

Д. Н. Левин, канд. техн. наук, доц., d.n.levin@mail.ru,

Московский авиационный институт, г. Москва,

А. В. Пономаренко, д-р техн. наук, зам. главного конструктора, pon299@inbox.ru,

Ю. П. Цигин, канд. техн. наук, главный специалист, cigin@mail.ru,

Российская самолетостроительная корпорация "МиГ", г. Москва

Автоматизация процессов эргономической экспертизы информационно-управляющего поля кабины перспективного самолета

Рассматриваются вопросы автоматизации процедуры эргономической экспертизы информационно-управляющего поля (ИУП) я кабины перспективного самолета с применением технологий искусственного интеллекта. Сбалансированное сочетание алгоритмов управления самолетом, его комплексом оборудования и вооружением, а также технологий искусственного интеллекта обеспечивает информационную поддержку экипажа самолета. Отмечается актуальность эргономической оценки ИУП кабины на всех стадиях проектирования и эксплуатации самолета.

Описываются особенности эргономической экспертизы ИУП кабины, цели и задачи экспертизы, а также методики проведения экспертизы. Задачами эргономической экспертизы являются контроль и оценка полноты и правильности реализации эргономических требований к проектируемому самолету и обоснование возможных путей совершенствования эргономических характеристик самолета. Проведение эргономической экспертизы является сложной проблемой, включающей системотехнические, эргономические и конструкторские вопросы, в числе которых важное место занимают вопросы выбора структуры ИУП кабины самолета.

Рассматриваются элементы технологии проведения эргономической экспертизы. Перечисляются задачи системы автоматизированной эргономической экспертизы: оценка человеко-машинного взаимодействия, оценка качества информационного обеспечения, регистрация и оценка показателей эргономики кабины (обзор и досягаемость), регистрация и оценка функционального состояния оператора, формализация параметров и формирование интегральной оценки. Система автоматизации эргономической экспертизы объединяет в единый комплекс информационные, технические и программные средства. Отличительной чертой эргономической экспертизы ИУП является априорная неопределенность исходных данных. Модели алгебры нечетких множеств позволяют формализовать процесс принятия решений при проведении эргономической экспертизы.

Обсуждаются вопросы разработки технологии автоматизированной оценки с использованием интегральных показателей, рассматриваются задачи, структура, принципы построения программно-аппаратных средств.

Описывается интегральная эргономическая оценка ИУП кабины методом аналитической иерархии (Analytic Hierarchy Process, АНР). АНР как метод оценки многокритериальных альтернатив достаточно известен и предполагает использование линейной функции полезности. Применение метода осуществляется в несколько этапов: структуризация задачи в виде иерархической структуры, попарное сравнение элементов каждого уровня, вычисление коэффициентов важности для элементов каждого уровня. Отмечается применимость метода в случаях, когда затруднена выдача абсолютных оценок альтернатив по заданным критериям.

Ключевые слова: кабина экипажа, информационно-управляющее поле, рабочее место летчика, эргономическая экспертиза, эргономические требования, эргономические показатели, интегральная оценка

Введение

На современном этапе развития авиационной техники проблема информационного обеспечения экипажа в процессе выполнения полета по-прежнему остается актуальной, особенно в связи с широким внедрением нового поколения бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) летательных аппаратов (ЛА) [1, 15].

Информационно-управляющая среда БРЭО отвечает принципам:

- аппаратно-функциональной интеграции бортовых цифровых вычислительных систем (БЦВС) и информационных комплексов;
- модульности построения БЦВС на основе единой сети с распределенными ресурсами и высокоскоростными шинами обмена;
- открытости архитектуры;
- унификации аппаратно-программных средств с возможностью адаптации к многофункциональным задачам.

Современные БРЭО с развитой БЦВС общего и специального назначения обеспечивают обработку и обмен данных в каналах [2]:

- систем отображения информации, включая многофункциональные индикаторы (МФИ), коллиматорный индикатор, с предъявлением информации с заданной степенью интеграции в различном виде (графическом, цифровом, буквенном), цвете, временном темпе;
- систем полетного и предполетного контроля БРЭО;
- управления режимом полета с помощью обычных и специальных органов управления (многофункциональных пультов, скомплексированных с аппаратурой БРЭО в технологии HOTAS).

