

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского  
“Харьковский авиационный институт”

ISSN 1727-7337

**АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКАЯ  
ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ**

10 (127)

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

*Материалы, содержащиеся в журнале, опубликованы по решению  
XX международного конгресса двигателестроителей*

Издание основано в 1993 г.

*Выходит 6 раз в год*

Харьков "ХАИ" 2015

Учредитель журнала **Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского  
"Харьковский авиационный институт"**

Утвержден в печать ученым советом Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", протокол № 10 от 24 июня 2015 г.

<b>Главный редактор</b>	<b>Владимир Станиславович Кривцов</b> , доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, ректор, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ".
-------------------------	---

#### Редакционная коллегия

- А. В. Гайдачук**, д-р техн. наук, проф. (заместитель главного редактора), лауреат Государственной премии Украины, проректор по ИР, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- А. Г. Гребеников**, д-р техн. наук, проф., зав. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- К. В. Безручко**, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- С. А. Бычков**, д-р техн. наук, проф., лауреат премии Совета Министров СССР, лауреат Государственной премии Украины, главный инженер, ГП «Антонов»;
- В. А. Богуслаев**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, Герой Украины, Председатель совета директоров, ПАО "Мотор Сич";
- В. Е. Гайдачук**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, зав. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- А. В. Дегтярев**, д-р техн. наук, Генеральный конструктор – Генеральный директор Государственного предприятия «Конструкторское бюро «Южное»;
- Е. А. Джур**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, зав. каф., Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара;
- А. И. Долматов**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, зав. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- С. В. Елифанов**, д-р техн. наук, проф.; заслуженный деятель науки и техники Украины, зав. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- Я. С. Карпов**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, проф. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- Д. С. Кива**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, академик НАН Украины, Герой Украины, Президент – Генеральный конструктор, ГП «Антонов»;
- Г. А. Кривов**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, Председатель правления ПАО «Украинский научно-исследовательский институт авиационной технологии»;
- В. Н. Кобрин**, д-р техн. наук, проф., зав. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- Г. И. Костюк**, д-р техн. наук, проф., проф. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- А. К. Мялица**, д-р техн. наук, лауреат Государственной премии СССР, Герой Украины, генеральный директор, Харьковское государственное авиационное производственное предприятие;
- Д. Ф. Симбирский**, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии СССР, проф. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- В. С. Харченко**, д-р техн. наук, проф., заслуженный изобретатель Украины, зав. каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ";
- Vladimir A. Golovanevskiy**, PhD, Professor, Curtin University of Technology, Australia;
- Michael Schenk**, Univ.-Professor, Doctor of Technical Sciences, Honorary Professor, multiple honorary doctor, Director of the Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation IFF in Magdeburg, Germany.

<b>Ответственный секретарь</b>	<b>А. Б. Лещенко</b> , канд. техн. наук, доцент, доцент каф., Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ".
--------------------------------	--

#### Свидетельство о государственной регистрации КВ № 7182 от 09.04.2003 г.

За достоверность информации несут ответственность авторы. Статьи печатаются на украинском, русском и английском языках после внешнего и внутреннего рецензирования.

Рукописи не возвращаются. При перепечатке материалов ссылка на журнал «АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ» обязательна

#### Научно-технический журнал «Авиационно-космическая техника и технология»

- входит в утвержденный ГАК Перечень научных профессиональных изданий Украины, в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (приказ МОН Украины №1279 от 6.11.2014 г.);

- сохраняется в общегосударственной реферативной базе данных «Україніка наукова» и публикуется в соответствующих тематических сериях украинского реферативного журнала «Джерело» (свободный он-лайн доступ к ресурсам на Web-сервере <http://www.nbuv.gov.ua>) (Украина),

- сохраняется в реферативной базе данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ) Российской академии наук и публикуется в соответствующих тематических сериях РЖ (свободный он-лайн доступ к ресурсам на Web-сервере <http://www.viniti.ru>) (Российская Федерация).

- включен в международные библиометрические и наукометрические базы данных: научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU (Российская Федерация); Index Copernicus (ICV 2013: 4,83) (Польша); Google Scholar (библиометрические показатели – quot.=2094 / h = 10 / i10 = 15).

## СОДЕРЖАНИЕ

*Технология производства летательных аппаратов*

<i>Сотников Е. Г., Леховицер З. В., Грешта В. Л., Климов А. В., Ткач Д. В.</i> Разработка состава теплозащитного покрытия на детали газотурбинных двигателей, работающих в условиях высоких температур.....	6
<i>Данов А. С.</i> Выбор параметров высокоресурсных соединений высокопрочными заклёпками с компенсаторами и ограничительными элементами.....	11
<i>Калинина Н. Е., Юхименко А. Е., Калинин А. В., Павлов Д. Р., Грекова М. В.</i> Влияние модифицирования на механические свойства жаропрочных сплавов .....	15
<i>Лысенко Н. А., Клочихин В. В., Наумик В. В.</i> Структура и свойства пустотелых отливок лопаток турбины из никелевых сплавов после горячего изостатического прессования.....	19
<i>Нестеренков В. М., Кравчук Л. А., Архангельский Ю. А., Петрик И. А., Марченко Ю. А.</i> Разработка прогрессивной технологии изготовления крупногабаритных корпусных деталей методом электронно-лучевой сварки, на примере наружной части корпуса переднего КСД.....	28
<i>Павленко Д. В., Коцюба В. Ю., Пахолка С. Н.</i> Формирование субмикроструктурной структуры в серийных и перспективных материалах лопаток компрессора ГТД.....	33
<i>Педаш А. А., Бялик Г. А., Цивирко Э. И.</i> Повышение теплопроводности литейной керамической формы алюминатом кобальта .....	40
<i>Тихомирова Т. В., Гайдук С. В., Беликов С. Б.</i> Исследование влияния содержания никеля на фазовый состав и характеристические температуры кобальтового сплава методом CALPHAD.....	45
<i>Басов Ю. Ф., Овчинников А. В., Михайлютенко А. В., Глотка Т. А.</i> Разработка интегрированной импортозамещающей технологии получения заготовок лопаток компрессора.....	49
<i>Планковский С. И., Цегельник Е. В., Головин И. И., Мельничук П. И.</i> Перспективы лазерной очистки при ремонте ГТД.....	54
<i>Комбаров В. В., Сорокин В. Ф., Криживец Е. А.</i> Исследование влияния стабильности цикла управления системы ЧПУ на точность формообразующих движений .....	58

## CONTENTS

*Technology of production of aircraft*

<i>Sotnikov E. G., Lihovitszer Z. V., Greshta V. L., Klimov A. V., Tkach D. V.</i> Development of a thermal barrier coating for details turbine engine, workers at high temperatures.....	6
<i>Danov A. S.</i> Setting the parameters of high resource joints by highly durable rivets with compensators and restrictive elements.....	11
<i>Kalinina N. E., Yukhymenko A. E., Kalinin V. T., Pavlov D. R., Grekova M. V.</i> Influence of modification on mechanical properties superalloys .....	15
<i>Lysenko N. A., Klochihin V. V., Naumyk V. V.</i> The structure and properties of hollow castings of nickel alloy turbine blades after hot isostatic pressing.....	19
<i>Nesterenkov V. M., Kravchuk L. A., Arhangel'skii Y. A., Petrik I. A., Marchenko Y. A.</i> Development of the advanced manufacturing process for large case-shaped parts by method of electron beam welding (case study: MPC front casing shell).....	28
<i>Pavlenko D. V., Kotsjuba V. Yu., Paholka S. N.</i> The formation of the submicrocrystalline structure in the serial and perspective of materials for the compressor blade of gas turbine engine.....	33
<i>Pedash A. A., Byalik G. A., Tzivirko E. I.</i> Increasing of the ceramic casting mould thermal conductivity with cobalt aluminate .....	40
<i>Tikhomyrova T. V., Gayduk S. V., Belikov S. B.</i> Research of the influence nickel on phase structure and characteristic temperatures of the cobalt alloy by method CALPHAD.....	45
<i>Basov Yu. F., Ovchinnikov A. V., Mykhailiutenko A. V., Glotka T. A.</i> Development of integrated import-substituting technology of getting compressor blade blanks .....	49
<i>Plankovskyy S. I., Tsegelnyk Ye. V., Golovin I. I., Melnychuk P. I.</i> Prospects for laser cleaning during repair GTE.....	54
<i>Kombarov V. V., Sorokin V. F., Kryzhyvets E. A.</i> Study of CNC system control cycle stability influence on shape-generating accuracy.....	58

**Комбарова Е. В.**

Метод планирования подач для системы ЧПУ с применением S-образных законов разгона/торможения ..... 65

**Проектирование аэрокосмических летательных аппаратов**

**Назин В. И.**

Влияние жесткости упругой установки колец на диске на динамические характеристики гидростатодинамического подшипника сдвоенного типа..... 72

**Аэродинамика, динамика, баллистика и управление полетом летательных аппаратов**

**Субботович В. П., Юдин А. Ю., Темченко С. А.**

Применение обратной аэродинамической задачи для оптимизации кольцевых диффузорных каналов..... 77

**Гольцов А. С.**

Анализ эффективности адаптивного управления поворотно-лопастной гидротурбиной ..... 81

