение и SCADA-системи не снижават актуалността на проблемите за човешкия фактор / ПЧФ /.

2. Подходи за решаване на проблема. Методи за изследване

В последно време в редица публикации се застъпва тезата за целесъобразността от включването в АСУ на методите на изкуствен интелект (ИИ). Представя се също, че проблемът на ПЧФ ще стане предмет на информационната екология на човека. Това ново научно направление. Решаването на проблема се разглежда именно от тази гледна точка и то в областта на автоматизираните високоотговорни обекти?

По мнение на много специалисти от промишлеността интелигентното управление трябва да отговаря на следващите изисквания: способност за обучение и адаптация; повишаване на устойчивост; 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. . ИИ предлага множество методи за реализация на такива изисквания. Развитието на приложните аспекти на интелигентните системи и теорията на размитите множества дават нови възможности за такива системи. Трябва да обърнем внимание основно и върху това, как да се повиши адекватността на действията на оператора за предотвратяване на извънредни ситуации или в условия на такива ситуации. Средствата на ИИ трябва да предоставят по време на работната смяна на оператора жизнен тонус, съответстващ на

неговите функционални задължения. На тези средства се възлагат и отговорностите за предсказване на състоянието на оператора и управлявания обект.

Важно е да се отбележи, че ергономичните /комфортни/ условия за работа на оператора не са достатъчни (а понякога и неадекватни) за решаване проблема за ЧФ?. Това е видно от продължаващите по причина ЧФ аварии. Необходимо е да се помага на оператора да съхранява в течение на цялата работна смяна активния тонус, позволяващ адекватно да реагира, в частност и на извънредни обстоятелства.

3. Концепция за моделиране на системата «оператор — АСУ»

Решаването проблема за ЧФ е свързано със ... следните направления.

1. Подържане емоционалното комфортно и бодро състояние на оператора в работното време. На състоянието на оператора в течение на работната смяна влияят работните и организационни характеристики. Работните характеристики — това са съдържанието на работата; средствата за работа; физикохимичните и технически условия на труда; социалните условия. Организационните характеристики са оптималната структура на АСУ; процесите; управлението. Необходимо е да се отчитат всички тези външни за оператора фактори на влияние върху 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. Едно от решенията е профилактиката на неблагоприятните функционални състояния: усъвършенстване на средствата на труда; рационализация на работните места; оптимизация на режима на труда и отдиха; редуването на операциите с натоварване на различни функционални системи; нормализация на различните фактори на производствената среда; създаване на благоприятен социално-психологически климат. Целесъобразна е също така психопрофилактиката на неблагоприятните функционални състояния. Всичко това се препоръчва от класическата ергономия.

2. Осигуряване на своевременен 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, морално-нравствени и организационни, психологически, физиологически, физически. Това съществено усложнява организацията на интелектуалния компонент на оператора, а самия проблем за ЧФ става интердисциплинарен.

3. Сnižаване на неадекватното натоварване на оператора. Необходимо е да се изключат излишните действия, извършвани от оператора (удобство на работното място, организация на почивките, обед, закуска и т.н.), т.е. да се осигури необходимото ниво на работните, организационни, индивидуални характеристики на локалната среда на работа на оператора, адекватна на неговите функционални задължения.

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

Моделиране на дейността на оператора.

Изискванията към описателните и функционални възможности на средствата за моделиране могат да се формулират, като се анализират съществуващите модели на дейността на ЧО. Традиционно при описване на модели на дейността на ЧО се различават следните основни обекти и процеси:

