

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА АВИАЦИОННОЙ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВО ВНЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЯХ

Представлена четырехуровневая графоаналитическая модель принятия решения человеком-оператором авиационной эргатической системы с учетом влияния профессиональных (уровня знаний, навыков, умений, стажа работы, интуиции) и непрофессиональных (психофизиологических, индивидуально-психологических, социально-психологических) факторов. Предложенная модель позволит своевременно диагностировать и прогнозировать возможные действия человека-оператора в ожидаемых и неожиданных условиях эксплуатации воздушного судна.

Ключевые слова: человек-оператор, формализация, графоаналитическая модель, восприятие информации, идентификация ситуации, принятие решения, действие, эргатическая устойчивость.

Введение

Известно, что человек является наиболее уязвимым звеном в любой технологической цепочке. А для авиации проблема человеческого фактора (ЧФ) стоит острее, чем для большинства опасных для жизнедеятельности отраслей, в силу жесточайших требований, предъявляемых к оператору, высокой скорости происходящих в авиационной эргатической системе (АЭС) процессов, их потенциальной опасности для жизни и здоровья людей.

Ошибки человека-оператора (Ч-О) являются причиной 82% тяжелых авиационных происшествий (АП), из которых 33% составляют осознанные нарушения членами экипажей летных законов, правил и инструкций [1]. Причины ошибок Ч-О АЭС могут быть связаны с конструктивными недостатками оборудования или с неадекватностью процедур, а также с погрешностями в подготовке или в инструктаже перед началом эксплуатации [2]. Но каковы бы ни были конкретные причины, главным фактором является человеческая деятельность, поведение и пределы возможностей человека.

Поведенческую деятельность Ч-О во внештатных ситуациях необходимо моделировать с учетом условий эксплуатации воздушного судна (ВС) – ожидаемых (когда действия Ч-О регламентированы нормативными документами) и неожиданных (при отсутствии четких инструкций по парированию внештатных ситуаций). Своевременное диагностирование и прогнозирование возможных действий Ч-О, особенно в неожиданных условиях эксплуатации воздушного судна (ВС), которые возникают в 20% случаев [1], является актуальной проблемой для

обеспечения безопасности полетов.

Проведенный анализ литературных источников показал, что при решении вопросов безопасности полетов основное внимание уделялось повышению уровня профессиональной подготовки Ч-О [3], приведению в соответствие возможностей и ограничений Ч-О с техническими характеристиками ВС и АЭС [4].

Одним из путей усовершенствования информационного обеспечения Ч-О в условиях жесткого лимита времени на принятие решения (ПР) и его напряженного психофизиологического состояния является использование систем поддержки принятия решений [5]. С помощью компьютерных систем информационной поддержки Ч-О имеет возможность использовать данные, знания, объективные и субъективные модели для анализа и решения плохо структурированных и неструктурированных проблем [6]. Однако, помимо профессиональной подготовки Ч-О, эргономических особенностей АЭС и информационного обеспечения Ч-О, на профессиональную деятельность Ч-О значительное влияние оказывают так называемые непрофессиональные факторы [7].

В статье представлена графоаналитическая модель ПР Ч-О АЭС в ожидаемых и неожиданных условиях эксплуатации ВС с учетом влияния профессиональных и непрофессиональных факторов.

1. Формализация первого уровня графоаналитической модели ПР Ч-О

Модель ситуации M_c и модель процесса ПР Ч-О $M_{ПР}$ представляются в виде ориентированного графа \bar{G} (рис. 1).

Проведем поуровневую формализацию графоаналитической модели ПР Ч-О.

