

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР

А.А. Лукаш, Ю.В. Димитриев, А.Г. Житников

МЕТОДЫ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭРГАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Аннотация. Предметом исследования является эргономическое обеспечение разработки систем отображения информации и управления эргатических комплексов, мероприятия и функции сторон «разработчик-заказчик» на различных этапах жизненного цикла образца авиационного эргатического комплекса в интересах максимально полного учета человеческого фактора. Исследования проведены на примере авиационных эргатических комплексов, что обеспечивает максимальную общность полученных результатов, поскольку такие комплексы являются одними из наиболее технически сложных эргатических комплексов, цена ошибочного действия оператора которых наиболее высока. Методология исследования основана на методах адаптивного управления, системного анализа, психологии труда, теории вероятностей, инженерной психологии, теории надежности, психофизиологии. Основным результатом проведенного исследования является систематизация методов эргономического обеспечения разработки систем отображения информации и управления эргатическими системами, являющихся фундаментом обеспечения их эффективной и безопасной эксплуатации. Комплексная реализация таких методов обеспечивает максимально полный учет человеческого фактора для оптимизации взаимодействия оператора эргатической системы с ее техническими компонентами.

Ключевые слова: человеческий фактор, эргатическая система, авиационная эргономика, инженерная психология, управление эргатической системой, проектирование эргатической системы, человеко-машинное взаимодействие, эргономическое проектирование, безопасность полетов, управление рисками безопасности.

Прогнозные исследования позволяют сделать вывод, что основой создания авиационных эргатических комплексов станут научно-технические достижения, обеспечивающие разработку новых высокоэффективных информационных систем, беспилотных и пилотируемых летательных аппаратов, а также расширение потенциальных возможностей с повышением энерговооруженности [1-5]. Эти обстоятельства выдвигают в качестве важнейшего приоритета роль «человеческого фактора», поскольку цена ошибки оператора, включенного в контур управления авиационных эргатических комплексов (АЭК) «экипаж - АЭК - среда» оказывается слишком большой [6-11].

Проектируемые АЭК принципиально отличаются от современных, в том числе, с точки зрения взаимодействия экипажа с техническими средствами, что обусловлено [12-17]:

1. Появлением многофункциональных широкоугольных индикаторов цветной графической прицельно-пилотажной и тактической информации, совмещенной с изображением внешней обстановки, поступающей в реальном масштабе времени от оптиколокационных (ОЛ), радиолокационных (РЛ), телевизионных (ТВ) и тепловизионных (ТПВ) обзорно-прицельных систем.

2. Появление многофункциональных пультов управления (МФПУ), построенных по иерархическому принципу выбора режимов функционирования комплекса, что существенно усложнило деятельность экипажа, особенно в экстремальных условиях.

3. Широкий спектр изображений, поступающих экипажу от ОЛ, РЛ, ТВ, ТПВ и др. для обнаружения и распознавания воздушных и наземных целей.

Все это позволяет утверждать, что эффективность и надежность АЭК существенно опреде-

ляется психофизиологическими возможностями экипажа по обработке внешних и внутренних информационных потоков для принятия решений в реальном масштабе времени направленных на эффективное и безопасное применение АЭК по предназначению [18-20].

Доказательством обоснованности этого положения служат результаты полунатурных инженерно-психологических, психофизиологических и эргономических исследований структуры и психологического содержания деятельности экипажа АЭК, которые можно сформулировать следующим образом:

- работа экипажа является высокоинтеллектуальной деятельностью преимущественно когнитивного характера и сопровождается увеличением психофизиологической напряженности, приближающейся к предельным возможностям, при уменьшении интервалов времени для принятия решений;
- появление полимодальных информационных пространств, формируемых различными бортовыми информационными системами, требующих переработки экипажем в реальном времени; изменением структуры деятельности, связанное с необходимостью многомерного удержания образов информационных моделей внешних и внутренних информационных потоков (воздушно-наземной обстановки, состояния бортового комплекса, самолетного оборудования, пространственного положения АЭК с учетом условий безопасности) и управления ими; появление новых информационных систем (нашлемных систем целеуказания и индикации и т.п.);
- изменение условий работы экипажа в виде увеличения длительности полета до 10 ч, появление сверхманевренности, значительных знакопеременных перегрузок в т.ч. боковых, способствующих повышению вероятности потери пространственной ориентировки и возникновению зрительно-вестибулярных иллюзий пространственного положения, нарушению координации действий по управлению АЭК, снижению резервов внимания.