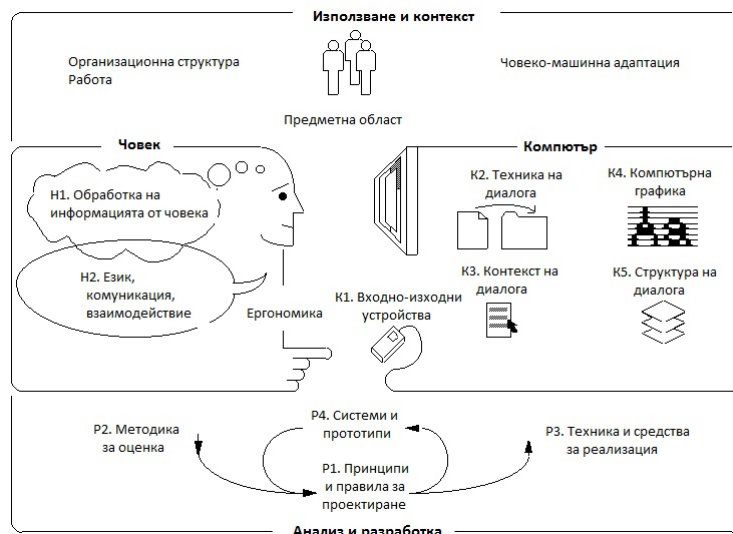
- структурни елементи (процеси) дейността (например, операции, задачи, действия, типове функционални елементи и структури, фази за решения на задачите);
- логико-времева последователност на действията (алгоритъм на действие), реализирана с помощта на логически условия и различни композиционери, организиращи вход-изход от алгоритъма, паралелни и циклични процеси;
- обекти на дейността (средства за изобразяване на информации, органи за управление, други оператори);
- количествени показатели на дейността (надеждностни – вероятност за грешки, времеви – време за реакция или изпълняване на действия);
- фактори, влияещи на дейността, такива като микроклимат, опасност, сложност, достоверност на информацията и др.;
- характер на дейността (типове на задачите, типове поведение и пр.);
- ресурси и състояние на оператора (памет, анализатори, психофизиологически показатели и характеристики);
- елементи на групова дейност (взаимодействие, синхронизация, управление);
- състояние на обекта на управление.

В настояще време голямо значение придобива проектирането и изследването на интерфейсите "човек-компютър", като компютъра се разглежда като част от машината, (например, в кабината на изстребител или комбайн има дисплеи), както апаратен интерфейс, така и програмен (потребителски) интерфейс.

Приведеният списък дава възможност за сравнително пълното описание на дейността на ЧО. Средствата за анализа, освен описателните възможности, трябва да реализират функциите на моделиране, обработка и манипулиране на модела, към които се отнасят:

- процедурите за имитационно моделиране и комбинаторно «проиграване» алгоритъма на дейността;
- функции на вероятностен анализа при развитие на критични ситуации;
- процедури за решаване на оптимизационни задачи.

За ефективно управление на сложни автоматизирани системи е важно да се изследват способностите на оператора, свързани с възприятието, запомнянето и преработката на информация. Тези качества в голяма степен определят способността за творческо мислене в процеса на оперативно управление на БЛА



Фиг. 1. Човече-компютърно взаимодействие

Организация адекватен потребителски интерфейс с конзолата е задължително изискване за всяка АСУ. Подържането на необходима реактивност на оператора?? На неговото съответстващо емоционално и физическо състояние е възможно също по пътя на регулярния тренинг. Например, чрез определени интервали от време или по резултати от мониторинга се имитира лъжлива критична ситуация, в която операторът е принуден да се намеси. По-нататък се прави оценка и анализ на действията на оператора. Ако реакцията на произходящите събития са адекватна и времето за решение на дадената задача удовлетворява изискванията, то операторът продължава своята работа, ако ле не — става, например, замяна на оператора. Друго решение — да се «накара» автоматиката да отчита личностните характеристики на всеки оператор по отделно. При започване на работа операторът запълва анкета (входяща, например, в SCADA-система) и се провежда профтестиране. Системата, отчита особеностите на конкретния оператор, организира по съответстващ начин взаимодействието му с АСУ.

За отработване на подобни варианти за решения на поставените проблеми е необходим имитационен модел, отразяващ достатъчно адекватно спецификата на процесите в системата «човек - техника», «човек — конзола на АСУ». Вариант на такъв модел може да стане тренажорен стенд, включващ имитационна система за конкретен АСУ, диспечерски пункт и пр.?? , която да е ориентирана към отчитане индивидуалните характеристики на всеки оператор (операторът в началото на работа попълва анкета (входяща, например, в SCADA-система??) и протича тестиране, като системата отчита особеностите на конкретния оператор и организира съответно взаимодействието му с АСУ). Отчитайки интердисциплинарността на проблемите, свързани с ЧФ, имитационният модел трябва да представлява инструментално средство за колективно построение в компютърна среда на варианти на модели, планиране и провеждане на изчислителни експерименти, обработка, интерпретация и протоколиране на резултатите.

Разглежданата задача се свежда да се анализират принципите за формиране на управление в АСУ при отчитане на психофункционалното състояние на човека—оператора.

Основен елемент на технико-диспечерското управление е операторът и управляемите от него обекти, като съгласуването на работата им се осъществява в процеса на обмен на информация. Тази информация може да се характеризира с мярка за сложност на възприятие от оператора, която зависи от степента на трудност за нейното възприемане. Сложността на информацията е непосредствено свързано с времето на нейното възприемане и осмисляне от човека [2].