**Игуменцев Е. А., Прокопенко Е. А.**

Магнитная и электрическая энергия заряженного гироскопа ..... 86

**Двигатели и энергоустановки аэрокосмических летательных аппаратов**

**Брунак А. А., Симбирский Д. Ф.**

К вопросу учета влияния вибраций на циклическую долговечность деталей авиационных ГТД..... 91

**Нехорошев Б. Г.**

Роторно-поршневой электрокомпрессор ЭВК 0,4/0,8 ..... 96

**Хаустова А. Н.**

Исследование струи СПД-70 методом оптической эмиссионной спектроскопии со сканированием плазмы через коллиматор..... 102

**Ткач М. Р., Тимошевский Б. Г., Доценко С. М., Галынкин Ю. Н.**

Удельная мощность металлгидридных утилизационных установок непрерывного действия ..... 106

**Маркушин А. Н., Бакланов А. В., Салимзянова Г. Ф.**

Оценка методики расчета гидравлических потерь в камере сгорания на примере ГТД НК-8..... 111

**Тарасенко А. И.**

«Ледовые» маховики в судовом пропульсивном комплексе с малооборотными ДВС в условиях ледового плавания ..... 115

**Kombarova E. V.**

Feedrates planning method for CNC system with using S-shaped acceleration/deceleration laws..... 65

**Design of aerospace of aircraft**

**Nazin V. I.**

Effect of setting stiffness of rings on disk the dynamic characteristics hydrostatodynamic type double bearing ..... 72

**Aerodynamics, dynamics, ballistics and flight control of aircraft**

**Subotovich V. P., Yudin A. Yu., Temchenko S. A.**

Application of inverse aerodynamic problem for annular diffuser ducts optimization ..... 77

**Goltsov A. S.**

Analysis of the power control algorithm and method of combinatorial dependence of kaplan turbine ..... 81

**Igumentsev I. O., Prokopenko O. O.**

Magnetic energy and electric power gyro with charge ..... 86

**Engines and power plants aerospace of aircraft**

**Brunak A. A., Simbirsky D. F.**

Issues of vibrations in cyclic durability of the aircraft GTE parts ..... 91

**Nekhoroshev B. G.**

Rotary-piston electrical compressor ЭВК 0,4/0,8..... 96

**Khaustova A. N.**

Investigation of SPT-70 plume by means of optical emission spectroscopy meathod with the scanning of plasma through collimator..... 102

**Tkach M. R., Timochevskiy B. G., Docenko S. M., Galinkin Y. N.**

Specific power the metal hydride utilization continuous power plants ..... 106

**Markushin A. N., Baklanov A. V., Salimzyanova G. F.**

The analysis of the combustion chamber pressure loss calculation method on the example of NK-8 aircraft engine ..... 111

**Tarasenko A. I.**

"Ice" flywheel in ship propulsion systems with low-speed diesel engine in ice navigation..... 115

**Кононыхин Е. А., Епифанов С. В., Павлюк Е. В.**  
Система управления исполнительным механизмом  
авиационного двигателя на базе нечеткой логики ..... 119

**Kononykhin E. A., Yepifanov S. V., Pavlyuk E. V.**  
Aircraft engine actuators control system based  
on fuzzy logic ..... 119

### **Информационные технологии**

### **Information technologies**

**Бабенко Ю. В.**  
Формирование тарифов на авиаперевозки с учетом  
удельных затрат за жизненный цикл модификаций  
тяжелого транспортного самолета ..... 124

**Babenko Ju. V.**  
Tariffs formation for air transportation taking  
into account unit cost during life cycle of heavy  
transport aircraft modifications ..... 124

**Бахмет Г. К., Гуляева Е. В., Нестеренко С. Ю.**  
Использование системного анализа для повышения  
эффективности работы катодов-компенсаторов ЭРД ..... 129

**Bakhmet G. K., Guliayeva Ye. V., Nesterenko S. Yu.**  
The use of system analysis for EPT compensator-  
cathodes operation efficiency increase ..... 129

**Михайленко В. С., Варбанец Р. А.**  
Идентификация тепловых объектов в системах  
адаптивного управления с помощью  
нейро-нечетких сетей ..... 136

**Mikhailenko V. S., Varbanets R. A.**  
Identification of thermal objects in adaptive  
control system using neuro-fuzzy networks ..... 136

**Рева А. Н., Устименко И. М., Плясовских А. П.**  
Синтез деятельности и кибернетический анализ  
информационной нагрузки авиадиспетчера  
при высокой интенсивности воздушного движения ... 145

**Reva A. N., Ustimenko I. M., Plyasovskih A. P.**  
Synthesis of activity and cybernetic analysis  
of information load of the air traffic controller  
in conditions of high air traffic intensity ..... 145

**Ткаченко Ю. М.**  
Разработка инструментальных средств  
для поддержки принятия решений по анализу  
деятельности обучаемых в техническом вузе ..... 158

**Tkachenko I. M.**  
Development of tools for support of decision-making  
according to the analysis of activity of trainees  
in technical college ..... 158

Алфавитный указатель ..... 166

Index ..... 166

УДК 656.7.084.17(08)

А. Н. РЕВА<sup>1</sup>, И. М. УСТИМЕНКО<sup>2</sup>, А. П. ПЛЯСОВСКИХ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Национальный авиационный университет, Киев, Украина*

<sup>2</sup> *ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» «Аэронавигация Центральной Сибири», Красноярск, Россия*

<sup>3</sup> *Открытое акционерное общество «Ордена Трудового Красного Знамени Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры», Санкт-Петербург, Россия*

## СИНТЕЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И КИБЕРНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ АВИДИСПЕТЧЕРА ПРИ ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

*Ориентируясь на необходимость учета и анализа каждого элемента аэронавигационной системы, с точки зрения его влияния на безопасность полетов, в соответствии с рекомендациями ИКАО предложен информационный подход для проактивного исследования психофизиологического состояния авиадиспетчера при высоких информационных нагрузках отображающих существующую организацию коммуникаций для обмена управляющей информацией между ее составными, активными элементами с учетом соответствующей степени сложности, стандартизированных процедур, централизованного принятия решений. Экспериментально оценены возможности интеллектуальной (смысловой) мощности авиадиспетчера, определяемые количеством оперативной информации, поступающей через зрительный канал с индикатора радиолокатора автоматизированной системы управления воздушным движением.*

**Ключевые слова:** *интенсивность движения воздушных судов, служба движения, информационное сопротивление, интеллектуальная мощность, оперативная память.*

### Введение

Основопологающей стратегией развития авиатранспортной отрасли России является «Концепция создания и развития аэронавигационной системы России» (АНСР). Высокотехнологичное обеспечение полетов, введение в эксплуатацию принципиально новых технологий, бортовых, наземных и космических средств и систем аэронавигации является составной частью Концепции, и призвано создавать благоприятные условия интенсивного и безопасного использования воздушного пространства (ВП). Реализация Концепции и обеспечение надлежащего уровня безопасности полетов (БП) органично связано с укрупнением центров управления воздушным движением (УВД), что приводит к автоматическому увеличению численности сотрудников в службе движения (СД) центров УВД (ЦУВД) и требует как совершенствования организационной структуры СД, так и обязательного учета человеческого фактора (ЧФ) в процессе их функционирования. При этом, учитывая влияние ЧФ на БП [1], руководителем ФАВТ (Росавиация) А. В. Нерадько на заседании Правительства РФ было заявлено: «В перспективе на 25 лет авиадиспетчер останется основ-

ным звеном в принятии решений при аэронавигационном обслуживании полетов. Поэтому в концепции уделено важное внимание снижению риска катастроф по причинам человеческого фактора, решения социальных проблем, адаптации персонала к условиям внедрения новой техники и технологий, которые могут влиять на безопасность полетов ...».

В соответствии со Стандартами и Рекомендацией ИКАО, в Российской Федерации внедрена система управления безопасностью воздушного движения. Проводится работа по обеспечению условий для снижения числа катастроф воздушных судов (ВС), прямо или косвенно связанных с функционированием АНС, в условиях роста интенсивности полетов.

Служба движения является высокотехнологичным поставщиком аэронавигационных услуг. Согласно утверждениям [2], безрисковых видов деятельности не бывает, а категоризация полей рисков – неотъемлемая составляющая исследования рисков. Именно поэтому анализ состояния БП при УВД и разработка программы конкретных мероприятий по ее обеспечению должны осуществляться на системной основе. Поэтому каждый внедряемый элемент АНС должен подвергаться конкретному анализу его

влияния на безопасность, как в виде отдельного элемента, так и в виде компонента более крупной целостной системы. Оценка влияния каждого фактора на функционирование отдельных элементов АНСР - необходимая составляющая общего системного подхода к управлению рисками для БП.

Особое внимание должно быть уделено управлению рисками, связанными с совершенствованием профессионализма диспетчеров УВД (ДУВД) и их готовности к выполнению профессиональных обязанностей. Именно поэтому необходима разработка инструментов и задействованы ресурсы, которые помогут создать фундаментальную научную, имеющую парадигматическое значение базу, позволяющую не только описывать существующие проблемы и риски, но и находить эффективные пути их диагностирования, прогнозирования, программирования и планирования.

Одним из путей достижения базовых требований ИКАО в области БП является гармонизация АНСР. При этом необходима полная и всесторонняя проверка различных вариантов действий с точки зрения количественного и качественного сопоставления затраченных ресурсов с получаемым эффектом.