Первый уровень (восприятие информации) можно описать множеством (1):

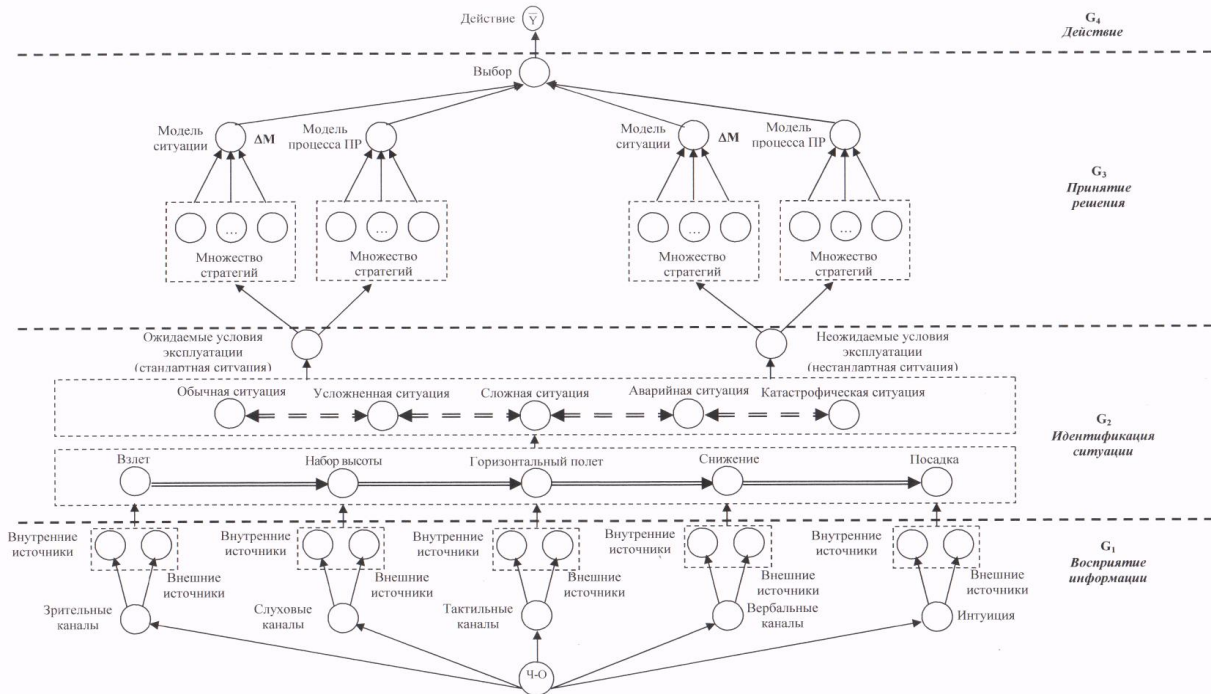


Рис. 1. Графоаналитическая модель ПР Ч-О \bar{G}

$$\bar{G}_i^I = \left\{ \bar{G}_s^I, \bar{G}_e^I, \bar{G}_h^I, \bar{G}_v^I, \bar{G}_i^I \right\}, \quad (1)$$

где \bar{G}_s^I - зрительный канал;
 \bar{G}_e^I - слуховой канал;
 \bar{G}_h^I - тактильный канал;
 \bar{G}_v^I - вербальный канал;
 \bar{G}_i^I - интуиция.

При этом \bar{G}_i^I является N-мерным бинарным вектором (2):

$$\bar{G}_i^I = \begin{cases} 1, & \text{если } \bar{G}_i^I \in \bar{Z}_i^I \\ 0, & \text{если } \bar{G}_i^I \notin \bar{Z}_i^I \end{cases}, \quad (2)$$

где \bar{Z}_i^I - множество полученных сигналов (через зрительный, слуховой, тактильный, вербальный каналы, а также интуитивно) на уровне восприятия информации.