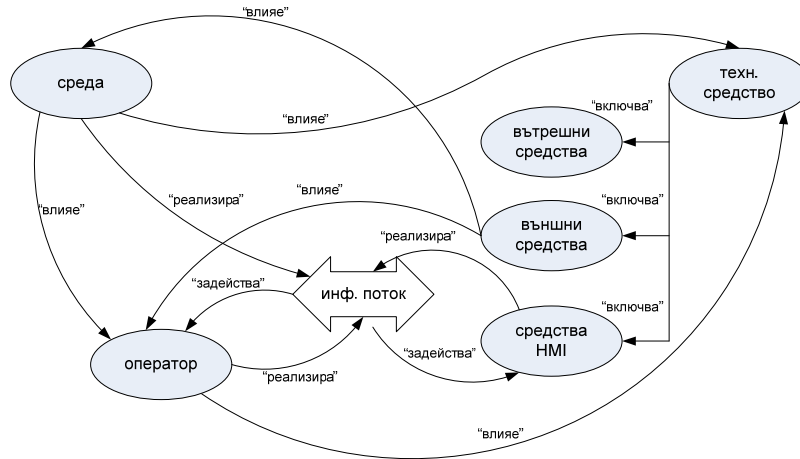
За успешното обучение и ефективна професионална дейност операторът е длъжен да притежава съответстващите професионално-важни качества, които могат да се определят като физически, анатомио-физиологични, психически и личностни свойства на човека, необходими за решаване на неговите професионални задачи.

В тази връзка са разработени различни подходи за оценка на ПВК, основани на методи за тестиране и лабораторни експерименти и насочени към моделиране на операторската дейност. Сега най-известните подходи за оценка на професионалната пригодност са на основа професиограмите и посредством оценки за успешност на операторската дейност в отделните нейни етапи.

Трябва да се отбележи, че задачата за оценка на пригодността на оператора не е тривиална, поради сложността на връзките между професионалните качества и сложната интерпретация на резултатите от тестирането и формализацията на процесите в операторската дейност. До сега недостатъчно са изучени въпросите за подбора на отделните ПВК, тяхната взаимовръзка с успешността на операторската дейност, отсъства единен методически подход к провеждането на изследванията, наблюдава се

непълнота на решенията при подбора на оперативния персонал на ЕС на основа достиженията на съвременните интелектуални технологии.

За представяне и (анализ на знания??) на професионалната дейност на човека-оператор в структурата на ергатичната система за управление може да се структурира процеса на взаимодействие на ЧО, техническата система и средата във вид на семантична мрежа (фиг.2.).



Фиг. 2. Модел за анализ на взаимодействие в ергатична система)

Въвежда се понятието акт на операторска дейност, като под това понятие ще се разбира: завършена последователност от отделни неповтарящи се операторски действия, реализиращи единичен цикъл на управление.

Съгласно това по нататък операторската дейност ще се разглежда като циклично изпълнение от актове на операторска дейност.

Отчитайки известно разделение операторската дейност на определени типични етапи, ще приемем разделянето на акта на операторската дейност на отделни етапи:

$$C = \{C_i\}, \quad i = 1, N$$

където C_i е елемент на системата, представляващ отделния етап от операторската дейност (под елемент от системата се разбира най-проста неделима операция), i – броя на етапите на операторската дейност.

Всеки етап от операторската дейност, от своя страна, се характеризира с набор от елементарни операторски действия:

$$C_i = \{K_j\}, \quad j = 1, N$$

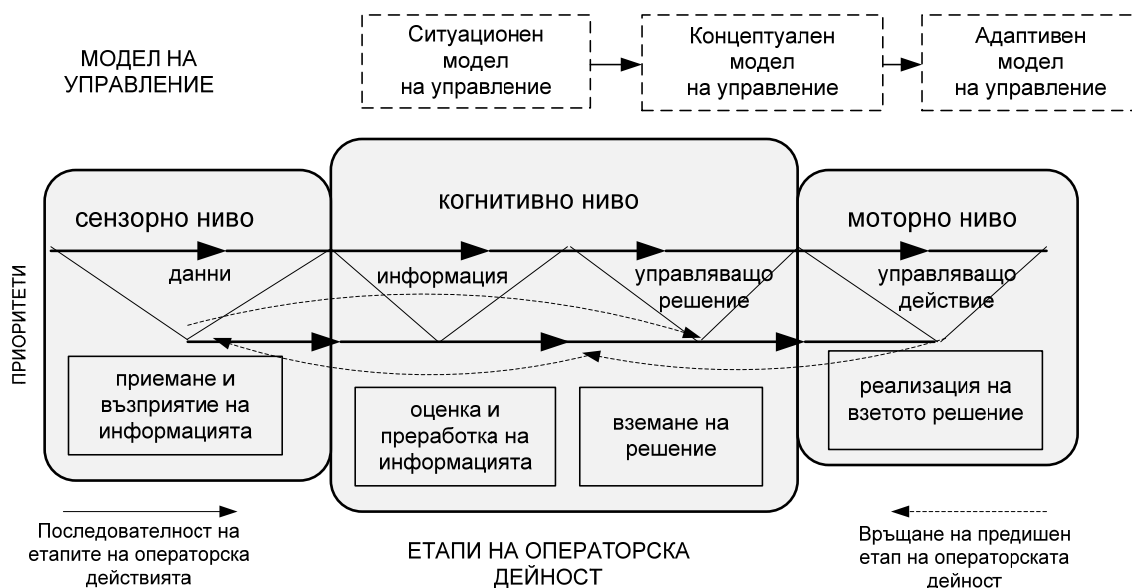
където C_i е елемент на системата, представляваща етап от операторската дейност, i – брой етапи, K_j – операторско действие, j – брой действия.

Като условие за декомпозиция е избрано условието за пресичане на множеството на елементарните действия: ако за всяко j и l множеството елементи на системата не се пресичат $\forall(i, l) : C_i \cap C_l = \phi, \quad i = 1, N; l = 1, M$, то по-нататъшна декомпозиция не е необходима.

Въз основа на анализа на графа на операторската дейност (показани на контура неповтарящи се операторски действия??) $C1 \rightarrow C_i \rightarrow C_{i+1} \rightarrow CN$, могат да се отделят четири етапа на от операторската дейност: $C = \{C1, C2, C3, C4\}$, где $C1$ – етап за приемане и възприятие на постъпващата информация, $C2$ – етап за оценка и преработка на информацията, $C3$ – етап за вземане на решение, $C4$ – етап за реализация на взетото

решение, показващо последователното изменение на модела за оперативното управление, показано на фиг. 2.

В съответствие с известния модел на Y. Liu и C. Wu за последователност на операторските действия на схемата последователно са отделени етапите на от операторската дейност на сензорно, когнитивно и моторно ниво.



Фиг. 3. Системен модел на операторски функции (по Y. Liu и C. Wu)

Въвеждат се три нива на управление поведението на човека-оператор (моторни навици, знания и творческа активност, проявявана в рамките на регламентирани задачи на дейността, (Дж.Расмуссен)? За повишаване степента на осъзнаване (и по-добро разбиране) на своята работа и направени грешки е добре/полезно да се използва в редица случаи и "метода на изкуствена деавтоматизация", предложена от И.Н. Шпилър. Този метод позволява с помощта на по-сложни задачи, да се "разрушат" ("деавтоматизират") привичните действия на работника и тогава той е принуден да се замисля как да се справи и с какви действия. Казано по друг начин, при подготовка и контрол на действията на оператора е полезно понякога да се оценява и доколко операторът е способен да избягва стереотипността в действията си.

Фактически и тук се свежда до повишаване степента на рефлексивност на субекта, взаимодействащ със сложна техника, т.е. за повишаване на нивото субективност на човека-оператор.

Таблица 2 – Елементи за обозначаване на основните ТЕФ

Номер	Обозначение на елемента	Приложение
1	R	Работна операция
2	A	Алтернативна операция
3	K	Операция «контрол на функциониране»
4	Z	Операция задържане

3. Множество елементи за оценяване

Елементите на тази група се използват като променливи за задаване на показателите за качество на описателните елементи (мн. MI). (Променливата като в математиката е обект, имащ име и стойност; името служи за обозначение на показателя за качество??)

Конкретната стойност на променливата в процеса придобива значение на оценъчен елемент (елемент от мн. *M3*), т. е. вероятностно-временна характеристика, с помощта на която се оценява качеството за изпълнение на описаните?. Пример за променливи и тяхното използване е показано в табл.

Таблица 3 – Елементи за оценяване

Номер	Обозначение на елемента	Приложение за стойност
1	<i>B1</i>	Вероятност за безгрешно изпълнение на ТЕФ
2	<i>B0</i>	Вероятност за грешно изпълнение на ТЕФ
3	<i>MT</i>	Математическо очакване за време на изпълнение
4	<i>DT</i>	Дисперсия за време на изпълнение
5	<i>K11</i>	Условна вероятност за това, че проверяваната операция при фактически
6		Правилно изпълнение ще бъде призната за правилна
7	<i>K00</i>	Условна вероятност че проверяваната операция при фактически
8		Правилно изпълнение ще бъде призната за неправилна

4. Опростен прототип на модела.