Особое внимание следует обратить на увеличение длительности полета АЭК до 10 ч с дозправкой в воздухе, что с большой долей вероятности будет вызывать утомление и снижение психофизиологических резервов [21-23].

Приведенные выше обстоятельства обуславливают необходимость разработки новых принципов построения систем отображения информации и управления АЭК, реализующих новые направления интеграции, автоматизации, оптимизации, унификации и обеспечения психологической безопасности их эксплуатации. Это определяет необходимость эргономического проектирования систем отображения информации и управления АЭК.

Методы эргономического проектирования АЭК

Методы эргономического проектирования систем отображения информации и управления АЭК включают [20-30]:

- аналитические методы;
- методы математического моделирования;
- экспертные методы;
- методы полунатурного моделирования;
- экспериментальные методы.

Аналитические методы включают методы профессиографии и все расчетные методы, в которых применяют математические формулы, получаемые в результате логического анализа и экспериментально-теоретического обобщения зависимостей качества и напряженности деятельности человека-оператора АЭК от эргономических факторов.

Методы математического моделирования базируются на воспроизведении формализованных, как правило, статистических закономерностей, описывающих влияние эргономических факторов на процесс операторской деятельности. На предварительных этапах исследования систем могут использоваться математические модели действий человека-оператора.

Экспертные методы используются для обоснования эргономических требований, задаваемых на качественном уровне, когда получение количественных значений задаваемых требований с использованием других методов существенно затруднено или не представляется возможным.

Методы полунатурного моделирования основаны на использовании натуральных или математических имитационных моделей технических систем и, непременно, предполагают участие человека-оператора.

Экспериментальные методы являются базовыми. Они основаны на физическом моделировании (эксперименте) динамики деятельности с обязательным участием человека в качестве объекта исследования.

Вышеперечисленные методы применяются как по - отдельности, так и в комплексе. При этом оптимальное сочетание комплексного применения этих методов обеспечивает высокие значения показателей «эффективность - стоимость». Выше указанные методы применяются при решении эргономических задач построения новых, модернизации существующих, а также сопровождения находящихся в эксплуатации систем отображения информации и управления АЭК.

Названные эргономические задачи объединяются одним понятием: эргономическое сопровождение систем в течение всех этапов их жизненного цикла.

Цели и задачи и эргономического обеспечения

Цель эргономического сопровождения создания систем отображения информации и управления АЭК — повышение качества и эффективности АЭК путем рационального сочетания психофизиологических характеристик операторов с характеристиками процессов и средств деятельности. Основными задачами эргономического сопровождения являются:

1. Достижение полноты и правильности реализации эргономических решений.
2. Анализ причин невыполнения установленных эргономических требований и последствий их влияния на реализуемую эффективность образца АЭК.
3. Обоснование и реализация возможных путей совершенствования эргономических характеристик образца АЭК.

В процессе эргономического сопровождения создания систем отображения информации и управления АЭК оцениваются и анализируются:

- качество деятельности операторов;
- информационное обеспечение деятельности операторов;
- структура, организации и вид отображаемой информации;
- степень детализации и обобщения информации;

- соответствие используемых способов кодирования и форм предъявления отображаемой информации эргономическим требованиям;
- степень достаточности и состава визуальной информации алгоритмическому обеспечению;
- структура и состав построения диалога оператора с образцом;
- экспериментальные данные о процессе селекции оператором получаемой информации, о количествах масштабов изображения, о временных характеристиках предъявления визуальной информации; о необходимости анализа предыстории и оценки развития ситуации;
- возможность усовершенствования структуры и формы предъявления информации для повышения эффективности и качества деятельности
- алгоритмическое обеспечение деятельности операторов
- предписанные алгоритмы до операции с выделением условий и альтернативных ветвей деятельности;
- априорные временные характеристики реализации алгоритмов оператором;
- проведенный психологический анализ деятельности, предполагающий выделение психофизиологических процессов, определяющих выполнение операций;
- выполненная классификация деятельности в соответствии с представленным перечнем;
- расчетные нормативные показатели стереотипности и логической сложности;
- составленный и реальный алгоритмы деятельности в ходе эксперимента;
- расчетные показатели загруженности и темповой напряженности оператора;
- психофизиологические затраты на выполнение алгоритма в ходе эксперимента;
- возможности совершенствования и оптимизации деятельности оператора на операционном уровне;
- распределение функций между операторами и техническими средствами автоматизации образца

Эргономическая экспертиза проводится для образцов АЭК, их составных частей и комплектующих изделий на всех стадиях жизненного цикла образца. Этапы эргономической экспертизы, их взаимосвязь с этапами жизненного цикла образца

и функции сторон «Разработчик-заказчик» на этих этапах приведены в таблице 1.