Статистика авиационных происшествий (АП) в мировой гражданской авиации (ГА), показывает, что абсолютное их большинство произошло в результате ошибок авиационного персонала [1]. К объективным системным причинам их объяснения в деятельности ДУВД относят большие объемы и высокую интенсивность полетов, несовершенство структуры ВП, отсутствие регулирования потоков ВС, направленного на устранение его перегрузок и секторов УВД, обеспечение бесконфликтных траекторий прилета / вылета ВС.

Наряду с объективными причинами отмечают серьезные недостатки, связанные с деятельностью руководящего состава СД в сфере организации и выполнения превентивного контроля нарушений и недостатков в работе ДУВД, который в соответствии с [2] называют «проактивным». Большая часть инцидентов обусловлена «рутинными», вошедшими в повседневную практику нарушениями, опасными действиями или небрежностью диспетчеров УВД (ДУВД). Эти факторы могут и должны выявляться и проактивно предупреждаться в системе мероприятий по обеспечению БП.

В настоящее время практически отсутствует объективный инструментальный для оценки практических навыков ДУВД как на рабочем месте непосредственно, так и на тренажерных комплексах. Готовность ДУВД к выполнению функциональных обязанностей, как правило, определяется по субъективной оценке проверяющего. Однако, низкая эффективность превентивного контроля за работой

ДУВД, отсутствие учета их психофизиологического состояния, понятных квалиметрических показателей и критериев, игнорирование нарушений и небрежности в работе приводят к АП, поскольку «тождественные явления, протекающие по определенному закону, должны давать, при прочих равных условиях, одинаковые результаты» [3]. В этих случаях ответственность за АП, наряду с ДУВД, должны нести руководители, организующие и контролирующие работу этих диспетчеров.

Для предупреждения АП следует [4]:

- контролировать угрозы, генерирующие опасные состояния и устранять эти опасные состояния как первопричины АП;
- угрозы должны выявляться и предупреждаться до того, как приведут к нежелательным авиационным событиям.

Таким образом, организация психофизиологического сопровождения ДУВД является актуальной задачей, которая требует всегда особого и приоритетного внимания. Опыт исследований [5-11 и др.] показывает, что наиболее перспективными в данном направлении являются методы кибернетических информационных цепей А. А. Денисова [12].

## **1. Анализ исследований и публикаций по синтезу деятельности и кибернетическому анализу информационной нагрузки авиадиспетчера**

Авиация традиционно сфокусирована на вопросах анализа профессиональных ролей каждого отдельного авиатора в персональных секторах их деятельности. Однако, с точки зрения обеспечения надлежащего уровня БП, целесообразно рассматривать не отдельно друг от друга кабину экипажа, СД и автомобили, работающие на перронах и рулежных дорожках, а объединить их в коммуникационную систему, единую информационную цепь, т.е. совокупность взаимодействующих источников, преобразователей и потребителей информации [9].

Процесс УВД требует от диспетчера переработки значительных объемов информации и выполнения сложных алгоритмов деятельности. При этом его указания являются приоритетными для всех, кто находится под его управлением (за исключением особых случаев, когда командиры воздушных судов (КВС) принимают самостоятельные решения). Следовательно, ДУВД нужно рассматривать как источник управляющей информации обладающей информационно-движущей логикой (ИДЛ), *внутренним информационным сопротивлением*, эффективность работы которого напрямую зависит от быстроты выдачи им управляющей информации (ответная

реакция) при изменении состояния нагрузки и находящегося на более высоком уровне стратифицированной схематической иерархичности системы «ДУВД – приемники управляющей информации (ПУИ)», в соответствии с распределением основных функций. На рис. 1 римскими цифрами обозначены уровни управления, а арабскими цифрами – номера страт – члены системы: 1 - ДУВД, 2 - ВС на летном поле, 3 - ВС в воздухе, 4 - автомобили на перронах, рулежных дорожках (РД) и взлетно-посадочной полосе (ВПП).

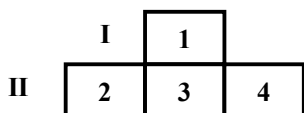


Рис. 1. Стратификация системы «диспетчер управления воздушным движением – приемники управляющей информации»

Иерархическая организация деятельности имеет особенности [12-14]:

- последовательное вертикальное расположение подсистем, составляющих данную систему, или, точнее, вертикальную соподчиненность;
- приоритет действий или право вмешательства систем верхнего уровня в деятельность подсистем нижнего уровня;
- зависимость действий подсистем верхнего уровня от фактического исполнения подсистемами нижнего уровня своих функций.

Считается, что в деятельности по УВД все участники процесса связаны между собой по наиболее эффективной структуре, организованной по типу «полной сети», (рис. 2), т.е. имеют возможность производить обмен информацией либо непосредственно друг с другом, либо через выделенный канал связи, обеспечивающий возможность взаимодействия в обоих направлениях в пределах системы.

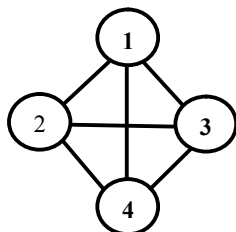


Рис. 2. Организационная структура системы «авиадиспетчер – приемники управляющей информации»

Решение проблем, связанных с ЧФ при УВД, заключается, прежде всего, в согласовании возможностей и ограничений человека-оператора (Ч-О) с

техническими характеристиками и структурой УВД. В этом процессе, основываясь на [15-17], следует учитывать следующее:

- *во-первых*, количество подструктур или участников (ПУИ), непосредственно подчиненных подсистеме верхнего уровня (ДУВД) не должна превышать так называемого «магического числа» Миллера ( $7 \pm 2$  оперативных единицы), определяющего объем оперативной памяти человека;

- *во-вторых*, известно [18], что осуществлять прямое распознавание, дифференциацию и запоминание образов 11 и более объектов способны только наиболее опытные специалисты. В противном случае деятельность значительно усложняется;

- *в-третьих*, известен также «коэффициент неэффективности» С. Н. Паркинсона  $x=19,9...22,4$ , определяющий верхнюю границу численности управляемого руководителем контингента [19].

Таким образом, речь идет об ограничениях психофизиологических возможностей Ч-О по распознаванию и запоминанию определенного числа объектов, которые необходимо обязательно учитывать при разработке, планировании и анализе структурной организации деятельности.

Все разнообразие психических явлений принято обычно подразделять на три области [20]:

- 1) познавательную (ощущения, воображение, внимание, восприятие, память, мышление, речь и чувствительность);
- 2) эмоциональную (эмоции, чувства, аффекты, стресс);
- 3) волевую (борьба мотивов, принятие решения, постановка цели).

Все компоненты психической деятельности ДУВД тесно взаимосвязаны (восприятие невозможно без памяти, запоминание – без восприятия, внимание – без мышления). При этом в силу различного рода обстоятельств и, в первую очередь, в зависимости от функционального и эмоционального состояния ДУВД все эти компоненты претерпевают определенные изменения, от которых в конечном итоге и зависит эффективность его труда.

Определимся, что функциональное состояние ДУВД – это характеристики его функций и свойств, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение профессиональных обязанностей. Иными словами, из всех функций диспетчера, как оператора сложной, полиэргатической, целеустремленной, активной и организационной системы управления выделяются именно те, которые сказываются на качестве деятельности, которая имеет установленные фазы работоспособности (рис. 3), подробно рассмотренные нами в работе [11].

Установлено, что любая фаза деятельности ДУВД (особенно это прослеживается на IV и V фа-



зах) всегда в той или иной мере связаны с развитием эмоциональных состояний, т.е. отношения человека к внешнему миру и к самому себе.

Принято выделять несколько эмоциональных состояний, которые могут существенно влиять на качество деятельности диспетчера: возбуждение, напряжение и напряженность.

*Эмоциональное возбуждение* – состояние, характеризуемое активизацией функций организма, повышением готовности к различным неожиданным воздействиям, но преимущественно вне связи с какими – либо целенаправленными волевыми актами.

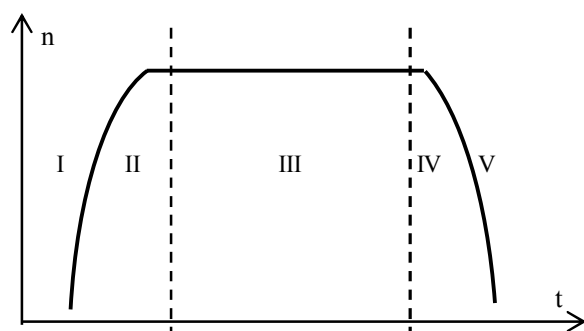


Рис. 3. Чередование фаз эффективности деятельности авиадиспетчера

*Эмоциональное напряжение* – состояние, характеризуемое мобилизацией различных функций организма для наиболее успешного выполнения определенной целенаправленной деятельности и связанное с волевым актом, направленным на эту деятельность.

*Под напряженностью* понимается эмоциональное состояние, характеризующееся временным снижением устойчивости ряда психических функций (памяти, внимания), координации движений и работоспособности. Она возникает при попадании в трудные, экстремальные условия, при возникновении умственной и эмоциональной перегрузки, создаваемой необходимостью быстрого выбора решений, трудностью задачи управления, дефицитом времени, повышенной ответственностью за выполняемую работу. Характерным признаком для ДУВД в этом состоянии является повышенный тембр и скорость речи в период радиообмена с экипажами или абонентами смежных ДП. В целом отрицательные влияния эмоциональной напряженности выражаются в торможении уже наработанных навыков, увеличении числа ошибок и пропуске отдельных операций, снижении общей работоспособности.