Известно, что по своей структуре, содержанию и форме информационная модель должна соответствовать режиму полета и психофизиологическим возможностям человека [3].

Несмотря на то, что эти требования давно общеизвестны, информационно-управляющее поле (ИУП) кабины современных самолетов с очень сложным БРЭО не соответствуют психофизиологическим возможностям человека по ряду принципиальных моментов [17]:

- остается возможность отказа аппаратных средств БРЭО с последующей потерей экипажем большого количества полетной информации;
- высокий уровень автоматизации приводит к снижению рабочей нагрузки, развитию монотонии экипажа;
- большой объем и абстрактность индуцируемых данных вызывают трудности запоминания и декодирования информации;
- с появлением в составе БРЭО автоматизированных органов управления ИУП возникает традиционный вопрос распределения функций между экипажем и автоматикой.

В последнее время в РФ и США декларируется использование бортовых экспертных систем полета, обеспечивающих анализ текущей информации и выработку инструкций/рекомендаций летчику о целесообразных действиях для случая полностью работоспособного экипажа и ЛА [18].

Сбалансированное сочетание обычных алгоритмов управления и технологии распределенного искусственного интеллекта должно обеспечить информационную поддержку экипажей ЛА в штатных и, особенно, в нештат-

ных ситуациях. Нештатные ситуации могут возникать в силу разных причин:

- сложившиеся боевые условия значительно отличаются от заданных в полетном задании;
- непредвиденная угроза (внешняя, внутренняя) заставляет экипаж пересмотреть первоначальную задачу;
- в результате отказа подсистем БРЭО необходимо внести изменения в боевую задачу;
- летчик перегружен некоррелированными или противоречивыми данными и испытывает информационный стресс.

В этом контексте ретроспективные данные говорят о существенном возрастании числа работ, направленных на теоретическое обоснование принципов рационального взаимодействия экипажа ЛА с ИУП в условиях быстроменяющейся обстановки.

Таким образом, для сложных антропоцентрических объектов задача эргономической оценки ИУП кабин остается актуальной на всех стадиях проектирования и эксплуатации ЛА.

Постановка задачи автоматизации эргономической экспертизы ИУП

В системе эргономического обеспечения создаваемых образцов авиационной техники особое место занимает эргономическая экспертиза (ЭЭ). Она представляет собой комплекс научно-технических и организационно-методических мероприятий по оценке степени соответствия эргономических характеристик ИУП кабин ЛА эргономическим требованиям.

Целью ЭЭ является повышение качества и эффективности образцов авиационной техники путем контроля реализации эргономических требований, основанных на рациональном учете характеристик оператора, технических средств деятельности и факторов среды.

Типовая программа ЭЭ — это организационно-методический документ, разработанный для оценки ИУП кабин ЛА и устанавливающий в обобщенном виде цели испытаний, виды и перечень проводимых проверок и их последовательность, условия проведения испытаний и отчетность по ним.

Эргономической экспертизе подвергается кабина экипажа для выбора групп эргономических требований.

Основными задачами ЭЭ являются:

- контроль и оценка полноты и правильности реализации эргономических требований,

заданных в нормативной документации по эргономике и установленных в тактико-техническом задании на образец;

- обоснование возможных путей совершенствования эргономических характеристик образца.

В процессе ЭЭ кабины экипажа, в том числе, оценивают:

- распределение функций между экипажем и техническими средствами автоматизации;
- состав и параметры информационных моделей;
- алгоритмы деятельности экипажа.

Формализация различных эргономических показателей позволяет перейти к получению интегральной эргономической оценки [14, 15, 20].

Таким образом, проведение ЭЭ является сложной проблемой, включающей ряд системно-технических, эргономических, конструкторских вопросов, среди которых важное место занимают вопросы выбора структуры ИУП кабины.

Методика ЭЭ ИУП строится на положениях системного анализа, психологической теории предметной деятельности, которые требуют воспроизведения основных внешних условий деятельности, а именно ее составляющих: мотива, цели, концептуальной модели и информационной среды.