Неотъемлемой частью эргономического сопровождения создания АЭК являются методы полунатурного моделирования эргатических систем и комплексов, реализуемые с помощью медико-технических многоцелевых полунатурных комплексов эргономического сопровождения АЭК, интегрирующих новейшие информационные, медицинские, психофизиологические и компьютерные технологии.

Изложенные методы эргономического обеспечения разработки систем отображения информации и управления АЭК являются фундаментом обеспечения эффективной и безопасной эксплуатации образцов АЭК за счет обеспечения максимально полного учета человеческого фактора, позволяющего обеспечить оптимальное взаимодействие летчика с техническими компонентами АЭК.

Таблица 1

**Основные мероприятия и функции сторон
«Разработчик-заказчик» на различных этапах жизненного цикла образца АЭК**

Этапы жизненного цикла образца	Функции сторон «Разработчик-заказчик» на различных этапах жизненного цикла образца	
	Разработчик	Заказчик
Техническое предложение	Эргономическая экспертиза до приемки технического предложения	Эргономическая экспертиза технического предложения
Эскизный проект	Эргономическая экспертиза до приемки эскизного проекта	Эргономическая экспертиза эскизного проекта
Технический проект	Эргономическая экспертиза до приемки технического проекта	Эргономическая экспертиза технического проекта
Изготовление опытного образца	Эргономическая экспертиза при проведении предварительных испытаний комиссией разработчика	--
Государственные испытания опытного образца	--	Эргономическая экспертиза при проведении государственных испытаний комиссией заказчика
Корректировка конструкцией документации и доработка опытного образца по результатам государственных испытаний	Эргономическая экспертиза откорректированной конструкторской документации	Эргономическая экспертиза конструкторской документации при ее согласовании и утверждении в процессе работы межведомственной комиссии
Эксплуатация образца	-	Сбор и анализ эргономических данных образца в процессе его эксплуатации. Разработка предложений по его совершенствованию при модернизации

Библиография

1. Айвазян С.А., Солдатов А.С., Есев А.А., Ткачук А.В., Зыкин А.П. Методическое обеспечение синтеза систем интерактивного управления эргатическими авиационными комплексами // Оборонный комплекс-научно-техническому прогрессу России. 2013. №2. С. 22-25.
2. Бондаренко А.Г., Харитонов В.В., Сомов М.В. Эргономические проблемы эксплуатации летательных аппаратов, оборудованных «стеклянными» кабинами // Проблемы безопасности полетов. 2014. №5. С. 34-36.
3. Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В., Гузий А.Г. Принципы построения системы обеспечения жизнедеятельности операторов систем «человек-машина», адаптивных к их функциональному состоянию // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. №3. С. 50.
4. Гузий А.Г., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Теоретические основы функционально-адаптивного управления системами «человек-машина» повышенной аварийности // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. №1. С. 39.
5. Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Математическое прогнозирование состояния оператора эргатической системы, эксплуатируемой в условиях высокого риска гипоксических состояний человека // В сборнике: XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. М.: ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. С. 6384-6389.
6. Ушаков И.Б., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Физиология труда и надежность деятельности человека. М.: Наука, 2008. 318 с.
7. Дворников М.В., Чернуха В.Н., Матюшев Т.В. Медико-технические и эргономические проблемы обеспечения безопасности авиационных полетов // Проблемы безопасности полетов. 2014. №6. С. 13-19.
8. Бухтияров И.В., Усов В.М., Дворников М.В., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В., Чернуха В.Н. Технология биоадаптивного управления функционированием средств обеспечения жизнедеятельности человека в условиях измененной газовой среды // Безопасность жизнедеятельности. 2004. №5.
9. Шипилов В.В., Сахаров О.В. Планирование вариантов групп исполнителей для обеспечения выполнения этапов проекта // Нелинейный мир. 2014. Т. 12. №7. С. 84-86.
10. Федоров М.В., Богомолов А.В., Цыганок Г.В., Айвазян С.А. Технология проектирования многофакторных экспериментальных исследований и построения эмпирических моделей комбинированных воздействий на операторов эргатических систем // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2010. Т. 8. №5. С. 53-61.
11. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Паттерны функциональных состояний оператора. М.: Наука, 2010. 390 с.
12. Айвазян С.А., Есев А.А., Ткачук А.В., Солдатов А.С., Зыкин А.П. Комплексная автоматизированная визирная система перспективных авиационных комплексов // Двойные технологии. 2013. №3 (64). С. 57-59.
13. Чиров Д.С., Терешонок М.В., Елсуков Б.А. Метод и алгоритмы оптимизации технических характеристик комплексов радиомониторинга // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2014. Т. 8. №10. С. 88-92.
14. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Методологические аспекты динамического контроля функциональных состояний операторов опасных профессий // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2010. №4-2. С. 6-12.
15. Гузий А.Г., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Методология стабилизации функционального состояния оператора системы «человек-машина» // Мехатроника, автоматизация, управление. 2002. №5. С. 9.
16. Пономаренко В.А. Психология человеческого фактора в опасной профессии. Красноярск: издательство Поликом, 2006. 629 с.
17. Солдатов С.К., Гузий А.Г., Богомолов А.В., Шишов А.А., Кукушкин Ю.А., Щербаков С.А., Кирий С.В. Априорное оценивание профессиональной надежности летчика на этапе подготовки к полетам // Проблемы безопасности полетов. 2007. №8. С. 33.