Для управления рисками, вызванными напряженностью ДУВД, следует учитывать его интеллектуальные мощности, т.е. знать пределы объемов и количества аудио и видео информации, которые он сможет обработать для принятия правильного ре-

шения. Тогда состояние окружающей материи характеризуется энтропией, выступающей в роли информационного потенциала события с априорной вероятностью  $P_0$  :

$$H_0 = -\log P_0. \quad (1)$$

Целью деятельности ДУВД является изменение в ту или иную сторону этой априорной вероятности события до некоторого нового значения  $P_{\text{усл}}$ , которому будет соответствовать новое значение потенциала:

$$H_{\text{усл}} = -\log P_{\text{усл}}, \quad (2)$$

где  $P_{\text{усл}}$  – вероятность управляемого события.

Таким образом, деятельность ДУВД, как источника управляющей информации может быть охарактеризована некоторым информационным напряжением:

$$\Delta H = H_0 - H_{\text{усл}} = \log \frac{P_{\text{усл}}}{P_0}, \quad (3)$$

т.е. его возможностью целенаправленно изменять вероятность того или иного события.

Для оценивания интеллектуальных (творческих, когнитивных) возможностей применяют критерий, называемый *смысловой мощностью*  $N$ , равной произведению информационного напряжения  $\Delta H$  и тока  $I$  [12]:

$$N = \Delta H \cdot I. \quad (4)$$

Поскольку ДУВД является одновременно и источником, и приемником информации, то следует рассматривать его смысловую мощность как вырабатываемый, так и рассеиваемый в единицу времени «смысл» его деятельности, понимаемый как мера интеллектуального труда, произведенного за время  $T$ . С учетом формулы (1) получим:

$$C = \int_0^T N \cdot dt = \int_0^T \Delta H \cdot I \cdot dt. \quad (5)$$

Если, скажем, сравнивать по смысловой мощности (творческим возможностям) двух ДУВД, отличающихся между собой как по напряжениям, так и по информационным токам, то если первый обладает более высоким информационным напряжением  $\Delta H_1$ , чем второй,  $\Delta H_2$ , т.е. его управленческие решения обеспечивают больший прирост вероятности нужного исхода управления (обладает большим опытом работы или лучшей долговременной и оперативной памятью, например), но зато второй диспетчер выдает управленческие решения в два раза чаще. Результат при этом должен быть одинаков – обеспечение БП, следовательно, их смысловую мощность следует расценивать как одинаковую.

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 = \text{const}. \quad (6)$$

Тогда, с учетом (2) будем иметь:

$$C = \Delta H \int_0^T Idt = \Delta H \cdot J, \quad (7)$$

где  $J$  – количество полученной и переработанной информации.

Если представить систему «ДУВД – ПУИ» в виде информационной цепи, содержащей «устройства» с памятью (рис. 4), то основная роль емкости для памяти  $n$  отведена ДУВД, а роль источников информации с напряжением  $\Delta H$  – ПУИ. При этом заполнение ДУВД памятью будет производиться через сопротивление  $R$ , представляющее собой время заполнения одной ячейки памяти.

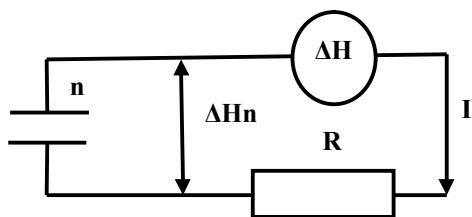


Рис. 4. Планарная схема информационной цепи «диспетчер управления воздушным движением – приемник управляющей информации»

С учетом работы [21], принимаем, что ДУВД в своей деятельности активно задействует:

– *мгновенную память* - связана с удержанием точной и полной картины только что воспринятого органами чувств, без какой бы то ни было переработки полученной информации, длительностью от 0,1 до 0,5 с.;

– *кратковременную память* - представляет собой способ хранения информации в течение короткого промежутка времени, когда длительность удержания мнемических следов не превышает нескольких десятков секунд, в среднем около 20 с (без повторения). Кратковременную память характеризует такой показатель, как объем. Он в среднем соответствует магическому числу Миллера и определяется по числу единиц информации, которое человек в состоянии точно воспроизвести спустя несколько десятков секунд после однократного предъявления ему этой информации);

– *оперативную память* - рассчитана на хранение информации в течение определенного, заранее заданного срока, в диапазоне от нескольких секунд до нескольких дней. Срок хранения сведений этой памяти определяется задачей, вставшей перед человеком, и рассчитан только на решение данной задачи. После этого информация может исчезать из оперативной памяти);

– *долговременную память* - способна хранить информацию в течение практически неограниченного срока).

Сам процесс запоминания или воспроизведения принятой информации требует от ДУВД волевых усилий, т.е. проведение значительной работы по осмыслению, преобразованию, классификации, установлению определенных внутренних (структура) и внешних (ассоциации) связей. Поэтому память ДУВД, следует рассматривать как информацию, необходимую для достижения цели, т.е. как отношение полученной и осмысленной информации к ее информационному напряжению:

$$n = \frac{J}{\Delta H}. \quad (8)$$

При этом напряжение источника уравнивается падением напряжения на информационном сопротивлении  $R$  и напряжением на памяти  $\Delta H_n$ :

$$\Delta H = IR + \Delta H_n. \quad (9)$$

В этом процессе за время заполнения памяти ток будет изменяться, следовательно, количество переработанной информации будет равно:

$$J = \int Idt. \quad (10)$$

Тогда из (8) следует, что:

$$\Delta H_n = \frac{1}{n} \int Idt. \quad (11)$$

При этом, учитывая что информационный ток к ДУВД поступает нерегламентировано, то можно предположить, что напряжение на памяти возрастет по экспоненте, по мере ее заполнения (возрастание информационного тока), причем тем быстрее, чем больше время заполнения памяти  $T$  и стремится к 1 при практически заполненной памяти

$$\Delta H = I \cdot R \cdot e^{\frac{n \cdot R}{T}}. \quad (12)$$

В связи с вероятностью возникновения в процессе УВД экстремальных ситуаций, вызывающих повышенную эмоциональную напряженность диспетчера, встает вопрос о необходимости учета количества информации, поступающей к ДУВД через зрительный канал.

## 2. Постановка задачи исследований

Таким образом, учитывая вышеуказанный опыт применения методов кибернетических информационных цепей профессора А. А. Денисова, целью данной публикации является дальнейшее их развитие для исследования проблем ЧФ в АНСР. А именно, изучение работоспособности ДУВД при увели-

чении интенсивности движения потока обслуживаемых им ВС.

### 3. Определение загруженности авиадиспетчера при высокой интенсивности воздушного движения

При оценке рабочей нагрузки ДУВД, а также учитывая тот факт, что коэффициент загруженности на определенных этапах потока ВД превышает предельно допустимые нормы, у нас возникла идея провести опытный эксперимент на предмет выявления общего состояния ДУВД в моменты, когда коэффициент загруженности приближен к максимальному или превышает его. В эксперименте участвовали добровольцы с различным опытом работы в службе УВД и разной квалификации.

Эксперимент проводился на тренажерном модуле профессиональной подготовки (ПП) ДУВД. Тренажерное упражнение учитывало реальное движение ВС в зоне РЦ ЕС ОрВД, имело продолжительность в 1 час и учитывало вводные по изменению ВС высот полета, догон более скоростным ВС менее скоростного, движение ВС по пересекающимся воздушным трассам, запросы ВС метеоусловий на аэродромах назначения и запасных, обход ВС

опасных метеоявлений на маршруте полета, встречное движение ВС, особый случай в полете – пожар на ВС с невозможностью последнего следовать до аэродрома назначения. Ввод в программу особого случая в полете был произведен с целью компенсации у испытуемого разницы между УВД на симуляторе и УВД в реальности. Кроме этого, к испытуемому подключался медицинский прибор «Оксиметр Пульсовой», который фиксировал данные о частоте пульса испытуемого и сатурацию кислорода в крови ( $SpO_2$ ) в единицу времени. Реализации упражнения осуществлялась с перманентно возрастающей интенсивностью и плотностью движения ВС до тех пор, пока диспетчер не «ломался», то есть не допускал возникновения инцидента или АП.

На последних этапах эксперимента стало практически ясно, что в процессе своей непосредственной деятельности, при постоянном вводе данных заставляющих его решать алгоритмы задач по УВД авиадиспетчер испытывает чрезмерные моральные, эмоциональные и физиологические нагрузки.

Средние значения данных о психофизиологическом состоянии ДУВД зафиксированных в ходе эксперимента приведены в табл. 1. При этом средний возраст участников эксперимента составил 33,8 лет, а средний стаж работы - 11,4 лет.