2. Формализация второго уровня

графоаналитической модели ПР Ч-О

Второй уровень (идентификация ситуации) можно представить в виде множества (3):

$$\bar{G}_i^II = \left\{ \bar{G}_{pj}^II, \bar{G}_{sk}^II, \bar{G}_{cr}^II \right\}, \quad (3)$$

где \bar{G}_{pj}^II - подмножество этапов функционирования сложного объекта управления (этапов полета ВС):

\bar{G}_{p1}^II - взлет;
 \bar{G}_{p2}^II - набор высоты;
 \bar{G}_{p3}^II - горизонтальный полет;
 \bar{G}_{p4}^II - снижение;
 \bar{G}_{p5}^II - посадка.

При этом вектор \bar{G}_{pj}^II зависит от параметров полета и может быть описан функцией (4):

$$\bar{G}_{pj}^II = F(\psi, H, V, V_y, \beta, \gamma, \vartheta), \quad (4)$$

где ψ - курс ВС;
 H - высота полета ВС;
 V - горизонтальная скорость полета ВС;
 V_y - вертикальная скорость полета ВС;
 β - скольжение ВС;
 γ - крен ВС;
 ν - тангаж ВС.

\bar{G}_{sk}^{Π} - подмножество развития полетной ситуации на каждом этапе функционирования объекта управления (ВС):

\bar{G}_{s1}^{Π} - нормальная ситуация;
 \bar{G}_{s2}^{Π} - усложненная ситуация;
 \bar{G}_{s3}^{Π} - сложная ситуация;
 \bar{G}_{s4}^{Π} - аварийная ситуация;
 \bar{G}_{s5}^{Π} - катастрофическая ситуация.
 \bar{G}_{cr}^{Π} - подмножество условий эксплуатации

объекта управления (ВС):

\bar{G}_{c1}^{Π} - ожидаемые условия эксплуатации ВС;
 \bar{G}_{c2}^{Π} - неожиданные условия эксплуатации ВС.

3. Формализация третьего уровня графоаналитической модели ПР Ч-О

Третий уровень (принятие решения Ч-О) описывается множеством (5):

$$\bar{G}_i^{\Pi} = \left\{ \bar{G}_{M_c}^{\Pi}, \bar{G}_{M_{ПР}}^{\Pi} \right\}, \quad (5)$$

где $\bar{G}_{M_c}^{\Pi}$ - подмножество стратегий развития ситуации;

$\bar{G}_{M_{ПР}}^{\Pi}$ - подмножество стратегий принятия решений.

Формализация третьего уровня графоаналитической модели ПР Ч-О представлена функциональной схемой системы управления (рис. 2).

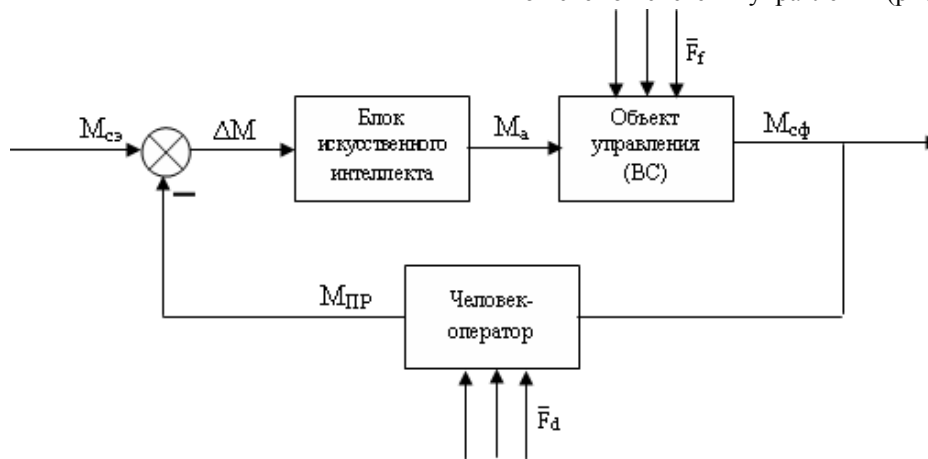


Рис. 2. Функциональная схема системы „Человек-оператор – ВС”, где M_{c3} , M_{cf} – эталонная и фактическая модели ситуации; $M_{ПР}$ – модель процесса принятия решения Ч-О; ΔM – рассогласование эталонной моделью ситуации M_{c3} и моделью процесса принятия решения Ч-О $M_{ПР}$, $\Delta M = |M_{c3} - M_{ПР}|$; M_a - множество альтернативных решений; \bar{F}_d – факторы профессиональной и непрофессиональной деятельности Ч-О; \bar{F}_f – внешние воздействия