За разглежданата методика и инструмент за построяване на модела да определим хипотетично множество от действия на оператора, изпълнявани от него в течение на смяната. В този набор нека да влизат:

1. Приемане-предаване на смяната (E1);
2. Наблюдение на пулта за управление (мониторинг) (E2);
3. Почивки (E3);
4. Действия в пред аварийна ситуация (E4);
5. Действия в аварийна ситуация (E5);
6. Други действия (E6).

Случайният характер на изучаемите процеси изискват ориентиране на метод за статистическо моделиране на сложни системи. В този случай модела на сложна система влиза алгоритъм, позволяващ по зададени параметри на системата и начални условия чрез генериране на квазислучайни величини да се изчислят характеристиките, необходими за решаване на поставените задачи. Наличието на алгоритъма позволява не само да се изчисляват конкретните стойности на интересуващите ни характеристики, но и да се осъществява качествено изследване на системата. Статистическото моделиране дава възможност за се изучават тенденциите за поведение на показателя ефективност (в случай, например, количеството предотвратени аварии) в зависимости от изменението на условията в интересуващите ни диапазони. По пътя на вариране на различните параметри на системата (увеличение/намаление на сигналите за състоянието на обекта на управление, въвеждане/изключване на отвличащи/ободряващи фактори и т.н.) и на нейната структура (въвеждане на мониторинг на оператора, средства за реагиране при снижение неговата работоспособност и пр.) могат да бъдат оценени зависимости, полезни за усъвършенстване на системата «оператор — АСУ», избор на режими за експлоатация, или намиране на конкретни пътища за повишаване на ефективността на съществуващата система.

Опростен модел на разглежданата система може да бъде едноканална СМО: операторът реагира на случайно изменящата се обстановка. Това е некоректно, понеже системата «човек - машина» не е едноканална. Но умишлената неадекватност има за цел последователното движение от по-просто, но технологически съвършено — к пълно и адекватен модел?

Събитията (E1 ... E5) се представят като поток от различни по характер заявки с съответните закони на разпределение както на самия поток, така и на параметрите на заявките. В даденият случай потокът от заявки не е ординарен: в системата съществуват приоритетни заявки, после действие, регламентирани действия, такива като E1 и E5. Създава се опростен статистически модел, в който съществува едно приоритетно (регламентирано) действие — предаване-приемане на смяната (началото и края на работния ден) и няколко ординарни заявки — почивки и т.н. Приоритетът на заявката предаване-приемане на смяната се свежда до това, че другите заявки по време на обслужването не са приоритетни, т.е. приема на ординарните заявки стават в интервала от време $[t_1, t_2]$. Хипотетично този период е, например, от $t_1 = 8.30$ до $t_2 = 19.30$, когато работната смяна започва в 8.00 и завършва в 20.00.

Времето за очакване на всяка заявка начало на обслужването е случайна величина със закон на разпределение $\phi(\tau)$. Времето τ^* за заетост на оператора (дължина на обслужването на ординарни заявки) се задава със закон за разпределение $f(\tau^*)$. Заявките, за които времето за край на обслужването е по-голямо от t_2 , се считат за получили отказ, ако това не са E8 и E9.

За построяване на алгоритъма, моделиращ опростения процес на дейността на оператора, ще е подобен на следния:

Φ_1 — формиране поредния момент t_j на постъпване на заявката в системата;

P_2 — проверка на условието $t_j < t_2$ за принадлежност на момента на постъпване поредната заявка t_j в интервала $[t_1, t_2]$.

P_3 — проверка на условието $t_j < t^{*j-1}$, където t^{*j-1} — е моментът за край на обслужването на предидущата заявка;

Φ_4 — формиране на пределна дължина на очакване на заявка до началото на обслужването в съответствие със закона на разпределение $\phi(\tau)$;

A_5 — изчисляване на момента $t'_j = t_j + \tau$ (в момента t'_j заявката напуска системата, ако тя не бъде приета за обслужване);

P_6 — проверка на условието $t'_j < t^{*j-1}$ (заявката напуска системата по-рано, преди да се е освободил канала);

F_7 — избор в качеството си на начален момент за обслужване на j -тата заявка и момента за край на обслужване на $(j - 1)$ -тата заявка $t_j(H) = t^{*j-1}$;