18. Ломов Б.Ф. Человек и техника (очерки инженерной психологии). Л., 1963. 266 с.
19. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Психофизиологические механизмы формирования и развития функциональных состояний // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2014. Т. 100. №10. С. 1130-1137.
20. Айвазян С.А., Солдатов А.С., Есев А.А., Ткачук А.В., Зыкин А.П. Прикладные аспекты синтеза интерактивных систем управления эргатическими авиационными комплексами // Двойные технологии. 2014. №1 (66). С. 56-58.
21. Кукушкин Ю.А., Айвазян С.А., Кузьмин А.С., Богданов Ю.В., Лукаш А.А. Технология анализа управляющих движений оператора эргатической системы // Безопасность в техносфере. 2013. №2 (41). С. 21-26.
22. Ушаков И.Б., Ворона А.А., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Аппаратно-программные комплексы для медико-психологического обеспечения контроля надежности профессиональной деятельности человека в условиях высокого риска возникновения чрезвычайной ситуации // Безопасность жизнедеятельности. 2004. №3. С. 8.
23. Щербаков С.А., Кукушкин Ю.А., Солдатов С.К., Зинкин В.Н., Богомолов А.В. Психофизиологические аспекты совершенствования методов изучения ошибочных действий летного состава на основе концепции человеческого фактора // Проблемы безопасности полетов. 2007. №8. С. 10.
24. Димитриев Ю.В., Лагойко О.С. Структурный системный анализ информационных потоков при эргономическом проектировании воздушных судов // Кибернетика и программирование. 2015. №1. С. 67-76.
25. Айвазян С.А., Львов А.А., Есев А.А., Ткачук А.В. Математическое обеспечение оценивания траектории наземной цели в автоматизированной визирной системе летательных аппаратов // Двойные технологии. 2014. №3. С. 64-66.
26. Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Метод синтеза показателя психофизиологического напряжения оператора // Медицинская техника. 2001. №4. С. 29-33.
27. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Принципы организации контроля и оптимизации функционального состояния операторов // Безопасность жизнедеятельности. 2006. №1. С. 4-10.
28. Ушаков И.Б., Богомолов А.В. Информатизация программ персонифицированной адаптационной медицины // Вестник Российской академии медицинских наук. 2014. №5-6. С. 124-128.
29. Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Методика количественного оценивания функциональных состояний человека // Биомедицинская радиоэлектроника. 2001. №2. С. 12.
30. Арбузов Д.А., Кукушкин Ю.А., Марасанов А.В. Биотехнический подход к проектированию автомата пилотажных ограничений по перегрузке // Санитарный врач. 2009. №8. С. 28-29.
31. Димитриев Ю.В., Лагойко О.С. Структурный системный анализ информационных потоков при эргономическом проектировании воздушных судов // Кибернетика и программирование.-2015.-1.-С. 67-76. DOI: 10.7256/2306-4196.2015.1.13996. URL: http://www.e-notabene.ru/kp/article_13996.html