В методиках ЭЭ устанавливают:

- порядок оценки представленных вариантов;
- процедуры проведения измерений, контроля количественных эргономических характеристик и оценки достоверности результатов контроля;
- порядок принятия решений по результатам ЭЭ (ключевой момент методики ЭЭ ИУП).

Существующие методики ЭЭ ИУП имеют очевидные недостатки:

- ЭЭ ИУП охватывает не все этапы жизненного цикла создаваемого образца;
- этапы ЭЭ ИУП методологически, информационно, инструментально слабо взаимосвязаны;
- отсутствует автоматизация ЭЭ ИУП (особенно на ранних стадиях);
- отсутствуют формализованные методы принятия решений по результатам ЭЭ.

Процесс принятия решения не является одномоментным актом [4, 5]. Обычно в нем выделяют три этапа: поиск информации, построение множества вариантов и выбор лучшего варианта. Из трех этапов наибольшее внимание традиционно уделяется последнему этапу. При-

знавая важность поиска информации и формирования вариантов, отметим, что эти этапы чаще всего не формализованы.

С одной стороны, достоверность и полнота информации определяют число вариантов. С другой стороны, выделение малого числа вариантов из неопределенного числа возможных на втором этапе требует всестороннего анализа данных в виде итеративного процесса. Тогда, как следствие, на третьем этапе возможно формальное сравнение лишь малого числа вариантов, сформулированных в явном виде.

Такое представление о процессе принятия решений в процедуре ЭЭ определяет необходимость разработки системы (технологии) поддержки принятия решений в многокритериальной задаче оценки ИУП.

Создание и внедрение новой технологии может значительно повысить эффективность принимаемых решений.

Методы разработки технологии автоматизированной ЭЭ ИУП

Система автоматизированной ЭЭ ИУП кабины самолета предназначена для выполнения следующих задач:

- оценки человеко-машинного взаимодействия, качества информационного обеспечения;
- регистрации и оценки показателей эргономического облика кабины (обзор и досягаемость), включая геометрию рабочего места летчика (членов экипажа);
- регистрации и оценки показателей функционального состояния: сердечнососудистой системы, направления взгляда, уровня функциональных резервов;
- получения достоверно обоснованного материала для формирования и выработки инженерно-технических решений по формированию и отработке облика кабины экипажа и логик взаимодействия экипажа с бортовым оборудованием;
- формирования интегральной оценки ИУП в процессе ЭЭ с помощью комплекса программно-аппаратных модулей.

Данная технология материализуется в виде системы автоматизации ЭЭ ИУП, которая объединяет в единый комплекс информационные, программные и технические средства [7, 8]. Рассмотрим основные элементы технологии автоматизированной ЭЭ ИУП.

Отличительная черта ЭЭ ИУП состоит в априорной неопределенности (расплывчатости) исходных данных [9].

Модели алгебры нечетких множеств позволяют в широком смысле формализовать процесс принятия решений в ЭЭ. Процесс ЭЭ в терминологии теории принятия решений можно представить совокупностью

$$\langle X, C, T, G \rangle,$$

где $X = \{x\}$ — множество вариантов ИУП;

$C = \{c\}$ — расплывчатые множества характеристик ИУП;

$T = \{t\}$ — расплывчатые множества требований к ИУП технического характера;

$G = \{g\}$ — расплывчатые множества требований к ИУП эргономического характера.

Расплывчатое множество c определим функцией принадлежности $\mu_c : x \rightarrow [0, 1]$; расплывчатое множество t — функцией принадлежности $\mu_t : x \rightarrow [0, 1]$; расплывчатое множество g — функцией принадлежности $\mu_g : x \rightarrow [0, 1]$.

Если информацию о реальной ситуации, на основе которой сравниваются разные альтернативы, можно задать в форме функций принадлежности нечетким множествам, то получаем задачу нечеткого математического программирования [10] (выбор наилучшей структуры ИУП — построения расплывчатого множества D с функцией принадлежности μ_D):

$$\mu_D = (\mu_c(x), \mu_t(x), \mu_g(x)) \rightarrow \max.$$

Однако подобный способ описания информации возможен не всегда. Возможность формального применения критериев зависит от достоверности, полноты, корректности представленных функциональных зависимостей (в виде функций принадлежности).