F_8 — избор на момент за начало на обслужване j -тата заявка и момента на нейното постъпване в системата (условно, т. е. в действителност се отчита времето на реакция (закъснение) на оператора) $t_j(H) = t_j$;

Φ_9 — формиране продължителност на обслужване τ^* на заявка (времето на заемане на канала (оператора) в съответствие със закона за разпределение $f(\tau^*)$);

A_{10} — намиране момента на завършване на обслужването на j -тата заявка (момента на освобождаване на канала) $t_j^* = t_j(H) + \tau^*$;

P_{11} — проверка на условието $t_j^* \leq T_2$;

K_{12} — броене на количеството постъпващи заявки m ;

A_{13} — изчисляване на продължителността на пребивание във опашката за j -тата заявка $t_j - t_j(H)$;

K_{14} — изчисляване количеството заявки n , получили отказ;

K_{15} — изчисляване количеството реализации N ;

P_{16} — проверка на условието $N < N^*$, където N^* — е количеството реализации, необходими за зададена точност;

F_{17} — преход към поредната реализация;

A_{18} — обработка на резултатите от моделирането;

Y_{19} — даване на резултатите.

В операторна форма моделиращия алгоритъм има следния вид:

$${}^{13, 14, 17}P_1 \quad P_{2 \square 15} \quad P_{3 \square 8} \quad \Phi_4 \quad A_5 \quad P_6^{14} \quad F_7^9 \quad {}^3F_8^{7, 8} \quad \Phi_9 \quad A_{10} \quad P_{11 \square 14} \quad K_{12} \quad A_{13}^1 \quad {}^{6, 11}K_{14}^1 \quad {}^2K_{15}$$
$$P_{16 \square 18} \quad F_{17}^1 \quad {}^{16}A_{18} \quad Y_{19}.$$

Стрелки, стоящи до операторите са условните преходи, т. е. операторът $P_{2 \square 15}$ обозначава преход към оператор под номер 15 при неизпълнени условия от оператор под номер 2, P_6^{14} — преход към оператор 14 при изпълнени условия от оператора 6. Това е видно и от алгоритъма, показан на блок-схемата (фиг.4).

По нататък се приема, че приоритетни действия на оператора по отношение на системата са, E_4 и E_5 , а останалите действия (собствени нужди) са характерни за човека, но не за обекта на управление. Непосредствените действия на оператора (регламентирани от ръководството) — E_2 , E_4 , E_5 се считат приоритетни за системата «оператор — АСУ». Потокът от заявки E_1 , E_2 , се обозначават като поток приоритетни еднородни заявки, а E_3 , E_6 , — поток неприоритетни и еднородни заявки. E_2 — събитие, характерно за цялата работна смяна, но прекъсвана в резултат от възникване на събитията E_4 и E_5 .

Понеже методът за статистическо моделиране е числен метод, преимуществено ще оценяваме количествените характеристики на системата «човек — машина». Променяйки работните и индивидуални характеристики на оператора може да се променя времето на неговите реакции (закъснение) на приоритетните заявки.

Един от най-разпространените средства за моделиране на сложни дискретни системи е GPSS (General Purpose Simulation System) [3, 11, 14], като за персонални компютри е реализиран във вид на пакет GPSS/PC. Основният модул на пакета е интегрирана среда, включваща освен компилатор на езика и средства за въвеждане и редактиране на текст и отстраняване на грешки и мониторинг на процеса на симулация, графичен дисплей, както и средство за натрупване на симулацията резултати в база данни и статистически анализ.

В резултат на моделирането трябва да се получат характеристики за качеството на работа на системата «човек-машина»: бързодействие и адекватност над действията на оператора, количеството предотвратени „аварии“, количеството ликвидирани „аварии“, ефективност на системата за автоматизация и пр. На модела може да бъде да се отстраняват грешки и симулират ефективни сценарии на взаимодействие на оператора с АСУ, както и методи за организация на неговата адекватна дейност в течение на работния ден.