References (transliterated)

1. Aivazyan S.A., Soldatov A.S., Esev A.A., Tkachuk A.V., Zykin A.P. Metodicheskoe obespechenie sinteza sistem interaktivnogo upravleniya ergaticheskimi aviatsionnymi kompleksami // Oboronnyi kompleks-nauchnotekhnicheskomu progressu Rossii. 2013. №2. S. 22-25.
2. Bondarenko A.G., Kharitonov V.V., Somov M.V. Ergonomicheskie problemy ekspluatatsii letatel'nykh apparatov, oborudovannykh «steklyannymi» kabinami // Problemy bezopasnosti poletov. 2014. №5. S. 34-36.
3. Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V., Guzii A.G. Printsipy postroeniya sistemy obespecheniya zhiznedeyatel'nosti operatorov sistem "chelovek-mashina", adaptivnykh k ikh funktsional'nomu sostoyaniyu // Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie. 2005. №3. S. 50.

4. Guzii A.G., Bogomolov A.V., Kukushkin Yu.A. Teoreticheskie osnovy funktsional'no-adaptivnogo upravleniya sistemami "chelovek-mashina" povyshennoi avariinosti // Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie. 2005. №1. S. 39.
5. Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V. Matematicheskoe prognozirovaniye sostoyaniya operatora ergaticheskoi sistemy, ekspluatiruemoi v usloviyakh vysokogo riska gipoksicheskikh sostoyanii cheloveka // V sbornike: XII Vserossiiskoe soveshchanie po problemam upravleniya VSPU-2014. M: IPU im. V.A. Trapeznikova RAN, 2014. S. 6384-6389.
6. Ushakov I.B., Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V. Fiziologiya truda i nadezhnost' deyatel'nosti cheloveka. M.: Nauka, 2008. 318 s.
7. Dvornikov M.V., Chernukha V.N., Matyushev T.V. Mediko-tekhnicheskie i ergonomicheskie problemy obespecheniya bezopasnosti aviatsionnykh poletov // Problemy bezopasnosti poletov. 2014. №6. S. 13-19.
8. Bukhtiyarov I.V., Usov V.M., Dvornikov M.V., Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V., Chernukha V.N. Tekhnologiya bioadaptivnogo upravleniya funktsionirovaniem sredstv obespecheniya zhiznedeyatel'nosti cheloveka v usloviyakh izmenennoi gazovoi sredy // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2004. №5.
9. Shipilov V.V., Sakharov O.V. Planirovaniye variantov grupp ispolnitelei dlya obespecheniya vypolneniya etapov proekta // Nelineinyi mir. 2014. T. 12. №7. S. 84-86.
10. Fedorov M.V., Bogomolov A.V., Tsyganok G.V., Aivazyan S.A. Tekhnologiya proektirovaniya mnogofaktornykh eksperimental'nykh issledovaniy i postroeniya empiricheskikh modelei kombinirovannykh vozdeistviy na operatorov ergaticheskikh sistem // Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. 2010. T. 8. №5. S. 53-61.
11. Ushakov I.B., Bogomolov A.V., Kukushkin Yu.A. Patterny funktsional'nykh sostoyanii operatora. M.: Nauka, 2010. 390 s.
12. Aivazyan S.A., Esev A.A., Tkachuk A.V., Soldatov A.S., Zykin A.P. Kompleksnaya avtomatizirovannaya vizirnaya sistema perspektivnykh aviatsionnykh kompleksov // Dvoinye tekhnologii. 2013. №3 (64). S. 57-59.
13. Chirov D.S., Tereshonok M.V., Elsukov B.A. Metod i algoritmy optimizatsii tekhnicheskikh kharakteristik kompleksov radiomonitoringa // T-Comm: Telekommunikatsii i transport. 2014. T. 8. №10. S. 88-92.
14. Ushakov I.B., Bogomolov A.V., Kukushkin Yu.A. Metodologicheskie aspekty dinamicheskogo kontrolya funktsional'nykh sostoyanii operatorov opasnykh professii // Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh. 2010. №4-2. S. 6-12.
15. Guzii A.G., Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V. Metodologiya stabilizatsii funktsional'nogo sostoyaniya operatora sistemy "chelovek-mashina" // Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie. 2002. №5. S. 9.
16. Ponomarenko V.A. Psikhologiya chelovecheskogo faktora v opasnoi professii. Krasnoyarsk: izdatel'stvo Polikom, 2006. 629 s.
17. Soldatov S.K., Guzii A.G., Bogomolov A.V., Shishov A.A., Kukushkin Yu.A., Shcherbakov S.A., Kirii S.V. Apriornoe otsenivaniye professional'noi nadezhnosti letchika na etape podgotovki k poletam // Problemy bezopasnosti poletov. 2007. №8. S. 33.
18. Lomov B.F. Chelovek i tekhnika (ocherki inzhenernoi psikhologii). L., 1963. 266 s.
19. Ushakov I.B., Bogomolov A.V., Kukushkin Yu.A. Psikhofiziologicheskie mekhanizmy formirovaniya i razvitiya funktsional'nykh sostoyanii // Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova. 2014. T. 100. №10. S. 1130-1137.
20. Aivazyan S.A., Soldatov A.S., Esev A.A., Tkachuk A.V., Zykin A.P. Prikladnye aspekty sinteza interaktivnykh sistem upravleniya ergaticheskimi aviatsionnymi kompleksami // Dvoinye tekhnologii. 2014. №1 (66). S. 56-58.
21. Kukushkin Yu.A., Aivazyan S.A., Kuz'min A.S., Bogdanov Yu.V., Lukash A.A. Tekhnologiya analiza upravlyayushchikh dvizhenii operatora ergaticheskoi sistemy // Bezopasnost' v tekhnosfere. 2013. №2 (41). S. 21-26.
22. Ushakov I.B., Vorona A.A., Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V. Apparato-programmnye komplekсы dlya mediko-psikhologicheskogo obespecheniya kontrolya nadezhnosti professional'noi deyatel'nosti cheloveka v

- usloviyakh vysokogo riska vozniknoveniya chrezvychainoi situatsii // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2004. №3. S. 8.
23. Shcherbakov S.A., Kukushkin Yu.A., Soldatov S.K., Zinkin V.N., Bogomolov A.V. Psikhofiziologicheskie aspekty sovershenstvovaniya metodov izucheniya oshibochnykh deistvii letnogo sostava na osnove kontseptsii chelovecheskogo faktora // Problemy bezopasnosti poletov. 2007. №8. S. 10.
 24. Dimitriev Yu.V., Lagoiko O.S. Strukturnyi sistemnyi analiz informatsionnykh potokov pri ergonomicheskom proektirovanii vozdushnykh sudov // Kibernetika i programmirovaniye. 2015. №1. S. 67-76.
 25. Aivazyan S.A., L'vov A.A., Esev A.A., Tkachuk A.V. Matematicheskoe obespechenie otsenivaniya traektorii nazemnoi tseli v avtomatizirovannoi vizirnoi sisteme letatel'nykh apparatov // Dvoynye tekhnologii. 2014. №3. S. 64-66.
 26. Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V. Metod sinteza pokazatelya psikhofiziologicheskogo napryazheniya operatora // Meditsinskaya tekhnika. 2001. №4. S. 29-33.
 27. Ushakov I.B., Bogomolov A.V., Kukushkin Yu.A. Printsipy organizatsii kontrolya i optimizatsii funktsional'nogo sostoyaniya operatorov // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2006. №1. S. 4-10.
 28. Ushakov I.B., Bogomolov A.V. Informatizatsiya programm personifitsirovannoi adaptatsionnoi meditsiny // Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk. 2014. №5-6. S. 124-128.
 29. Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V. Metodika kolichestvennogo otsenivaniya funktsional'nykh sostoyanii cheloveka // Biomeditsinskaya radioelektronika. 2001. №2. S. 12.
 30. Arbuzov D.A., Kukushkin Yu.A., Marasanov A.V. Biotekhnicheskii podkhod k proektirovaniyu avtomata pilotazhnykh ogranichenii po peregruzke // Sanitarnyi vrach. 2009. №8. S. 28-29
 31. Dimitriev Yu.V., Lagoiko O.S. Strukturnyi sistemnyi analiz informatsionnykh potokov pri ergonomicheskom proektirovanii vozdushnykh sudov // Kibernetika i programmirovaniye.-2015.-1.-C. 67-76. DOI: 10.7256/2306-4196.2015.1.13996. URL: http://www.e-notabene.ru/kp/article_13996.html