В практическом плане для решения задачи многокритериальной оптимизации ее необходимо регуляризовать [11], т.е. трансформировать на основе привлечения дополнительной, внешней информации, по отношению к исходной задаче. Носителем такой информации при решении задач многокритериальной оптимизации является человек или группа людей — лицо, принимающее решение (ЛПР) или эксперты.

ЛПР (эксперты) непосредственно, на основе эвристических соображений выбирают из области компромиссов единственное реше-

ние, или реализуют некоторую многоэтапную процедуру выбора, или формируют некоторые формальные правила выбора [11, 12].

В последнее время для выявления предпочтений ЛПР разрабатываются человеко-машинные (интерактивные, диалоговые) процедуры решения задач многокритериальной оптимизации с использованием современных информационных технологий [13].

Считая, что ЭЭ ИУП является целенаправленным процессом, представим технологию оценки в виде отдельных этапов (уровней).

На начальном этапе P_0 (уровне функциональных спецификаций) определяются требования к ИУП для всех режимов полета, при различных условиях внешней обстановки. Составляются функциональные спецификации, которые детализируются в виде формального описания (эскиза) ИУП. Этот этап носит в основном аналитический характер.

На следующем (инфологическом) уровне (P_1) на основании функциональных спецификаций проводится процедура экспертных оценок информационной модели и человеко-машинного интерфейса при работе с ИУП. На этом этапе решаются вопросы обработки мнений экспертов в среде универсальной ПЭВМ.

Назовем процедурой экспертной оценки пару

$$P_1 = \langle PR, A \rangle,$$

где $PR = \{pr\}$ — множество вопросов, изложенных в анкетах оценки ИУП;

$A = \{a\}$ — множество экспертных оценок, реализующих отношение соответствия между элементами множества PR и формализованным мнением экспертов в диалоговом интерфейсе.

На третьем (концептуальном) уровне ЭЭ (P_2) с использованием макета кабины самолета проводится оценка геометрических, светотехнических характеристик, условий внутрикабинного и внекабинного обзора, досягаемости органов управления ИУП кабины в статическом режиме в операционной среде универсальных вычислительных комплексов. Процедура ЭЭ ИУП на этом уровне идентифицируется тройкой

$$P_2 = \langle GC, M, W \rangle,$$

где $M = \{m\}$ — множество алгоритмов измерений, реализующих отношение соответствия

между элементами множества GC (элементов ИУП) и множеством W результатов обработки данных измерений. Не детализируя характер этих задач, будем предполагать, что их совокупность определяет некоторое отношение, которое определяет порядок измерения элементов ИУП в функции времени

$$w_t : GC_1 \rightarrow GC_2 \rightarrow \dots \rightarrow GC_t \rightarrow \dots GC_m,$$

где m — число процедур измерения элементов ИУП для выбранной методики ЭЭ.

На четвертом уровне ЭЭ (P_3) (уровне эксперимента) проводится оценка алгоритмов, структуры деятельности, загруженности, резервов внимания операторов при работе с ИУП в реальном масштабе времени. В этом случае процедура ЭЭ может быть представлена в виде

$$P_3 = \langle X, U, V \rangle,$$

где $U = \{u\}$ — множество алгоритмов оценки показателей деятельности оператора при взаимодействии с ИУП;

$V = \{v\}$ — множество психофизиологических показателей (включающих характеристики качества выполнения полетного задания, характеристики функционирования сердечно-сосудистой системы, трекинга взгляда, уровня функциональных резервов, интегральных показателей ЭЭ), реализующих отношение соответствия между элементами множества X (вариантов ИУП) и элементами множества V .

Таким образом, предложенная технология автоматизации ЭЭ охватывает весь процесс ЭЭ ИУП (от формального описания целей и задач до оценки деятельности оператора в реальном времени на стенде моделирования) и связана с тройкой отображений:

$$Z = (Z_1, Z_2, Z_3),$$

где

$$\begin{aligned} Z_1 : P_0 &\rightarrow P_1; \\ Z_2 : P_1 &\rightarrow P_2; \\ Z_3 : P_2 &\rightarrow P_3. \end{aligned}$$

Применение автоматизированной ЭЭ для интегральной оценки вариантов ИУП

Разнообразие диалоговых процедур многокритериальной оптимизации в значительной

степени обусловлено множеством различных видов дополнительной информации от ЛПР.