Таблица 1

Средние значения показатели психофизиологического состояния авиадиспетчеров при интенсификации обслуживаемого потока воздушных судов

T, мин	N	Q	Nq	Fd	Fh	SpO2	Jfc бит	No бит	Nk бит	Tlim сек	ЭФС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
00	00	0	0	73	75	0,987	0	0	0	20	Тщательная подготовка к работе
01	1	0	0	73	75	0,987	308	227	93	18,14	Небольшая взволнованность.
02	2	1	2	73	75	0,985	616	454	186	16,28	Концентрация внимания.
03	2	1	2	73	75	0,985	616	454	186	16,28	Концентрация внимания
04	3	1	2	73	75	0,985	924	681	279	14,42	Полная сосредоточенность
05	4	1	2	74	75	0,984	1232	908	372	12,56	Четкое и точное выполнение технологических операций
06	4	2	3	74	75	0,984	1232	908	372	12,56	Концентрация внимания
07	5	2	4	74	75	0,984	1540	1135	465	10,7	Отсутствие реакции на внешние раздражители
08	6	3	6	74	76	0,982	1540	1362	558	8,84	Повышение громкости голоса.
09	6	3	6	74	76	0,982	1540	1362	558	8,84	Увеличение скорости речи.
10	7	3	6	75	77	0,977	1848	1589	651	6,98	Увеличение скорости выполнения технологических операций.
11	8	4	6	76	78	0,975	2156	1816	744	5,12	Сосредоточенность на УВД
12	8	3	5	76	78	0,975	2156	1816	744	5,12	Сосредоточенность на УВД
13	9	3	5	77	78	0,975	2464	2043	837	3,26	Сосредоточенность на УВД
14	10	4	5	77	79	0,975	2772	2270	930	1,4	Сосредоточенность на УВД
15	10	4	5	77	79	0,975	2772	2270	930	1,4	Сосредоточенность на УВД
16	10	3	6	77	79	0,975	2772	2270	930	1,4	Сосредоточенность на УВД
17	11	4	8	78	80	0,972	3080	2497	1023	-0,46	Сосредоточенность на УВД
18	11	4	8	78	80	0,972	3080	2497	1023	-0,46	Повышение громкости голоса.
19	11	3	6	78	80	0,972	3080	2497	1023	-0,46	Повышение громкости голоса.
20	12	4	9	79	81	0,971	3388	2724	1116	-2,32	Потоотделение.

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21	13	5	10	79	81	0,968	3696	2951	1209	-4,18	Возбужденное состояние
22	13	5	10	79	81	0,968	3696	2951	1209	-4,18	Возрастание возбуждения
23	14	5	11	80	82	0,967	4004	3178	1302	-6,04	Выдача сокращенных команд ЭВС граничащих с нарушением правил ведения ФРО по причине дефицита времени на решение ПКС.
24	15	4	10	81	83	0,966	4312	3405	1395	-7,9	
25	15	4	9	81	83	0,966	4312	3405	1395	-7,9	
26	16	4	8	82	85	0,965	4620	3632	1488	-9,76	
27	17	5	9	83	85	0,963	4928	3859	1581	-11,62	
28	17	5	9	83	85	0,963	4928	3859	1581	-11,62	
29	18	5	10	83	86	0,960	5236	4086	1674	-13,48	
30	19	4	10	83	87	0,960	5544	4313	1767	-15,34	Появление дрожи в голосе.
31	20	5	11	86	89	0,960	5852	4540	1860	-17,2	Потоотделение.
32	20	5	11	86	89	0,960	5852	4540	1860	-17,2	Выдача ошибочных команд ЭВС, дублирование отданных команд.
33	21	4	10	86	89	0,952	6160	4767	1953	-19,06	
34	20	4	9	86	89	0,953	5852	4540	1860	-17,2	Потоотделение.
35	19	3	7	87	90	0,952	5544	4313	1767	-15,34	Суетливое поведение.
36	19	3	6	87	90	0,952	5544	4313	1767	-15,34	Выдача команд с указанием неправильных позывных ВС
37	19	3	6	87	91	0,952	5544	4313	1767	-15,34	Внешнее проявление неуверенности за принятые решения и отданные команды ЭВС.
38	20	3	7	88	91	0,952	5852	4540	1860	-17,2	
39	18	3	6	89	91	0,952	5236	4086	1674	-13,48	Пропуски отдельных сообщений, технологических операций.
40	18	4	8	91	97	0,950	5236	4086	1674	-13,48	
41	19	4	9	93	98	0,949	5544	4313	1767	-15,34	Ошибки при УВД. Неправильный прием информации от ВС, смежных ДП.
42	20	5	10	93	100	0,944	5852	4540	1860	-17,2	
43	20	5	10	93	100	0,944	5852	4540	1860	-17,2	Эшелонирование ВС на грани опасного сближения.
44	20	6	12	94	100	0,942	5852	4540	1860	-17,2	
45	21	6	12	97	101	0,942	6160	4767	1953	-19,06	Пропуски отдельных сообщений, технологических операций.
46	22	5	11	98	103	0,942	6468	4994	2046	-20,92	
47	23	5	10	98	103	0,942	6776	5221	2139	-22,78	Более очевидное внешнее проявление неуверенности за принятые решения и отданные команды ЭВС
48	24	4	8	98	105	0,942	7084	5448	2232	-24,64	
49	24	4	8	98	105	0,942	7084	5448	2232	-24,64	Пропуски отдельных сообщений.
50	25	4	8	98	106	0,941	7392	5675	2325	-26,5	
51	26	4	8	100	106	0,942	7700	5902	2418	-28,36	Ослабление скорости движений, речи, ослабление концентрации внимания, отвлечение на внешние раздражители без ранжирования приоритетов.
52	24	4	9	102	106	0,937	7084	5448	2232	-24,64	
53	25	5	10	104	108	0,936	7392	5675	2325	-26,5	Замедленное решение ПКС
54	25	5	10	104	108	0,936	7392	5675	2325	-26,5	
55	26	5	11	105	107	0,936	7700	5902	2418	-28,36	Нарушение правил эшелонирования ВС (опасное сближение).
56	27	5	12	106	110	0,936	8008	6129	2511	-30,22	
57	27	4	11	105	110	0,936	8008	6129	2511	-30,22	Шоковое состояние.
58	25	4	8	100	107	0,938	7392	5675	2325	-26,5	
59	24	3	7	100	107	0,940	7084	5448	2232	-24,64	Неуверенные попытки продолжить УВД.
60	23	3	6	99	106	0,947	6776	5221	2139	42,78	Раздраженность, отдышка.

ПРИМЕЧАНИЕ: Т- время; N- количество ВС; Q – среднее количество возникших ПКС; Nq-количество ВС, имеющих отношение к ПКС; Fd – средние значения нижнего предела частоты пульса у участников эксперимента; Fh – средние значения верхнего предела частоты пульса у участников эксперимента; SpO<sub>2</sub> – средние значения сатурации кислорода у участников эксперимента; Jфс – среднее суммарное количество поступившей к ДУВД, через зрительный канал, информации от ФС на данный момент времени; No- среднее суммарное количество информации от ФС, подлежащее перенесению в оперативную память ДУВД на данный момент времени; Nк – среднее суммарное количество информации от ФС, подлежащее сохранению в кратковременной памяти на данный момент времени; Tlim – лимит времени, потребного на восприятие информации Nк; ЭФС – эмоциональное и физическое состояние по внешним признакам.

В ходе эксперимента выявлено существенное влияние опыта работы и возраста на эффективность их деятельности. При этом ДУВД с большим опы-

том работы, но уже преклонного возраста с большей уверенностью решали потенциально-конфликтные ситуации (ПКС) в начале эксперимента, но при вы-

сокой интенсивности воздушного движения (ИВД) чаще испытывали умственное утомление, как и ДУВД возраста 25-27 лет, но с небольшим опытом работы. Наибольшие положительные показатели проявились у ДУВД возраста 31–35 лет. Они, обладая достаточным опытом работы за каналом, предугадывали ПКС, принимали более гибкие решения. Это подтвердило наличие у них достаточной выносливости, т.е. они оказались менее утомляемы в процессе решения задач в практическом УВД, что затягивало наступление фазы «срыва» (рис. 3), характеризующейся резким падением работоспособности, невозможностью продолжения эффективной работы из-за потери ориентации в воздушной обстановке.

Увеличение ИВД способствует изменению такого важного для ДУВД качества, как внимание – от полной сосредоточенности и ясного представления текущей и прогнозируемой обстановки до рассеянности или даже возникновения стресса. Устойчивость психологической системы при деятельности ДУВД в различных условиях работы объективно находит отражение в изменении внутренних параметров психофизиологических процессов, в частности, в характере изменения их взаимодействия.

Учитывая общность регуляторных механизмов адаптации организма к большим физическим и психо-эмоциональным нагрузкам, можно предположить, что, как и при физических нагрузках [22] у спортсменов, так и при умственных нагрузках у ДУВД существует определённая взаимосвязь между заполнением оперативной памяти и выраженными нарушениями ответных реакций вплоть до «нулевого феномена».

Диспетчерская аппаратура радионаблюдения работает в форматах и соответствующих протоколах, используемых для услуг режима S и расширенного сквиттера [23]. На главном же экране автоматизированного рабочего места (АРМ) ДУВД [24], существуют 3 основных элемента, используемые при обслуживании воздушного движения, которые не могут быть удалены в процессе работы. Они находятся постоянно в рабочем состоянии, имеют как справочную информацию, так и оперативную рабочую информацию, которая может быть изменена ДУВД. При этом информация делится на статическую (карта ВП, параметры ВС, параметры зон управления и аэродромов, нормативная и справочная информация) и динамическую часть (координатная (цифровая и оцифрованная аналоговая), полетная информация, планы полетов, метеорологическая информация, сообщения о корректировке планов полетов, OLDI сообщения о координации).

