

УДК 629.7.07

Т.Ф. ШМЕЛЕВА, Ю.В. СИКИРДА

*Государственная летная академия Украины, Кировоград***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

Хорошо 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 42% составляют осознанные нарушения Ч-О [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 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.

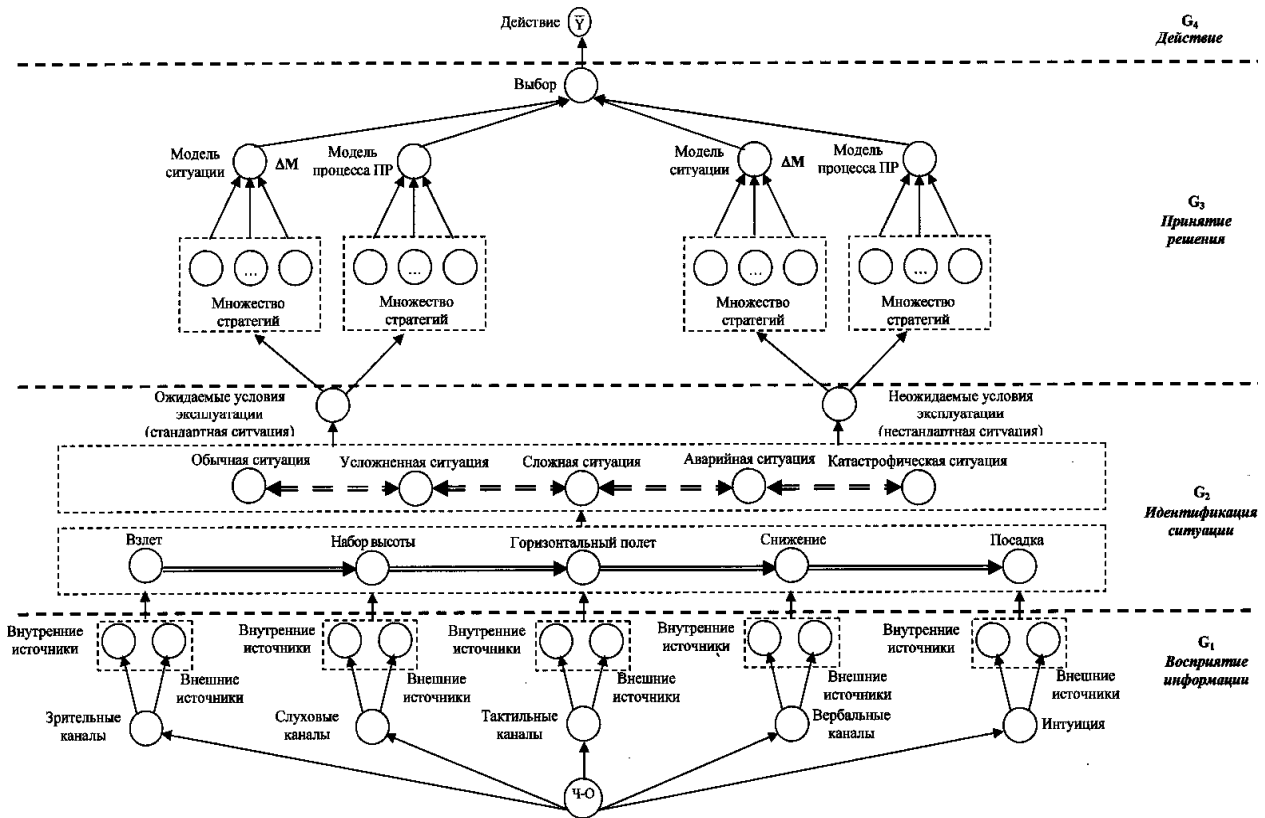


Рис. 1. Графоаналитическая модель ПР Ч-О \bar{G}

Первый уровень (восприятие информации)

можно описать множеством:

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

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:

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

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:

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

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:

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

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; ϑ – тангаж ВС.

\bar{G}_{sk}^{II} – подмножество развития полетной ситуации на каждом этапе функционирования объекта управления (ВС): \bar{G}_{s1}^{II} – нормальная ситуация; \bar{G}_{s2}^{II} – усложненная ситуация; \bar{G}_{s3}^{II} – сложная ситуация; \bar{G}_{s4}^{II} – аварийная ситуация; \bar{G}_{s5}^{II} – катастрофическая ситуация; \bar{G}_{cr}^{II} – подмножество условий эксплуатации объекта управления (ВС); \bar{G}_{c1}^{II} – ожидаемые условия эксплуатации ВС; \bar{G}_{c2}^{II} – неожиданные условия эксплуатации ВС.

3. Формализация третьего уровня графоаналитической модели ПР Ч-О

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

$$\bar{G}_i^{\text{III}} = \left\{ \bar{G}_{M_c}^{\text{III}}, \bar{G}_{M_{\text{I Д}}}^{\text{III}} \right\}, \quad (5)$$

где $\bar{G}_{M_c}^{\text{III}}$ - подмножество стратегий развития ситуации; $\bar{G}_{M_{\text{I Д}}}^{\text{III}}$ - подмножество стратегий принятия решений.

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

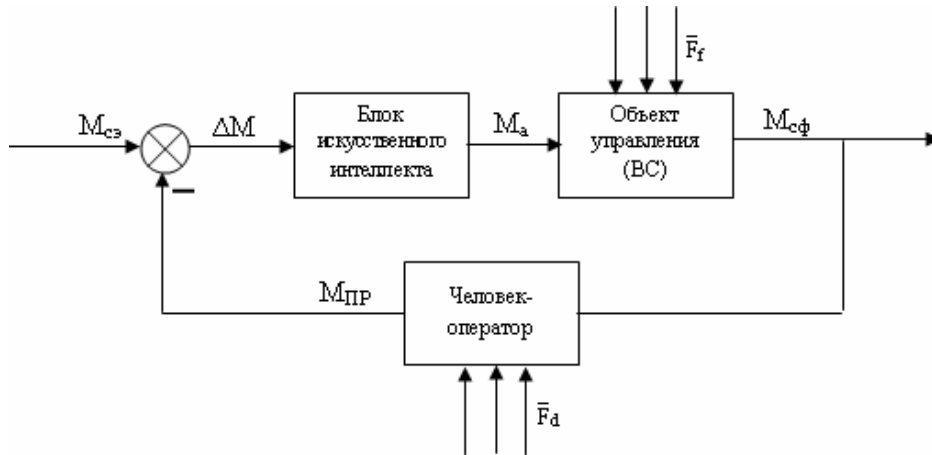


Рис. 2. Функциональная схема системы „Человек-оператор – ВС”, где M_{c3} , $M_{c\phi}$ – эталонная и фактическая модели ситуации; $M_{\text{I Д}}$ – модель процесса принятия решения Ч-О; ΔM – рассогласование эталонной моделью ситуации M_{c3} и моделью процесса принятия решения Ч-О $M_{\text{I Д}}$, $\Delta M = |M_{c3} - M_{\text{I Д}}|$; 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 информационной, 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 опреде-

ленных соотношениях с другими характеристиками системы УВД [8].

Выработка эффективных управляющих команд и сигналов M_a происходит в блоке искусственного интеллекта на основании информации $M_{\text{I Д}}$ об анализе Ч-О параметров отклонений действительных состояний объекта управления $M_{c\phi}$ от заданных состояний M_{c3} : $\Delta M = |M_{c3} - M_{\text{I Д}}|$. 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):

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

где $\bar{Y}_c = F(\bar{G})$ - эталонные действия Ч-О, представленные графоаналитической моделью ПР Ч-О \bar{G} ; $\bar{Y}_{ID} = F(\bar{G}, \bar{G}_0)$ - действия Ч-О с учетом влияния профессиональных и непрофессиональных факто-

ров, 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.

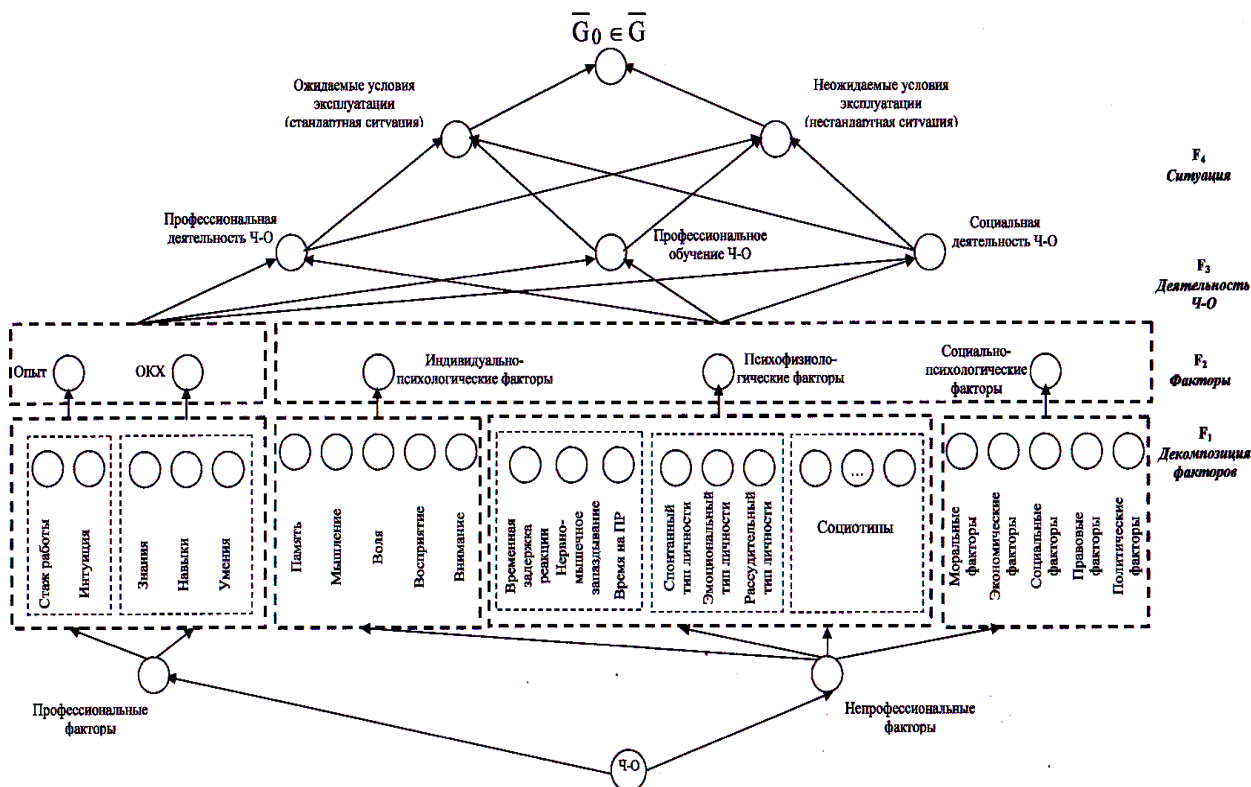


Рис. 3. Подграф \bar{G}_0 факторов, влияющих на ПР Ч-О в графоаналитической модели ПР \bar{G}

Заклучение

В результате проведенной декомпозиции АЭС получена модель развития полетной ситуации с учетом индивидуальных качеств лица, принимающего решения. 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 (социально-психологических) на профессиональную деятельность Ч-О [7], что позволило получить сведения о таких структурных составляющих личности авиа-специалиста, 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. Определены запасы эргатической устойчивости при отклонении эмоционального

типа психической деятельности Ч-О от оптимального [7].

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: моногр. / 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 / Р.Н. Макаров, Н.А. Нидзий, Ж. К. Шишкин. – М.: МАПЧАК, 2000. – 534 с.

4. Эргономика: сб. материалов по человеческому фактору № 6 / сірс. 238-AN/143. – Канада, Монреаль: ІСАО, 1992. – 467 с.

5. Інтелектуальні 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. Шмельова Т.Ф. Моделирование процесса принятия решений человеком-оператором авиационной эргатической системы с учетом влияния психофизиологических та суспільно-психологічних факторів / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Наукові праці академії: зб. наук. пр. – Кіровоград: ДЛАУ, 2007. – Вип. XII. – С. 342-355.

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

9. Машиков О.А. Концептуальные основы обеспечения функциональной стойкости сложных систем керування / О.А. Машиков, С.П. Кондратенко, Л.М. Усаченко // Інтелектуальні 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. Робастная устойчивость и управление / Б.Т. Поляк, П.С. Щербаков. – М.: Наука, 2002. – 303 с.

Поступила в редакцию 8.01.2010

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф., зав. кафедры В. Ф. Гамалий, Кировоградский государственный технический университет, Кировоград.

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА АВІАЦІЙНОЇ ЕРГАТИЧНОЇ СИСТЕМИ В ПОЗАШТАТНИХ СИТУАЦІЯХ

Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда

Представлена чотирьохрівнева графоаналітична модель прийняття рішення людиною-оператором авіаційної ергатичної системи з урахуванням впливу професійних (рівня знань, навичок, умінь, стажу роботи, інтуїції) і непрофесійних (психофізіологічних, індивідуально-психологічних, соціально-психологічних) факторів. Запропонована модель дозволить своєчасно діагностувати й прогнозувати можливі дії людини-оператора в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації повітряного судна.

Ключові слова: людина-оператор, графоаналітична модель, формалізація, сприйняття інформації, ідентифікація ситуації, прийняття рішення, дія, ергатична стійкість.

FORMALIZATION OF THE AVIATION HUMAN-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 human-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, human-machine stability.

Шмелева Татьяна Федоровна – канд. техн. наук, доцент, заступитель директора научно-производственного института аэронавигации Государственной летной академии Украины, Кировоград, Украина, e-mail: Shmelova@ukr.net.

Сікірда Юлія Володимирівна – канд. техн. наук, доцент, заступитель декана факультета менеджмента Государственной летной академии Украины, Кировоград, Украина, e-mail: SikirdaYuliya@yandex.ru.