С практической точки зрения для данной предметной области (многокритериальный выбор на множестве альтернатив-вариантов ИУП) наряду с методами последовательной оптимизации [6] интересен метод аналитической иерархии (*Analytic Hierarchy Process, AHP*) [11, 12, 19]. Данный метод оценки многокритериальных альтернатив достаточно известен и предполагает использование линейной функции полезности. Подход в виде АНР состоит из совокупности этапов.

1. Структуризация задачи в виде иерархической структуры с несколькими уровнями: цели — критерии — альтернативы.

С формальной точки зрения глобальная цель детализирована. Сформулированы n конкурирующих конечных вариантов: $\{S_i\} = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$, и m частных критериев, построено соответствие им в виде множества критериев $\{K_j\} = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$ (не всегда согласованных между собой и противоречивых). Определены шкалы X_i каждого из критериев K_i : построено отображение оценок критериев E_m . Заметим, что при выполнении этих действий нами используется некоторая информация о предпочтениях ЛПР при формировании множества целей и критериев, при построении шкал критериев).

2. Попарное сравнение элементов каждого уровня ЛПР (экспертами).

На последующем шаге решения этой задачи на основе различного рода дополнительной информации о предпочтениях ЛПР (типа "критерий K_i важнее критерия K_j " либо "критерий K_i равноправен с критерием K_j ") на множестве критериев $\{K_j\}$ строится отношение сравнимости критериев по важности S .

В АНР при попарных сравнениях в распоряжение ЛПР (экспертов) дается шкала словесных определений уровня важности, причем каждому уровню ставится в соответствие число (см. таблицу).

Шкала относительной важности

Уровень важности	Количественное значение
Равная важность	1
Умеренное превосходство	3
Существенное или сильное превосходство	5
Значительное (большое) превосходство	7
Очень большое превосходство	9

3. Вычисление коэффициентов важности для элементов каждого уровня. Проверка согласованности суждений ЛПР.

На основе понятия сравнимости критериев по важности выводится правило T , позволяющее по конкретной структуре $\langle S, K \rangle$ установить конкретную структуру отношения предпочтения $R(K, T)$ в пространстве оценок критериев E_m , а затем его сужения R на $X \subset E_m$.

4. Подсчет количественной оценки качества альтернатив. Выбор лучшей альтернативы.

Синтез полученных коэффициентов важности осуществляется по формуле

$$S_i = \sum_{j=1}^N (V_{ji})W_j,$$

где S_i — показатель качества j -го варианта; W_i — вес i -го критерия; V_{ji} — важность j -го варианта по i -му критерию.

Достоинством метода АНР, привлекающим внимание многих специалистов, является направленность на сравнение реальных вариантов.

Отметим, что метод АНР может применяться и в тех случаях, когда эксперты (или ЛПР) не могут дать абсолютные оценки вариантов по критериям, а пользуются более "слабыми" сравнительными измерениями. В практическом плане отмечается:

- простота попарных сравнений, привычность процедуры для ЛПР;
- отсутствие непосредственной оценки вариантов;
- поддержка как количественных, так и качественных параметров;
- проверка согласованности суждений.

Рассмотрим возможность применения метода аналитической иерархии для многокритериального выбора рациональной структуры ИУП кабины ЛА. Структура ИУП может включать несколько рабочих вариантов. Необходимо по результатам данных ЭЭ определить наилучший.

♦ *Множество конкурирующих структур*

$$\{S_j\} = \{S_1, S_2, S_3\},$$

где S_1, S_2, S_3 имеют следующий смысл:

S_1 — структура ИУП в исполнении с двумя МФИ;

S_2 — структура ИУП в исполнении с тремя МФИ;

S_3 — структура ИУП в исполнении с одним МФИ.