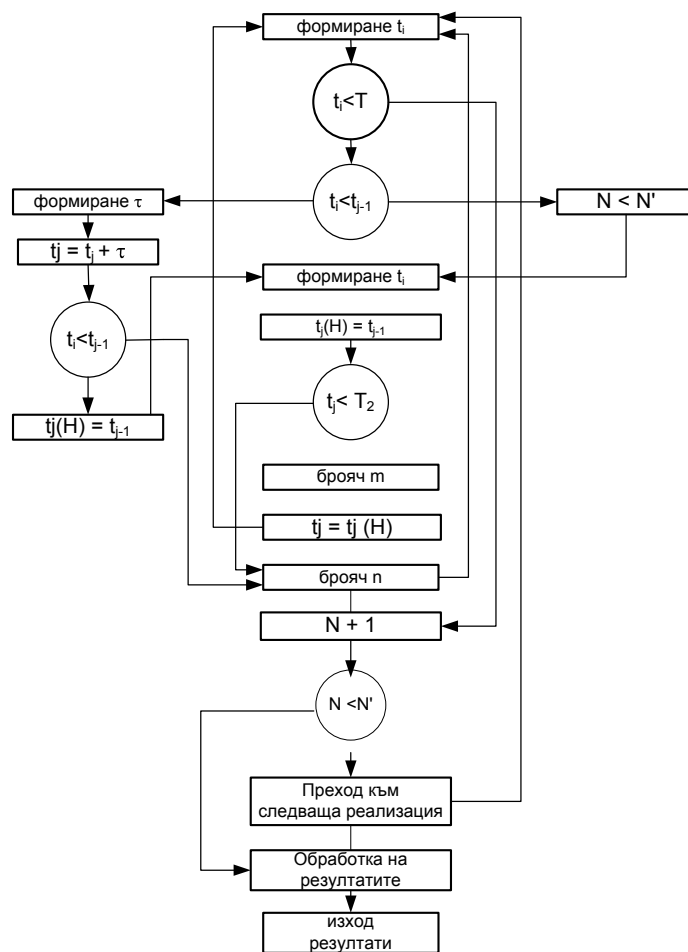


Рис. 4. Алгоритъм за моделиране на система «оператор — АСУ»

Заклучение

Аналитичният обзор показва, че ЧФ е основна причина за много аварии в различни сфери на производството и и в това число транспорта? За да се реши този проблем е необходимо да се разбере, опише и структурира същността на концепцията за "човешкия фактор" в съвременния свят. Обобщението за причините за редица аварии [13] показва, че ЧФ включва като минимум следните фактори:

- а) недостатъчна квалификация;
- б) недисциплинираност и неизпълнение на инструкциите;
- в) небрежност (липса на чувство за отговорност);
- г) липсата на готовност за извънредни ситуации (обърканост, некомпетентност);
- д) умора в щатни ситуации;
- е) намаляване на бдителността при продължително нормалното функциониране - следствие от монотонност на трудовия процес.

За да се премахне или намали ефекта от тези фактори могат да се включат следните мерки:

- а) поддържане на квалификацията (повтарящо се тестиращо-тренинг обучение, ободряваща среда);
- в) използването на тренажори за обучение и набиране на персонал;

в) мониторинг на състоянието на операторите и лицата, които пряко участват в автоматизирано управление с последващи адекватни въздействия върху тях;

Предвид сложността и мултидисциплинарността на тези мерки, е подходящо за развитието им чрез стимулационни експерименти, безопасни за хората и за техническата система.

Тяхната разработка и анализ е целесъобразно да се провежда чрез имитационни експерименти, безопасни както за човека, така и за техническите системи.