В любой системе управления, кроме ранее рассмотренных информационных потоков, можно выделить управляемые и управляющие элементы. Управляемым элементом выступает объект управления (ВС, потоки ВС, организационная структура системы УВД), управляющими элементами при этом являются пилот, диспетчер, лицо, принимающее организационно-структурное решение [8].

Система управления отличается от любой другой наличием цели управления и обратной связи. Эргатическая устойчивость системы заключается в способности выполнять установленный минимальный объем своих функций при отказах в информа-

ционной, вычислительной, энергетической и биологической частях системы, а также влиянии внешней среды. Эргатическая устойчивость сложной человеко-машинной системы, как ее особенность, дополняет свойства надежности, отказоустойчивости и живучести [9].

Цель управления в системе управления определяется стратегиями развития ситуации, в случае системы управления воздушным движением - в виде программы полета для отдельных ВС (потоков ВС), выдерживания характеристик потоков ВС в определенных соотношениях с другими характеристиками системы УВД [8].

Выработка эффективных управляющих команд и сигналов M_a происходит в блоке искусственного интеллекта на основании информации $M_{\text{ПР}}$ об анализе Ч-О параметров отклонений действительных состояний объекта управления $M_{\text{сф}}$ от заданных состояний $M_{\text{сэ}}$: $\Delta M = |M_{\text{сэ}} - M_{\text{ПР}}|$. Концептуальные основы обеспечения эргатической устойчивости системы включают понятия устойчивости и стратегии ее обеспечения, критерии, границы, области и запасы устойчивости [9].

4. Формализация четвертого уровня графоаналитической модели ПР Ч-О

Четвертый уровень графоаналитической модели ПР Ч-О (действие Ч-О) \bar{G}_i^{IV} состоит в выборе оптимального действия управляющего элемента (Ч-О) и может быть представлен функцией (6):

$$\bar{Y} = F(\bar{G}_i^{\text{I}}, \bar{G}_i^{\text{II}}, \bar{G}_i^{\text{III}}, \bar{G}_i^{\text{IV}}) = \left| \bar{Y}_c - \bar{Y}_{\text{ПР}} \right| \rightarrow \min, \quad i = \bar{1}, \bar{m} \quad (6)$$

где $\bar{Y}_c = F(\bar{G})$ - эталонные действия Ч-О, представленные графоаналитической моделью ПР Ч-О \bar{G} ;

$\bar{Y}_{\text{ПР}} = F(\bar{G}, \bar{G}_0)$ - вектор действия Ч-О с учетом влияния профессиональных и непрофессиональных факторов, представленных подграфом ограничений \bar{G}_0 .

Подграф \bar{G}_0 факторов, влияющих на ПР Ч-О в графоаналитической модели ПР \bar{G} , представлен на рис. 3.