♦ *Совокупность частных критериев*

$$\{K_j\} = \{K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8\},$$

где $K_1, \dots, K_8$ имеют следующий смысл:

K_1 — показатель качества выполнения полетного задания;

K_2 — показатель загрузки оператора;

K_3 — обобщенный показатель обзора и досягаемости кабины;

K_4 — обобщенный экспертная оценка информационной модели;

K_5 — обобщенный экспертная оценка человеко-машинного интерфейса;

K_6 — обобщенный психофизиологический показатель;

K_7 — обобщенный показатель резерва внимания;

K_8 — обобщенный показатель маршрута перемещения взгляда.

Дальнейший расчет интегральных оценок по алгоритму, представленному выше, позволяет выбрать наилучший вариант ИУП.

Данный комплекс обеспечивает поддержку принятия решений по всему жизненному циклу ЭЭ.

Заключение

Применением предложенной технологии автоматизированной ЭЭ ИУП достигается методическое, информационное, программное единство по всем жизненным циклам создания ЛА.

Эффективность данного подхода проявляется в существенном снижении материально-временных затрат на создание ИУП за счет:

- автоматизации процесса ЭЭ;
- обеспечения единого организационно-методического руководства ЭЭ;
- оптимизации структурного построения программно-аппаратных средств;
- устранения ошибочных проектных решений на ранних стадиях проектирования.

Список литературы

1. Федосов Е. А., Косьянчук В. В., Сельвесюк Н. И. Интегрированная модульная авионика // Радиоэлектронные технологии. 2015. № 1. С. 66–71.
2. Чуянов Г. А., Косьянчук В. В., Сельвесюк Н. И. Перспективы развития комплексов бортового оборудования на базе интегрированной модульной авионики // Известия ЮФУ. 2013. № 3. С. 55–62.

3. Пономаренко В. А. Практическая психология. М.: Наука, 1995. 287 с.
4. Искусственный интеллект. Кн. 1. Системы общения и экспертные системы: Справочник / Под ред. Э. В. Попова. М.: Радио и связь, 1990. 464 с.
5. Денисов А. А. Современные проблемы системного анализа: Информационные основы. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2005. 295 с.
6. Гриф М. Г., Цой Е. Б. Автоматизация проектирования процессов функционирования человеко-машинных систем на основе метода последовательной оптимизации. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. 264 с.
7. Кукушкин Ю. А., Козловский Э. А., Грудзинский А. В., Пономаренко А. В., Цигин Ю. П. Оценка нервно-эмоционального напряжения оператора в процессе профессиональной подготовки // Безопасность жизнедеятельности. 2007. № 2. С. 2—5.
8. Кукушкин Ю. А., Козловский Э. А., Пономаренко А. В., Цигин Ю. П., Страгнов С. Б. Технология автоматизированного оценивания резервов внимания летчика в процессе подготовки на авиационном тренажере // Мехатроника, автоматизация, управление. 2007. № 2. С. 14—19.
9. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию проблемных решений. М.: Мир, 1976.
10. Рыков А. С., Оразбаев Б. Б. Системный анализ. Задачи и методы принятия решений. Многокритериальный нечеткий выбор. М.: Изд. МИСиС, 1995.
11. Крючковский В. В., Петров Э. Г., Соколова Н. А., Ходаков В. Е. Введение в нормативную теорию принятия решений. Херсон: Гринь Д. С., 2013. 284 с.
12. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений. М.: ЛОГОС, 2002. 392 с.
13. Искусственный интеллект. Кн. 3. Программные и аппаратные средства: Справочник / Под ред. В. Н. Захарова, В. Ф. Хорошевского. М.: Радио и связь, 1990. 368 с.
14. Левин Д. Н. Интегральная оценка кабины экипажа перспективного самолета // Полет. 2017. № 11—12.
15. Левин Д. Н. Проведение интегральной эргономической оценки рабочего места летчика перспективного авиационного комплекса на моделирующих стендах // Труды III Международной конференции "Человеческий фактор в сложных технических системах и средах" (Эрго-2018) (Россия, Санкт-Петербург, 4—7 июля 2018 г.).
16. F-16 A/B Mid-Life Update Production Tape M3 The Pilot, a Guide 2004 by Lockheed Martin Corporation.
17. Wicks M. C., Baldigo W. J. Expert System CFAR: Algorithm Development, Experimental Demonstration, and Transition Airborne Radar Systems // IEEE A&S Systems Magazine / September 2017. P. 40—47.
18. Zheltov S. Yu., Fedunov B. E. Operational Goal-Setting in Anthropocentric objects from the Viewpoint of the Conceptual Model called Etap: I. Structures of Algorithms for the Support of Crew Decision-Making // J. Comput. Syst. Sci. 2015. Vol. 54. No. 3. P. 384—398.
19. Vargas R. V. Using the analytic hierarchy process (ahp) to select and prioritize projects in a portfolio. PMI Global Congress 2010—North America, Washington, Project Management Institute.
20. Levin D. N., Grif M. G. Formalization of Ergonomic Indicators During Research Data-Control Field of the Aircraft Cockpit // 2019 Modern Safety Technologies in Transportation (MOSATT), Kosice, Slovakia. 2019. P. 94—97.