Литература

- [1]. Бодров В. А. Информационный стресс: Учеб. пособие для вузов. М.: ПЕР СЭ, 2000. 352 с.
- [2]. Воробейчиков Л. А., Шакин В. Н., Шибанов С. Е. Методические указания по использованию средств имитационного моделирования
- [3]. Костин А. Н., Голиков Ю. Я. Психология автоматизации управления техникой. М.: Изд-во Ин-та психологии РАН, 1996. 160 с.
- [4]. Моргунов Е. Б. Человеческие факторы в компьютерных системах. М.: Тривола, 1994. 272 с.
- [5]. Системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA-системы) [//http://www.kari.ru/main/asutp/equipment/SCADA.html](http://www.kari.ru/main/asutp/equipment/SCADA.html).
- [6]. Панина М. Е. «Человеческий фактор» и высокие технологии. ЗАО «РТСофт» [//http://www.rysoft-training.ru](http://www.rysoft-training.ru).
- [7]. Хроника чрезвычайных происшествий в промышленности за 2003 год [//http://www.nadzor.vorkuta.ru/new-arch2003.html#ANCHOR1](http://www.nadzor.vorkuta.ru/new-arch2003.html#ANCHOR1) –
- [8]. Шапцев В. А. Проблематика информационной экологии // Вестник кибернетики. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2003. Вып. 2. С. 10–18.
- [9]. Шрайбер Т. Дж. Моделирование на GPSS: Пер. с англ. / Пер. В. И. Гаргера, И. Л. Шмуylieвича; Ред. М. А. Файнберг. М.: Машиностроение, 1980. 592 с.
- [10]. Хубенова З., Методически подходи към проблема за оценка на информационното натоварване на човека-оператор в ергатична система, Шеста научна конференция с международно участие „Космос, екология, сигурност”, SES 2010, 2011, стр.186-194.
- [11]. Хубенова З.В., А.В. Андонов, Принципи и методи за създаване на информационни модели в автоматизирани системи за управление, Сборник научни трудове от Научна сесия 2009 на НВУ “В. Левски” Част II, 2010 г., стр. 257-263.
- [12]. Хубенова З., Аспекти на неопределеността и тяхната оценка в условия на рискови ситуации, Сборник научни трудове от Втората международна научна конференция "50 години от полета на Юрий Гагарин", Том 3, Шумен 2011, 2012 г., стр. 43-48.
- [13]. Владиславлев, И.А. Мурадян, С.А.Юдицкий, Заимодействие целевой и операционной динамических моделей сложных процессов, joug Автомат. и телемех, 2005, р.126—134
- [14]. Зараковский Г.М., В.В. Павлов, Закономерности функционирования эргатических систем, М.: Радио и связь, 1987.
- [15]. Забродин Ю.М., Е.З. Фришман, Г.С. Шляхтин, Особенности решения сенсорных задач человеком, М.: Наука, 1981.
- [16]. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем. Искусство и наука/ Р.Шеннон: /Пер. с англ.- М.: Мир, 1978. -418 с.
- [17]. Ломов Б.Ф. Справочник по инженерной психологии, М.: Сов. радио, 1982.
- [18]. Albers S. Using a simulation model to represent the time dependence of human reliability // Proc. 5-th. EuRe Data Conf. -Berlin, 1986. -P.445-453.

- [19]. Card, S., Moran, T., & Newell, A. (1983). The psychology of humancomputer interaction. Hillsdale, NJ: Erlbaum
- [20]. Cloud Cap Technology, <http://www.cloudcaptech.com/default.shtm>
- [21]. Driving drones can be a drag, <http://web.mit.edu/newsoffice/2012/boredom-and-unmanned-aerial-vehicles-1114.html>
- [22]. Handbook of Human Factors, edited by G. Salvendy, in 6 volumes q Purdue University. 1998
- [23]. Olson, J.R. & Olson, G.M. (1991). The growth of cognitive modeling in human computer interaction since GOMS. Human Computer Interaction, 6, 21-30
- [24]. Peter Getsov, Wiliam Popov, Zoya Hubenova, Georgi Sotirov, Konstantin Metodiev, Stoyan Tanev, Lubomir Aleksiev, Svetlin Doshev, Use of Technology Virtual Reality for the Study of Human – Operator in Extreme Conditions, 5th International Conference on Recent Advances in Space Technologies RAST 2011, June 09-11 Istanbul, Turkey, pp. 820-824
- [25]. Peterson J., Petri Net Theory and the Modeling of Systems, Prentice Hall, 1981.
- [26]. Petri C.A., Kommunikation mit Automaten, Institut für Instrumentelle Mathematik, Schriften des IIM Nr.2, Bonn, 1962.
- [27]. Salvendy Gavriel (Editor), Handbook of Human Factors and Ergonomics, Purdue University, 2006, Canada.
- [28]. Sibert, and R.J.K. Jacob. Evaluation of eye gaze interaction. Conference of Human-Factors in Computing Systems, 2000, pp 281-288

HUMAN FACTOR ISSUE IN ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF FUNCTIONING OF SOPHISTICATED ERGATIC SYSTEMS

Zoya Hubenova¹, Vladimir Gergov²
zhubenova@space.bas.bg, vladigergov@abv.bg

¹**Space Research and Technology Institute - Bulgarian Academy of Sci**
²**Todor Kableskov University of Transport**
BULGARIA

Key words: *human factor, kompozitsioner, proftestirane, simulator, ergatichna system, deavtomatizatsiya*

Abstract: *The article is devoted to finding a solution to the problems, associated with “the human factor”, current for the sophisticated control systems. The need of creation of a complex simulative model, reflecting the operator’s behavior in automatic control systems is grounded. Such a model allows to be created appropriate working scenarios of the operator, as well as an opportunity for optimization, according to minimum criterion, of the inadequate actions of the operator at a fault. Methodology for human factor analysis by evaluating of effectiveness of operator’s activity, based on a system model, in which are differentiated the sensory, cognitive and motor level of operator’s functions has been proposed.*