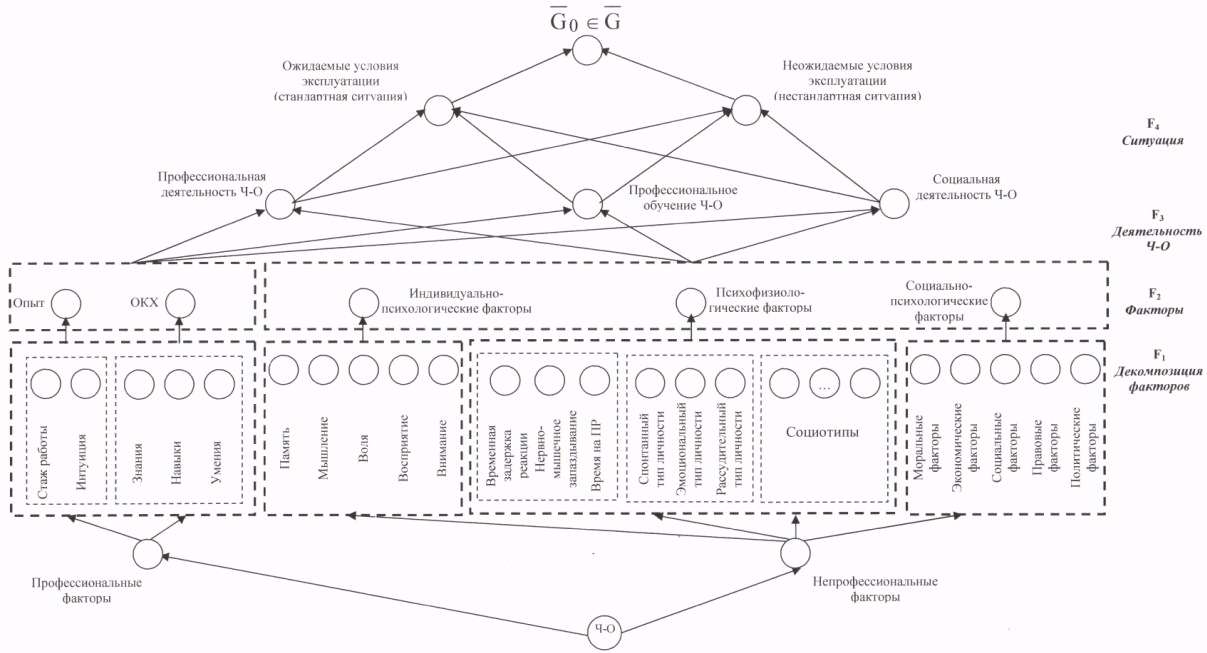


Рис. 3. Подграф \bar{G}_0 факторов, влияющих на ПР Ч-О в графоаналитической модели ПР \bar{G}

Вектор действия оператора \bar{Y} является объединением множеств, полученных с помощью графоаналитических моделей \bar{G} , \bar{G}_0 в ожидаемых \bar{G}_{c1} (неожидаемых \bar{G}_{c2}) условиях эксплуатации ВС:

$$\begin{aligned} \bar{Y}(\bar{G} \cup \bar{G}_0) &= \bar{Y}(\bar{G}(\bar{G}_{c1} \vee \bar{G}_{c2}) \cup \\ &\cup \bar{G}_0(\bar{F})) = \\ &= Y(\bar{G}(\bar{G}_{c1} \vee \bar{G}_{c2}) \cup \\ &\cup \bar{G}_0(\bar{F}(\bar{F}_{ip} \wedge \bar{F}_{sp} \wedge \bar{F}_{pf}))); \end{aligned} \quad (7)$$

Для определения влияния непрофессиональных факторов различной природы на ПР разработан метод объединения неоднородных факторов, который с помощью торетико-множественного подхода позволяет учитывать иерархичность, разнородность, динамическую нестабильность факторов [8].

Заключение

В результате проведенной декомпозиции АЭС получена модель развития полетной ситуации с учетом индивидуальных качеств Ч-О. С позиций системного подхода определены факторы, влияющие на ПР Ч-О: факторы профессионального (уровень знаний, навыков, умений, стаж работы, интуиция) и

непрофессионального (психофизиологические, индивидуально-психологические, социально-психологические факторы) характера и исследовано влияние факторов непрофессионального характера на профессиональную деятельность Ч-О [7], что позволило получить сведения о таких структурных составляющих личности авиаспециалиста, как мотивы поведения, ценности и приоритеты, иерархию и развитие этих динамических категорий на всех этапах ПР Ч-О: восприятия информации, идентификации ситуации, принятия решения, действия. Применение робастного подхода (методов анализа и синтеза систем управления при наличии неопределенности) [10] позволит произвести комплексный учет влияния факторов профессионального и непрофессионального характера на процесс принятия решений Ч-О АЭС в ожидаемых и неожиданных условиях эксплуатации ВС.

Литература

1. Лейченко С. Д. Человеческий фактор в авиации: [монография] / А. В. Мальшевский, Н.Ф. Михайлик. – Кировоград: ИМЕКС, 2006. – 512 с.
2. Швец В. А. Анализ состояния аварийности гражданских воздушных судов Украины за период 1998–2007 гг. / В. А. Швец, О. Н. Алексеев. – К.: Госавиаадминистрация, 2008. – 83 с.
3. Макаров Р. Н. Психологические основы методики летного обучения / Н. А. Нидзий, Ж. К. Шишкин. – М.: МАПЧАК, 2000. – 534 с.

4. Эргономика [сборник материалов по человеческому фактору № 6 / circ. 238-AN/143]. – Канада, Монреаль: ICAO, 1992. – 467 с.

5. Интелектуальні системи підтримки прийняття рішень: навч. пос. / Б. М. Герасимов, В. М. Локазюк, О. Г. Оксіюк., О. В. Поморова. – К.: Вид-во Європейського університету, 2007. – 335 с.

6. Трахтенгерц Э. А. Компьютерная поддержка принятия решений / Э. А. Трахтенгерц. – М.: СИНТЕГ, 1998. – 376 с.

7. Харченко В.П. Прийняття рішень оператором аеронавігаційної системи: монографія / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда. – Кіровоград: КЛА НАУ, 2012. – 292 с.

8. Управление воздушным движением: учеб. для сред. спец. учеб. заведений / [Ю. П. Дарымов, Г. А. Крыжановский, В. М. Затонский и др.]; под ред. Ю. П. Дарымова. – М.: Транспорт, 1989. – 327 с.

9. Машков О. А. Концептуальні основи забезпечення функціональної стійкості складних систем керування / О. А. Машков, С. П. Кондратенко, Л. М. Усаченко // Интелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту: міжнар. наук. конф., Єваторія, 19-23 травня 2008 р.: тези доп. – Херсон: Херсонський національний технічний університет, 2008. – С. 127-133.

10. Поляк Б. Т., Щербakov П. С. Робастная устойчивость и управление / Б. Т. Поляк, П. С. Щербakov. – М.: Наука, 2002. – 303 с.

FORMALIZATION OF THE AVIATION MAN-MACHINE SYSTEM'S OPERATOR ACTIVITY IN EMERGENCY SITUATIONS

T.F. Shmelova, Y.V. Sikirda

A four-level graph-analytic model of decisions making by the aviation man-machine system's operator with the influence of professional (level of knowledge, skills, abilities, work experience, intuition) and non-professional (psychophysiological, individual-psychological, social-psychological) factors are submitted. The proposed model will allow to diagnose in time and to predict possible actions of the man-operator in expected and unexpected conditions of aircraft operation.

Key words: man-operator, formalization, graph-analytic model, perception of information, identification of situation, decision making, action, man-machine stability.

Шмелева Татьяна Федоровна – докт. техн. наук, доцент, профессор кафедры аэронавигационных систем Национального авиационного университета, г.Киев, Украина, e-mail: Shmelova@ukr.net

Сикирда Юлия Владимировна – канд. техн. наук, доцент, заместитель декана факультета менеджмента Государственной летной академии Украины, Кировоград, Украина, e-mail: SikirdaYuliya@yandex.ru.

Джафарзаде Тугрул Рауфович, к.т.н. национальная Академия авиации Азербайджана, Баку, инструктор летного тренажера, Captjafarzade@gmail.com