Automation of Ergonomic Expertise of the Information Management and Cockpit Management of a Promising Aircraft

D. N. Levin, d.n.levin@mail.ru,

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russian Federation

A. V. Ponomarenko, pon299@inbox.ru, Y. P. Tsigin, cigin@mail.ru,

Russian Aircraft Corporation "MiG", Moscow, Russian Federation

Corresponding author: Levin D. N., Cand. of Tech. Sc., Associate Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russian Federation, e-mail: vvsl50747@mail.ru

Accepted on March 16, 2020

The article deals with the automation of the ergonomic examination procedure (EE) of the Data-Control Field (DCF) of the cockpit of promising combat aircraft using artificial intelligence technologies. A balanced combination of aircraft control algorithms, its complex of on-board equipment and weapons, as well as artificial intelligence technologies provides information support for the aircraft crew. The relevance of the ergonomic assessment of DCF at all stages of the aircraft designing and operation is noted. The features of the EE of the DCF of cockpit, goals and objectives, as well as methods of examination are described. EE are monitoring and evaluating the completeness and correctness of the implementation of ergonomic requirements for the designed aircraft and substantiating possible ways to improve the ergonomic characteristics of the aircraft. EE includes systemic and design issues, among which the important issues are the choice of DCF structure. EE technology elements are considered. The tasks of the automated EE system are listed: the assessment of human-machine interaction, quality of information support, the registration and assessment of cockpit geometric characteristics (visibility and reach) and operator's functional state, formalization of parameters and the formation of an integral assessment. The system combines information, hardware and software into a single complex. A distinctive feature of the DCF EE is the a priori uncertainty of the source data. Models of the algebra of fuzzy sets allow to formalize the decision-making process during the EE. The integral assessment by the Analytic Hierarchy Process (AHP) method is described. AHP as a method for evaluating multicriteria alternatives is well known. The applicability of the method is noted in cases where the issuance of absolute estimates of alternatives by given criteria is difficult.

Keywords: crew cockpit, information management field, pilot's workplace, ergonomic expertise, ergonomic requirements, ergonomics, integrated assessment

For citation:

Levin D. N., Ponomarenko A. V., Tsigin Y. P. Automation of Ergonomic Expertise of the Information Management and Cockpit Management of a Promising Aircraft, *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*, 2020, vol. 21, no. 8, pp. 489–496.