Основной частью динамической информации является метеорологическая информация, непосредственно заполняющая часть объема оперативной

памяти, с частотой обновления  $\approx 30$  мин. Основной же динамической информацией являются формулы сопровождения (ФС) ВС – специальная функция, отображающая текущую информацию о ВС. Состав ФС, разработан в соответствии с рекомендациям и требованиям документов Евроконтроля (EATCNP PHASE III NMI Cataologue, ODID IV). При этом ФС могут находиться в трех состояниях: неактивном (стандартное состояние, когда диспетчер не обращается к формуляру); активное (когда ДУВД обратился к ФС наведением курсора мышки ПК); расширенное (непосредственные действия ДУВД раскрывают всю информацию о конкретном ВС).

Дополнительно ФС отображаются разными цветами: (черным – активные ВС, находящиеся на УВД); синим (планируемые ВС, ожидаемые на УВД); серым (все ВС вне зоны ответственности текущего пункта УВД); голубым (все ВС сопровождаемые только по плановым траекториям); желтым (нештатная ситуация, нестандартные параметры полета); красным (авария, пересечение запретных зон и т.д.).

Структурная схема ФС в расширенном виде (ФС РВ) представлена на рис. 5.

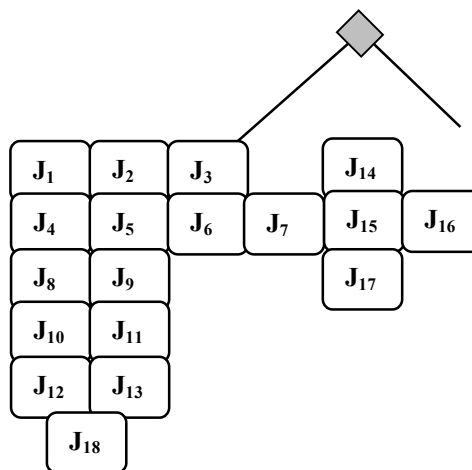


Рис. 5. Структурная схема формуляра сопровождения в расширенном виде

На рис. 5 приняты следующие обозначения:

J<sub>1</sub> - код приемоответчика (позывной ВС, название рейса). Состоит из 4-х цифр (4096 кодов) или из 3-х букв латинского алфавита и 3-х цифр, или из 5 букв латинского алфавита;

J<sub>2</sub> - категория турбулентности следа ВС (Н, М, L);

J<sub>3</sub> - управляющий сектор (до 3-х букв и знака # или 1 буква, 2 цифры и знак #);

J<sub>4</sub> - текущая высота (4 цифры);

J<sub>5</sub> - знак тенденции изменения высоты;

J<sub>6</sub> - заданная высота (4 цифры);

$J_7$  - путевая скорость в км/час, узлах/час или число маха (М) (3 цифры);

$J_8$  - высота передачи управления (3 цифры);

$J_9$  - пункт передачи управления (от 2 до 5 букв);

$J_{10}$  - заданный курс (3 цифры);

$J_{11}$  - заданная скорость в км/час, узлах/час или число М;

$J_{12}$  - текущие координаты (полярные - А + 3 цифры или географические - широта, градусы, минуты);

$J_{13}$  - текущие координаты (полярные - Д + 3 цифры или географические - долгота, градусы, минуты);

$J_{14}$  - код приемоответчика или регистрационный номер ВС (до 5 цифр или 5 букв латинского алфавита);

$J_{15}$  - тип ВС (1 буква и 3 цифры или 2 буквы и 2 цифры);

$J_{16}$  - крейсерская скорость (в км/час (К и 4 цифры), в узлах/час (N и 4 цифры), число маха (М и 3 цифры) или крейсерский эшелон (F и 3 цифры), эшелон в метрах (S и 4 цифры), высота полета в метрах (M и 4 цифры);

$J_{17}$  - код аэродрома вылета (4 буквы), пробел, код аэродрома назначения (4 буквы);

$J_{18}$  - список предупреждений и нестандартных режимов (отклонение от маршрута, отсутствие ФПЛ и т.д. до 21 знака).

Элементы  $J_1$ - $J_{18}$  ФС содержат количество информации о событиях, реализующихся с одинаковой вероятностью, т.е.

$$\sum_{i=1}^N P_i = 1, \quad (13)$$

где N – количество возможных событий;

$P_i$  – вероятность i-го события.

Согласно формуле Ральфа Хартли (1928) количество информации в каждом элементе ФС будет равно:

$$J = \log_2 N. \quad (14)$$

При передаче формализованных сообщений в РФ используются 26 букв латинского и 31 буква русского алфавита [25]. Поэтому количество информации содержащейся в одной букве латинского алфавита при передаче формализованных кодированных сообщений ФС будет равно:

$$J = \log_2 26 = 4,7 \text{ бит},$$

а для русского алфавита  $J = \log_2 31 = 4,95 \text{ бит}$ .

Если вероятность передачи кодированного сообщения на любом из алфавитов одинакова, то для расчетов будем использовать среднее значение информации в одной букве, равное 4,8 бит. Количество же информации в каждой цифре (в диапазоне от 0 до 9) будет:  $J = \log_2 10 = 3,32 \text{ бит}$ . Количество информации может варьироваться при передаче циф-

ровых сообщений в лимитированных диапазонах например первая цифра курса ВС от 0 до 3.

Следовательно, для варианта 1 блока  $J_1$  количество информации составит:

$$J_{1,1} = \log_2 4 + (\log_2 10 \cdot 3) = 11,965 \text{ бит.}$$

- для варианта 2:

$$J_{1,2} = (\log_2 26 \cdot 3) + (\log_2 10 \cdot 3) = 24,067 \text{ бит.}$$

-для варианта 3:

$$J_{1,3} = (\log_2 26 \cdot 5) = 23,502 \text{ бит.}$$

Поскольку информация  $J_1$  может представляться в виде  $J_{1,1}$ ,  $J_{1,2}$ ,  $J_{1,3}$  с одинаковой вероятностью  $\cdot P_i$  их появления, то каждый отдельный исход, имеющий вероятность  $P_i = 1/3$ , вносит неопределенность, равную:

$$\frac{1}{N} \log_2 N = -\frac{1}{N} \log \frac{1}{N}. \quad (15)$$

Среднее количество информации в блоке  $J_1$  составит величину:

$$J_1 = \frac{1}{3}(J_{1,1} + J_{1,2} + J_{1,3}) = 19,84 \text{ бит.}$$

Среднее количество информации в каждом элементе  $J_i$  ФС в расширенном виде представлено в табл. 2

Таблица 2

Количество информации в элементах формуляра сопровождения расширенного вида

$J_i$	$P_i$	$J_i$ , бит
$J_1$	1/3	19,84
$J_2$	1/3	1,58
$J_3$	1/2	13,72
$J_4$	1	13,29
$J_5$	1/2	1
$J_6$	1	13,29
$J_7$	1/3	9,97
$J_8$	1/3	9,97
$J_9$	1/4	16,45
$J_{10}$	1	6,64
$J_{11}$	1/3	9,19
$J_{12}$	1/2	13,04
$J_{13}$	1/2	13,54
$J_{14}$	1/2	20,05
$J_{15}$	1/2	15,35
$J_{16}$	1/6	15,88
$J_{17}$	1/2	29,8
$J_{18}$	$P_i^{-1}$	85,28

Таким образом, через ФС в расширенном виде ДУВД получает количество информации об одном ВС:

$$\sum_{i=1}^N J_i = J_{\text{ФСРВ}} = 307,88 \text{ бит.}$$

В процессе УВД диспетчер, как правило, активирует ФС РВ один раз за все время нахождения ВС в зоне ответственности. В основном ФС имеют неактивное (ФСН) или активное (ФСА) состояния. В состоянии ФСА имеет вид, представленный на рис. 6, а диспетчер получает количество информации:  $J_{\text{ФСА}} = J_{\text{ФСРВ}} - (J_{14} + J_{15} + J_{16} + J_{17}) = 226,8$  бит.

При этом следует учитывать, что ФСА отображается только при наведении на него курсора мышки, т.е. события  $\text{ФСА}_1$  и  $\text{ФСА}_2$  являются несовместимыми, следовательно, вероятность активации ФСА в момент времени  $T$  равна  $P_{\text{ФСА}} = 1/N$ , где  $N$  - количество ВС в обслуживаемой зоне, а относительная частота  $F_t$  необходимости активации ФСА (например, для привязки измерителя, активации функции согласования, трек по плану и т.д.) в среднем будет равна количеству ВС, имеющих отношение к конфликтным ситуациям  $N_q$ :

$$F_t = N_q \cdot \quad (16)$$

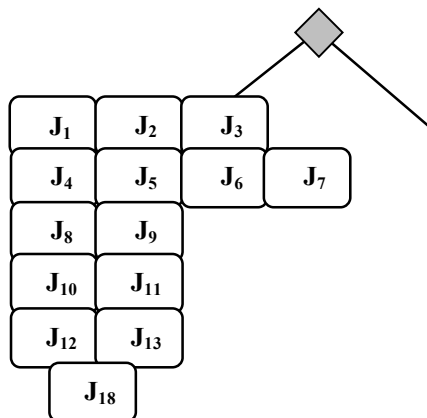


Рис. 6. Структурная схема формуляра сопровождения в активном состоянии

Состав формуляра сопровождения в неактивном состоянии (ФСН) выбирается ДУВД из условия минимального перекрытия информации на экране и отображения наиболее важных данных по выполняемому рейсу. При этом среднестатистический ДУВД РЦ задает вид ФСН, представленный на рис. 7.

Из ФСН ДУВД получает количество информации:

$$J_{\text{ФСН}} = J_{\text{ФСА}} - (J_6 + J_7 + J_8 + J_{10} + J_{11} + J_{18}) = 92,46 \text{ бит.}$$

Из вышеизложенного следует, что часть динамической информации по отдельному ВС,  $J_{\text{ДИН}}$  (информации ФСРВ, ФСА) в соответствии с определенными задачами должно восприниматься, дешифроваться, запоминаться и непосредственно сохраняться в оперативной памяти ДУВД ( $N_0$ ), а информация из ФСН - в кратковременной памяти ( $N_k$ ).

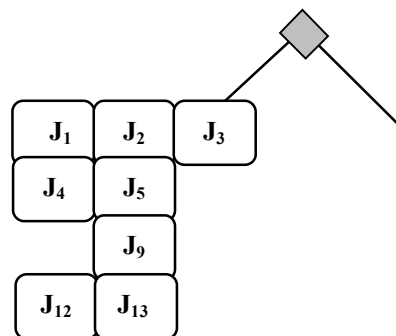


Рис. 7. Структурная схема формуляра сопровождения в неактивном состоянии

Таким образом, количество информации, подлежащей сохранению в памяти ДУВД будет зависеть от количества ВС на УВД:

$$N_0 = (J_{\text{ДИНФСРВ}} - J_{\text{ФСН}}) \cdot N, \quad (17)$$

$$N_k = J_{\text{ФСН}} \cdot N, \quad (18)$$

где  $N$  - фактическое количество ВС на УВД.

В зависимости от воздушной обстановки ( $N_k$ ) в соответствии с (16) может краткосрочно увеличиваться и таким образом составит величину:

$$N_{kk} = J_{\text{ФСН}} (N - N_q) + N_q \cdot J_{\text{ФСА}}, \quad (19)$$

где  $N$  - количество ВС на УВД;

$N_q$  - количество ВС имеющих отношение к КС.

Согласно [12, 26] человек в среднем читает незнакомый текст со скоростью 600 знак/мин, т.е. время чтения одного знака  $t=0,1$  с, развивая при этом смысловую мощность  $N=200$  бит<sup>2</sup>/сек и пропускает информационный ток  $N_q=50$  бит/сек, что является физиологическим пределом. Следовательно, осмысленно за секунду он может принять количество предлагаемой информации не более  $I_{\text{max}}$ , и воспримет информацию от ФСН (рис. 6), за время:

$$T_{\text{ФСН}} = \frac{J_{\text{ФСН}}}{I_{\text{max}}} = 1,85 \text{ сек.}$$

При этом время  $T$  сохраняемой в  $N_k$  информации не более 20 сек [21],

$$T_{N_k} \leq 20 \text{ сек}, \quad (20)$$

играет доминирующую роль в процессе непосредственного УВД и нуждается в постоянном ее обновлении.

Учитывая тот факт, что период обновления информации от трассового радиолокатора (ОРЛ-Т) составляет не более 10 сек, а аэродромного (ОРЛ-А) не более 6 сек [22], то актуальную информацию о максимальном количестве ВС от ФСН  $N_{\text{ВСФСН max}}$ , которую сможет воспринять ДУВД за один оборот антенны ОРЛ-Т ( $T_{\text{ОРЛ-Т}}$ ) составит:

$$N_{\text{ВСФСН}_{\text{max}}} = \frac{J_{\text{max}} \cdot T_{\text{ОРЛ-Т}}}{J_{\text{ФСН}}} \quad (21)$$

Следовательно,  $N=5,4$  ВС, что в свою очередь, является нижней границей числа Миллера. Максимальное количество информации которое сможет воспринять ДУВД за один оборот антенны ОРЛ-Т составит 500 бит, а удержать в кратковременной памяти на протяжении 20 сек он сможет 1000 бит, или информацию о 10 ВС, что приближено к верхнему значению числа Миллера.

Фактическое количество ВС на УВД, превышающее  $N_{\text{ВСФСН}_{\text{max}}}$  вынуждает ДУВД воспринимать информацию сегментально, а при условии (20) воспринимать заново (обновлять), акцентируя свое внимание на сегменте в котором прогнозируется ПКС. Остальная информация, в этом случае, может выпасть из его внимания.

Согласно [27], у здоровых людей уровень  $\text{SpO}_2$  лежит в диапазоне от 96 до 99%, а снижение  $\text{SpO}_2$  ниже 90% определяется как острая дыхательная недостаточность. В начале нашего эксперимента уровень  $\text{SpO}_2$  составил в среднем 98,7%. Затем происходит его снижение до уровня 93,6%, что составляет 5,16% от первоначального значения и превышает пороговые значения на 1,16%. Причем скорость снижения увеличивается при увеличении количества поступающей к ДУВД информации, что тоже свидетельствует о необходимости проведения исследований в этом направлении.

Наступление фаз эффективности деятельности ДУВД и графики экспериментальных показателей представлено на рис. 8.

## Выводы

1. В результате исследований доказана применимость кибернетических методов информационных цепей для исследования психофизиологического состояния ДУВД.

2. Определено, что:

– возрастной ценз ДУВД, при котором наблюдается наилучшая эффективность производственной деятельности – 31..35 лет, а стаж работы не менее 10 лет;

– избыточная информационная нагрузка на зрительный канал ДУВД является угрозой, вызывает нежелательные психофизиологические состояния и напрямую влияет на эффективность деятельности при УВД;

– минимальное время, затрачиваемое на восприятие информации об одном ВС составляет 1,85 сек;

– количество воспринимаемой через зрительный канал ДУВД информации зависит от частоты

обновления информации, настройки формуляров сопровождения ВС, информационных окон на экране радиолокатора и не превышает 50 бит/сек, при этом, в кратковременной памяти ДУВД может удержать информацию не более чем о 10 ВС.

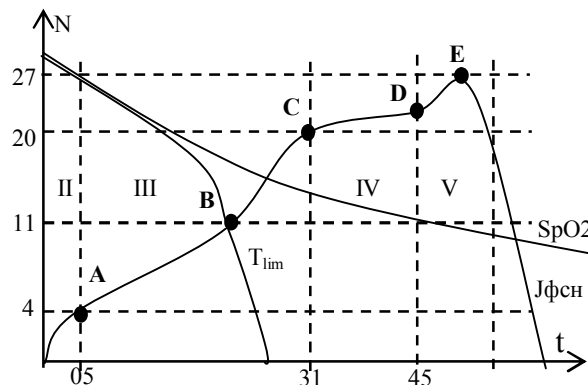


Рис. 8. Наступление фаз эффективности деятельности авиадиспетчера при изменении экспериментальных показателей  $\text{SpO}_2$ ,  $N_k$ ,  $T_{\text{lim}}$ :  $t$  – время;  $N$  – количество ВС на управлении; А-Е – критические точки, соответствующие изменению психофизиологического состояния авиадиспетчеров, инициирующие переход в последующую фазу деятельности II – V;  $\text{SpO}_2$  график изменения уровня насыщения крови кислородом;  $N_k$  – график количества поступающей информации;  $T_{\text{lim}}$  – график дефицита времени для запоминания поступающей информации

3. Полученные результаты могут быть использованы для таких дальнейших исследований как:

– учет и анализ количества отображаемой информации на экране монитора АС УВД как при разработке, так и при эксплуатации автоматизированных систем;

– разработка методических рекомендаций ДУВД по контролю угроз, ошибок и нежелательных состояний, связанных с информационными нагрузками на зрительный канал.

– эргономическое обоснование рабочей нагрузки и мониторинга деятельности и психофизиологического состояния ДУВД неинвазивным путём.

## Литература

1. Человеческий фактор. Сборник материалов № 7 "Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах" (Cir 240) [Текст]. – ICAO, Монреаль, Канада, 1993. – 78 с.

2. Буянов, В. П. Рискология (управление рисками) [Текст] : учеб. пособие / В. П. Буянов, К. А. Кирсанов, Л. М. Михайлов. – М. : Экзамен, 2003. – 384 с.



3. Чижевский, А. Л. Физические факторы исторического процесса [Текст] / А. Л. Чижевский. – Калуга : 1-я Госполитография, 1924. – 76 с.
4. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) [Текст] : Док. ICAO 9859 – AN/474. – Изд-е 3-е. – Монреаль, Канада, 2013. – 75 с.
5. Горский, Ю. М. Информационные аспекты управления и моделирования [Текст] / Ю. М. Горский. – М. : Наука, 1978. – 224 с.
6. Горский, Ю. М. Системно-информационный анализ процессов управления [Текст] / Ю. М. Горский. – М. : Наука, 1988. – 327 с.
7. Рева, О. М. Оцінка структурної ефективності служби руху (на прикладі Красноярського центра обслуговування повітряного руху) [Текст] / О. М. Рева, В. І. Вдовиченко, І. М. Устименко // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2012. – № 10 (97). – С. 176-186.
8. Рева, А. Н. Эффективность организации коммуникаций в системе аэронавигационного обслуживания полетов (на примере Красноярского центра обслуживания воздушного движения) [Текст] / А. Н. Рева, И. М. Устименко, В. Н. Колтаков // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2013. – № 7 (104). – С. 215-226.
9. Устименко, И. М. Информационные цепи в описании процессов функционирования аэронавигационной системы [Текст] / И. М. Устименко // *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINNT-2014)* : зб. матеріалів VI Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 180-річчю з дня заснування Херсонської державної морської академії, Херсон, 27-29 травня 2014 р. – Херсон : ХДМА, 2014. – С. 94-97.
10. Устименко, И. М. Информационно-кибернетическая модель организационных аэронавигационных структур [Текст] / И. М. Устименко // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2014. – № 9(116). – С. 157-167.
11. Рева, А. Н. Влияние интенсивности движения воздушных судов на диспетчера управления воздушным движением [Текст] / А. Н. Рева, И. М. Устименко // *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2015)* : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф., Херсон, 26-28 травня 2015 р. – Херсон : ХДМА, 2015. – С. 76-80.
12. Денисов, А. А. Теория больших систем управления [Текст] : учеб. пособ. / А. А. Денисов, Д. Н. Колесников. – Л. : Энергоиздат, 1981. – 238 с.
13. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем [Текст] : пер. с англ. / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахага. – М. : Мир, 1973. – 344 с.
14. Цвиркун, А. Д. Структура многоуровневых и крупномасштабных систем. Синтез и планирование развития [Текст] / А. Д. Цвиркун, В. К. Акунфиев. – М. : Наука, 1993. – 160 с.
15. Miller, G. The magical number seven, plus or minus two: some limits on or capacity for processing information [Text] / G. Miller // *Psychological Review*. – 1956. – № 63. – P. 81-97.
16. Герасимов, Б. М. Організаційна ергономіка : Методи та алгоритми досліджень і проектування [Текст] : монографія / Б. М. Герасимов, В. В. Камішин. – К. : ТОВ «Інфосистем», 2009. – 212 с.
17. Козелецкий, Ю. Психологическая теория решений [Текст] : пер. с польск. / Ю. Козелецкий ; под ред. Б. В. Бирюкова. – М. : Прогресс, 1979. – 504 с.
18. Психология труда [Текст] : пер. со словацкого / Петер Крбатя, Й. Мюллер [и др.] ; общ. ред. и предисл. К. К. Платонова. – М. : Профиздат, 1979. – 216 с.
19. Паркинсон, С. Н. Законы Паркинсона [Текст] : пер. с англ. / С. Н. Паркинсон. – М. : Прогресс, 1989. – 448 с.
20. Психология [Текст] : учеб. / В. М. Аллахвердов, С. П. Безносков, С. И. Богданова [и др.] ; отв. ред. А. А. Крылов. – М. : Проспект, 2005. – 752 с.
21. Немов, Р. С. Психология. Кн. 1 : Общие основы психологии [Текст] / Р. С. Немов. – М. : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. – 688 с.
22. Федеральные авиационные правила «Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь в гражданской авиации. Утв. Приказом Минтранса России от 20.10.2014 г. №297 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70712462/>. – 12.02.2015.
23. Технические положения, касающиеся услуг режима S и расширенного сквиттера [Электронный ресурс] : ICAO Doc. 9871. – Монреаль, Канада, 2012. – Режим доступа: [http://airspot.ru/book/file/841/9871\\_cons\\_ru.pdf](http://airspot.ru/book/file/841/9871_cons_ru.pdf). – 12.02.2015.
24. Комплекс средств автоматизации управления воздушным движением «Альфа» : Руководство по эксплуатации [Текст] / Руководство пользователя. – СПб. : ООО Фирма «НИТА», 2006. – Ч. 3. – 123 с.
25. Табель сообщений о движении воздушных судов в Российской Федерации. Утв. Приказом Минтранса России от 24.01.2013. №13 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uralfavt.ru/usr/2013-08-21%20Tabel%20TS-2013.pdf>. – 12.03.2015.
26. Справочник по инженерной психологии [Текст] / под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Машиностроение, 1982. – 368 с.
27. Деревщиков, С. А. Пособие дежуранта [Текст] / С. А. Деревщиков. – Горно-Алтайск, 2014. – 493 с.

Поступила в редакцию 8.06.2015, рассмотрена на редколлегии 23.06.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки и техники Украины, зав. каф. проектирования авиационных двигателей С. В. Епифанов, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ", Харьков.

### СИНТЕЗ ДІЯЛЬНОСТІ І КІБЕРНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНОГО НАВАНТАЖЕННЯ АВІАДИСПЕТЧЕРА ПРИ ВИСОКІЙ ІНТЕНСИВНОСТІ ПОВІТРЯНОГО РУХУ

*О. М. Рева, І. М. Устименко, О. П. Плясовських*

Орієнтуючись на необхідність обліку і аналізу кожного елементу аеронавігаційної системи, з погляду його впливу на безпеку польотів, відповідно до рекомендацій ІКАО запропонований інформаційний підхід для проактивного дослідження психофізіологічного стану авіадиспетчера при високих інформаційних навантаженнях, що відображають існуючу організацію комунікацій для обміну керуючою інформацією між її складовими, активними елементами, з урахуванням відповідного ступеня складності, стандартизованих процедур, централізованого прийняття рішень. Експериментально оцінені можливості інтелектуальної (смысловий) потужності авіадиспетчера, визначувані кількістю оперативної інформації, що поступає через зоровий канал з індикатора радіолокатора автоматизованої системи управління повітряним рухом.

**Ключові слова:** інтенсивність руху повітряних судів, служба руху, інформаційний опір, інтелектуальна потужність, оперативна пам'ять.

### SYNTHESIS OF ACTIVITY AND CYBERNETIC ANALYSIS OF INFORMATION LOAD OF THE AIR TRAFFIC CONTROLLER IN CONDITIONS OF HIGH AIR TRAFFIC INTENSITY

*A. N. Reva, I. M. Ustimenko, A. P. Plyasovskih*

Being guided by the need of the account and analysis of each element of air navigation system, from a point of its influence on flight safety, according to the recommendations formulated by ICAO information approach for proactive research of a psychophysiological condition of the air traffic controller under high information load is offered. The information load shows the existing organization of communications for an exchange of operating information between its compound active elements taking into account the degree of complexity, the standardized procedures and the centralized decision-making. Possibilities of intellectual (conceptual) power of the air traffic controller are experimentally estimated by the quantity of operational information received from the radar screen of the automated air traffic control system through the visual channel.

**Keywords:** aviation systems safety, air traffic service, management information sources, intensity of air traffic, Air Traffic Service Department, information resistance, intellectual power, short term memory.

**Рева Алексей Николаевич** – д-р техн. наук, проф., проф. каф. дистанционного обучения Национального авиационного университета, Киев, Украина, e-mail: ran54@meta.ua.

**Устименко Иван Михайлович** – нач. отд. организации профессиональной подготовки персонала филиала «Аэронавигация Центральной Сибири» ФГУП «Госкорпорация по ОрВД», Красноярск, Россия, e-mail: ustimenkoivan@inbox.ru.

**Плясовских Александр Петрович** – д-р техн. наук, нач. научно-исследовательской лаборатории Открытого акционерного общества «Ордена Трудового Красного Знамени Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры», Санкт-Петербург, Россия, e-mail: vniira@yandex.ru.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
“Харківський авіаційний інститут”

**АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНА ТЕХНІКА  
І ТЕХНОЛОГІЯ**  
10'2015

---

Адреса редакції:  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
"Харківський авіаційний інститут"  
Україна, 61070, Харків–70, вул. Чкалова, 17  
**e-mail:** ntrio@khai.edu, alexlesch@mail.ru, aleksandr.leshchenko@gmail.com, alexlesch@ukr.net

Віддруковано ФОП Лисенко І. Б.  
61070, Харків – 70, вул. Чкалова, 17, моторний корпус, к. 147  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготівників  
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 2607 від 11.09.06 р.

*Уважаемые руководители предприятий (организаций),  
специалисты, читатели, авторы журнала  
"Авиационно-космическая техника и технология"!*

Продолжается подписка на **2015** и **2016** г. г.  
Индекс журнала в Каталоге подписных изданий Украины – **08985**

**АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА  
И ТЕХНОЛОГИЯ**

10'2015

Ответственный за выпуск С. В. Елифанов

Редактор Н. В. Алиева  
Компьютерный набор Т. С. Пискловой  
Компьютерная верстка Ю. А. Лещенко

Оригинал-макет изготовлен на кафедре информационных управляющих систем  
Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского  
“Харьковский авиационный институт”

Подписано в печать 31.07.2015  
Формат 60x84 1/8. Бум. офс. № 2. Офс. печ.  
Усл. печ. л. 19,41 Уч.-изд. л. 18,56 Т. 100 экз. Заказ 290. Цена договорная

---

Адрес редакции:  
Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского  
"Харьковский авиационный институт"  
Украина, 61070, Харьков–70, ул. Чкалова, 17  
**e-mail:** ntrio@khai.edu, alexlesch@mail.ru, aleksandr.leshchenko@gmail.com, alexlesch@ukr.net

Отпечатано ФЛП Лысенко И. Б.  
61070, Харьков – 70, ул. Чкалова, 17, моторный корпус, к. 147  
Свидетельство о внесении субъекта издательского дела в государственный реестр издателей, изготовителей  
и распространителей издательской продукции ДК № 2607 от 11.09.06 г.