DOI: 10.17587/mau.21.489-496

References

1. **Fedosov E. A., Kos'yanchuk V. V., Sel'vesyuk N. I.** Integrated Modular Avionics, *Radioelektronnye tekhnologii*, 2015, no. 1, pp. 66–71 (in Russian).
2. **Chuyanov G. A., Kos'yanchuk V. V., Sel'vesyuk N. I.** Prospects of the on-board equipment complex development on the basis of the integrated-bath modular avionics, *Izvestiya YuFU*, 2013, no. 3, pp. 55–62 (in Russian).
3. **Ponomarenko V. A.** Practical psychology, Moscow, Science, 1995, 287 p. (in Russian).
4. **Artificial Intelligence.** Book 1. Communication systems and expert systems: Handbook, ed. by E. V. Popova, Moscow, Radio i Svyaz', 1990, 464 p. (in Russian).
5. **Denisov A. A.** Modern problems of the system analysis: Information bases, St. Petersburg, Publishing house of SPbGTU, 2005, 295 p. (in Russian).
6. **Grif M. G., Tsoy E. B.** Automation of designing processes of functioning of human-machine systems based on the method of sequential optimization, Novosibirsk, Publishing house of NGTU, 2005 (in Russian).
7. **Kukushkin Yu. A., Kozlovskiy E. A., Grudzinskiy A. V., Ponomarenko A. V., Tsigin Yu. P.** Assessment of the nervous and emotional tension of the operator in the process of professional training, *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2007, no. 2, pp. 5–9 (in Russian).
8. **Kukushkin Yu. A., Kozlovskiy E. A., Ponomarenko A. V., Tsigin Yu. P., Stramnov S. B.** Technology of the automated estimation of the pilot's attention reserves in the process of preparation on the aircraft simulator, *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*, 2007, no. 2, pp. 14–19 (in Russian).
9. **Zadeh L.** Concept of linguistic variable and its application to the adoption of problem solutions, Moscow, Mir, 1976 (in Russian).
10. **Rykov A. S., Orazbaev B. B.** System analysis. Tasks and methods of decision making. Multi-criteria fuzzy choice, Moscow, Publishing house of MISiS, 1995 (in Russian).
11. **Kryuchkovskiy V. V., Petrov E. G., Sokolova N. A., Khodakov V. E.** Introduction to the normative theory of decision-making, Kherson, Grin' D. S., 2013, 284 p. (in Russian).
12. **Larichev O. I.** Theory and methods of decision making, Moscow, 2002, 392 p. (in Russian).
13. **Artificial Intelligence, Book 3.** Software and hardware: Handbook, Edited by V. N. Zakharov, V. F. Khoroshevsky, Moscow, Radio i Svyaz', 1990, 368 p. (in Russian).
14. **Levin D. N.** Integral assessment of the cockpit of the prospective aircraft, *Polet*, 2017, no. 11–12 (in Russian).
15. **Levin D. N.** Integral ergonomic evaluation of the pilot's workplace of a promising aviation complex on modeling stands, *Proceedings of the III International Conference "The Human Factor in Complex Technical Systems and Environments" (Ergo-2018)*, Russia, St. Petersburg, July 4–7, 2018 (in Russian).
16. **F-16 A/B Mid-Life Update Production Tape M3 The Pilot,** a Guide 2004 by Lockheed Martin Corporation.
17. **Wicks M. C., Baldigo W. J.** Expert System CFAR: Algorithm Development, Experimental Demonstration, and Transition Airborne Radar Systems. *IEEE&Systems Magazine* / September 2017, pp. 40–47.
18. **Zhel'tov S. Yu., Fedunov B. E.** Operational Goal-Setting in Anthropocentric objects from the Viewpoint of the Conceptual Model called Etap: I. Structures of Algorithms for the Support of Crew Decision-Making, *J. Comput. Syst. Sci.*, 2015, vol. 54, no. 3, pp. 384–398.
19. **Vargas R. V.** Using the analytic hierarchy process (ahp) to select and prioritize projects in a portfolio, *PMI Global Congress 2010—North America*, Washington, Project Management Institute.
20. **Levin D. N., Grif M. G.** Formalization of Ergonomic Indicators During Research Data-Control Field of the Aircraft Cockpit, *2019 Modern Safety Technologies in Transportation (MOSATT)*, Kosice, Slovakia, 2019, pp. 94–97.

Издательство "НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"

107076, Москва, Стромнинский пер., 4

Телефон редакции журнала: (499) 269-5510, (499) 269-5397

Технический редактор *Е. В. Конова*. Корректор *М. Ю. Безменова*.

Сдано в набор 24.05.2020. Подписано в печать 13.07.2020. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 8,86. Заказ МН820. Цена договорная.

Журнал зарегистрирован в Комитете Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-11648 от 21.01.02

Учредитель: Издательство "Новые технологии"

Оригинал-макет ООО "Авансд солюшнз". Отпечатано в ООО "Авансд солюшнз".
119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru