



**Степнова Е. И.**  
**Stepnova E. I.**

*аспирант кафедры «Измерительно-  
вычислительные комплексы»,  
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный  
технический университет»,  
г. Ульяновск, Российская Федерация  
инженер I категории,  
АО «Аэроприбор-Восход»,  
г. Москва, Российская Федерация*



**Киселев С. К.**  
**Kiselev S. K.**

*доктор технических наук,  
заведующий кафедрой «Измерительно-  
вычислительные комплексы»,  
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный  
технический университет»,  
г. Ульяновск, Российская Федерация*

УДК 629.05; 629.058

DOI: 10.17122/1999-5458-2020-16-2-105-111

## АДАПТИВНЫЙ ИНТЕРФЕЙС БОРТОВОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Статья посвящена актуальной проблеме — повышение безопасности полетов воздушного судна (ВС). В статье рассмотрена возможность снижения зрительной нагрузки пилота отображаемой на приборной доске пилотажно-навигационной информацией. Целью статьи является определение пилотажных параметров, повышающих зрительную нагрузку пилота, при этом не влияющих на успешное выполнение пилотажной задачи. Для этого проведен анализ данных, выводимых бортовой информационно-управляющей системой на электронный индикатор и действий пилота на разных этапах полета. Выявлена и обоснована необходимость отображения на экране многофункционального индикатора летательного аппарата пилотажно-навигационной информации адаптированной под этап полета.

В материалах статьи описываются характеристики адаптивного интерфейса бортовой информационно-управляющей системы летательного аппарата. Особое внимание уделено анализу особенностей взаимодействия пилота ВС с бортовым оборудованием, в данной случае с пилотажно-навигационным индикатором.

Рассмотрен способ, позволяющий снизить зрительную нагрузку пилота путем адаптации отображаемой пилотажно-навигационной информации под этап полета и сокращения количества отображаемых на экране многофункционального индикатора приборной доски данных. Рассмотрены материалы по исследуемой теме, предложена модель, позволяющая провести адаптацию отображения пилотажно-навигационной информации и описывающая ее зависимость от этапа полета ВС.

На основе полученных данных проведена оценка эффективности применения адаптивного интерфейса бортовой информационно-управляющей системы летательного аппарата для отображения на экране индикатора приборной доски ВС пилотажно-навигационной информации.

Основное достоинство применения адаптивного интерфейса бортовой информационно-управляющей системы летательного аппарата заключается в том, что предложенное отображение пилотажно-навигационной информации, адаптированные под выполняемый на данный момент этап полета, дает возможность уменьшить зрительную нагрузку на пилота, что, в свою очередь, положительно влияет на эффективность пилотирования и безопасность полетов.

**Ключевые слова:** система отображения информации, пилотажно-навигационная информация, зрительная нагрузка пилота, летательный аппарат, бортовая информационная система.

## ADAPTIVE INTERFACE OF THE ON-BOARD INFORMATION CONTROL SYSTEM OF THE AIRCRAFT

The article is devoted to an urgent problem — improving the safety of aircraft (AC) flights. The article discusses the possibility of reducing the pilot's visual load by the flight and navigation information displayed on the dashboard. The aim of the article is to determine the flight parameters that increase the pilot's visual load, while not affecting the successful performance of the flight task. For this, the analysis of the data displayed by the onboard information and control system on the electronic indicator and the pilot's actions at different stages of the flight was carried out. Revealed and substantiated the need to display on the screen of a multifunctional indicator of the aircraft flight and navigation information adapted to the stage of flight.

The article describes the characteristics of the adaptive interface of the onboard information and control system of the aircraft. Particular attention is paid to the analysis of the peculiarities of the interaction of the aircraft pilot with the onboard equipment, in this case with the flight and navigation indicator.

A method is considered that allows to reduce the pilot's visual load by adapting the displayed flight and navigation information for the flight stage and reducing the amount of data displayed on the screen of the multifunctional indicator of the dashboard. The materials on the topic under study are considered, a model is proposed that allows adapting the display of flight and navigation information and describing its dependence on the flight stage of the aircraft.

On the basis of the data obtained, the effectiveness of the use of the adaptive interface of the on-board information and control system of the aircraft for displaying flight and navigation information on the display of the aircraft dashboard was evaluated.

The main advantage of using the adaptive interface of the on-board information and control system of the aircraft is that the proposed display of flight and navigation information, adapted for the current flight stage, makes it possible to reduce the pilot's visual load, which in turn has a positive effect on the piloting efficiency and flight safety.

**Key words:** information display system, flight and navigation information, pilot's visual load, aircraft, on-board information system.

### *Введение*

Связь пилота с бортовой информационно-управляющей системой можно представить, как взаимодействие посредством различных интерфейсов (визуального, тактильного, звукового и др.) человека и компьютера. Это взаимодействие ограничено пропускной способностью интерфейсов «человек — машина» и организацией их работы. Комплекс взаимодействий «Пилот — Бортовое оборудование — Воздушное судно» делает данную систему эргатической, что накладывает особенности на ее проектирование и эксплуатацию [1].

Поскольку изменить характеристики пилота как элемента эргатической системы очень сложно, то для повышения эффективности информационного взаимодействия между пилотом и воздушным судном (ВС) необходимо изменить логику работы бортового оборудования, максимально подстроив ее под пилота.

Обмен информацией ВС и пилота осуществляется со стороны пилота — воздей-

ствием на органы управления ВС (рычаги, пульты и др.), со стороны ВС — информированием пилота о техническом состоянии бортового оборудования, пространственном положении ВС, работе систем ВС и окружающей обстановке, которое происходит в основном через визуальный интерфейс — отображение различных данных на экране многофункционального индикатора приборной доски.

Логика работы системы должна быть спроектирована таким образом, чтобы для пилота она была однозначной и учитывала требования эргономики. Для этого разработка пользовательского интерфейса должна проводиться совместно с проектированием и разработкой бортовой информационно-управляющей системы. В настоящее время это не всегда реализуется. Как правило, на начальных этапах разработки определяется состав, формируются структура и алгоритм работы бортовой системы и только на заключительном этапе разработки определяется, как будет отображаться информация на

экране индикатора, и каким образом пилот будет воздействовать на системы.

Часто именно такая организация проектирования бортовых систем приводит к непониманию пилотом полной логики ее работы, что приводит к дополнительным затратам времени пилота на восприятие и обработку информации. Это в условиях дефицита времени и напряженной работы в полете может привести к ошибкам.

Важным направлением повышения безопасного функционирования бортового эргатического комплекса «Пилот — Бортовое оборудование — Воздушное судно» является информационная поддержка экипажа, которая должна повышать надежность функционирования элементов комплекса и максимально облегчать работу пилота, при этом исключать возможность дезинформации и чрезмерного расслабления пилота [2].

Важной задачей при проектировании интерфейса «пилот — ВС» является распределение функций между пилотом и автоматикой.

Автоматизация какой-либо функции, в первую очередь, предназначена для улучшения характеристик ВС, однако при этом не должны ухудшаться характеристики пилота, такие как вовлеченность в процесс управления, осознание ситуации и способность выполнять управление ВС. Для этого должны автоматизироваться задачи, которые лучше выполнит машина (рутинные, второстепенные, повторяющиеся), то есть задачи, выполнение которых может привести к совершенной ошибке пилота.

Проектируемый интерфейс должен обеспечивать максимальную вероятность решения поставленной перед экипажем задачи, минимизировав вероятность ошибки пилота.

#### *Методика исследований*

Большую часть полета пилот взаимодействует с бортовой системой отображения информации (СОИ). Пилот считывает показания различных элементов СОИ, оценивает состояние ВС, анализирует возможные действия при нештатных ситуациях, принимает взвешенное решение и управляет ВС [3].

Основным затруднением управления ВС является избыток информации у пилота. Современное ВС оснащено большим количеством оборудования, которое выдает огром-

ный поток разнообразных данных. Для принятия правильных решений пилоту необходимо быстро ориентироваться. Для этого ему необходимо выбрать и понять нужную информацию. Если информация пилотом не будет вовремя усвоена, то большой объем данных не принесет никакой пользы.

Задачей СОИ является предварительная обработка полученных данных, преобразование полученной информации в удобную для восприятия пилотом форму и передача данных пилоту. Для этого при проектировании интерфейса бортовой информационно-управляющей системы нужно учитывать какая информация требуется пилоту на разных этапах полета.

Уменьшить зрительную нагрузку пилота позволяет выборочное отображение данных СОИ за счет адаптации отображения пилотажно-навигационной информации под каждый этап полета. Такой способ отображения информации позволяет увеличить время для правильного и надежного восприятия информации, оценки пилотажной обстановки, ее переработки и принятия решения [3].

Адаптивный способ отображения информации заключается в определении этапа полета ВС и отображении на экране многофункционального индикатора необходимой на данном этапе полета ВС пилотажно-навигационной информации.

Модель адаптивного интерфейса бортовой информационно-управляющей системы летательного аппарата строится на основе теории множеств [4].

Совокупность элементов отображения пилотажной информации на каждом этапе полета ВС представляется с помощью отношения множества этапов полета  $M_э$  (1) и множества условий полета (2):

$$M_э = \{\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_i / \mathcal{E}_1 \in M_э, \mathcal{E}_2 \in M_э, \dots, \mathcal{E}_i \in M_э\}, \quad (1)$$

где  $M_э$  — множество этапов полета;

$\mathcal{E}_1 \dots \mathcal{E}_i$  — этапы полета ВС.

$$M_y = \left\{ M_{y1}, M_{y2}, M_{y3}, \dots, M_{yj} / M_{y1} \in M_y, \right. \\ \left. M_{y2} \in M_y, \dots, M_{yj} \in M_y \right\}, \quad (2)$$

где  $M_y$  — множество условий полета;

$M_{y1} \dots M_{yj}$  — подмножества условий полета ВС.

Подмножества условий полета представляют собой группы элементов (этапа полета  $\mathcal{E}_1 \dots \mathcal{E}_i$ , наличие нормальных условий отображения  $C_1$ , условия наличия нажатых кнопок  $C_2$ , наличие условий приближения к предельным значениям  $C_3$ , отсутствие условий наличия нажатых кнопок  $\overline{C}_2$ , отсутствие условий приближения к предельным значениям  $\overline{C}_3$ ) принадлежащих множествам  $M_{y1} \dots M_{yj}$  и имеют следующий вид:

$$\begin{aligned}
 M_{y1} &= \{ \mathcal{E}_1, C_1, \overline{C}_2, \overline{C}_3 / \mathcal{E}_1 \in M_{y1}, C_1 \in M_{y1}, \overline{C}_2 \in M_{y1}, \overline{C}_3 \in M_{y1} \}, \\
 M_{y2} &= \{ \mathcal{E}_1, C_1, C_2, \overline{C}_3 / \mathcal{E}_1 \in M_{y2}, C_1 \in M_{y2}, C_2 \in M_{y2}, \overline{C}_3 \in M_{y2} \}, \\
 M_{y3} &= \{ \mathcal{E}_1, C_1, \overline{C}_2, C_3 / \mathcal{E}_1 \in M_{y3}, C_1 \in M_{y3}, \overline{C}_2 \in M_{y3}, C_3 \in M_{y3} \}, \\
 M_{y4} &= \{ \mathcal{E}_1, C_1, C_2, C_3 / \mathcal{E}_1 \in M_{y4}, C_1 \in M_{y4}, C_2 \in M_{y4}, C_3 \in M_{y4} \}, \\
 M_{y5} &= \{ \mathcal{E}_2, C_1, \overline{C}_2, \overline{C}_3 / \mathcal{E}_2 \in M_{y5}, C_1 \in M_{y5}, \overline{C}_2 \in M_{y5}, \overline{C}_3 \in M_{y5} \}, \\
 &\dots \\
 M_{yj} &= \{ \mathcal{E}_i, C_1, C_2, C_3 / \mathcal{E}_i \in M_{yj}, C_1 \in M_{yj}, C_2 \in M_{yj}, C_3 \in M_{yj} \}.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Комбинации элементов  $C_1, C_2, C_3, \overline{C}_2, \overline{C}_3$  на этапах полета  $\mathcal{E}_1 \dots \mathcal{E}_i$ , принадлежащие множествам  $M_{y1} \dots M_{yj}$ , представляют собой набор элементов пилотажных параметров выводимых на индикацию:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= \mathcal{E}_1 \cap C_1 \cap \overline{C}_2 \cap \overline{C}_3 = \Pi_1 \cap \Pi_2 \cap \Pi_3 \cap \dots \cap \Pi_l, \\
 Y_2 &= \mathcal{E}_1 \cap C_1 \cap C_2 \cap \overline{C}_3 = \Pi_1 \cap \Pi_2 \cap \Pi_3 \cap \dots \cap \Pi_m, \\
 &\dots \\
 Y_k &= \mathcal{E}_i \cap C_1 \cap C_2 \cap C_3 = \Pi_1 \cap \Pi_2 \cap \Pi_3 \cap \dots \cap \Pi_n,
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

где  $Y_1 \dots Y_k$  — условия отображения пилотажных параметров;

$\Pi_1 \dots \Pi_b, \Pi_1 \dots \Pi_m, \Pi_1 \dots \Pi_n$  — элементы пилотажных параметров, выводимых на индикацию;

$\cap$  — логическое «И».

Бинарное отношение множеств представляет собой декартово произведение множества  $M_z$  и  $M_y$  (5) и имеет вид:

$$M = \{ (\mathcal{E}_i, Y_k) / \mathcal{E}_i \in M_z, Y_k \in M_y \}, \tag{5}$$

$$R_2 = \{ (\mathcal{E}_1, Y_1) / (\mathcal{E}_1, Y_2) / (\mathcal{E}_1, Y_3) / (\mathcal{E}_1, Y_4) / (\mathcal{E}_2, Y_5) \dots (\mathcal{E}_i, Y_k) \}, \tag{6}$$

где  $R$  — бинарное отношение.

Графическое представление отношения множества этапов полета к множеству условий полета наглядно представляется с помощью диаграммы Эйлера-Венна. Поскольку в

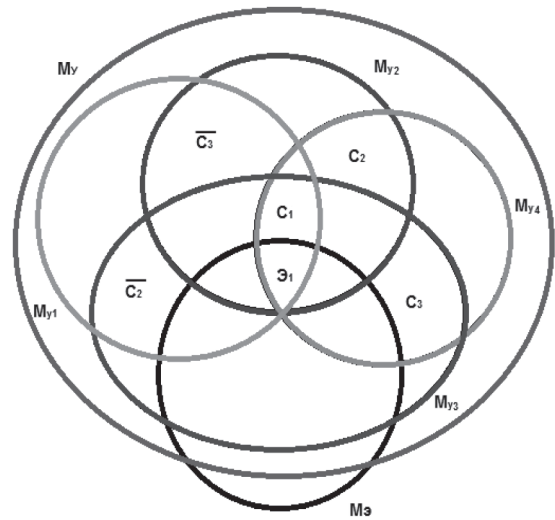


Рисунок 1. Отношение множеств этапов полета к множеству условий полета

зависимости от этапа полета и условий полета диаграмма Эйлера-Венна включает большой объем данных, то целесообразно для наглядности строить диаграммы по этапам полета ВС. На рисунке 1 представлено графическое отношение множества этапов полета к множеству условий полета для одного этапа полета.

Логика отображения пилотажных параметров можно представить по формуле:

$$\begin{aligned}
 O &= (\mathcal{E}_1 \cap Y_1) \cup (\mathcal{E}_1 \cap Y_2) \cup (\mathcal{E}_1 \cap Y_3) \cup \\
 &\cup (\mathcal{E}_1 \cap Y_4) \cup (\mathcal{E}_2 \cap Y_5) \cup \dots \cup (\mathcal{E}_i \cap Y_k),
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

где  $O$  — отображение пилотажно-навигационной информации;

$\cap$  — логическое «И»;

$\cup$  — логическое «ИЛИ».

*Расчет зрительной нагрузки*

Согласно представленной логике отображения пилотажно-навигационной информации проведена оценка зрительной нагрузки пилота.

Относительная зрительная нагрузка пилота рассчитывается по формуле [3–6]:

$$\lambda = T_\phi \sum_{i=1}^N f_i, \tag{8}$$

где  $\lambda$  — относительная зрительная нагрузка пилота;

$T_\phi$  — среднее время снятия пилотом показания с индикатора;

$f_i$  — минимально необходимая частота наблюдения  $i$ -го пилотажного параметра (ПП) ( $i = 1, \dots, N$ ).



Зависимость затраченного времени контроля показаний ПП на продолжительность этапа полета определяется неравенством [3]:

$$T \cdot \lambda \leq T, \quad (9)$$

где  $T$  — продолжительность этапа полета.

Из неравенства (9) видно, что с помощью  $\lambda$  возможно определить, сколько времени затрачивается пилотом на контроль ПП на каждом этапе полета [7]. При  $\lambda = 1$  пилот тратит все время на контроль ПП, и у него отсутствует резерв времени. При  $\lambda < 1$  зрительная нагрузка пилота меньше максимально допустимой, и пилот на этом этапе полета обладает резервом времени. При  $\lambda > 1$  зрительная

нагрузка пилота по контролю ПП превышает предельно допустимую нагрузку [3].

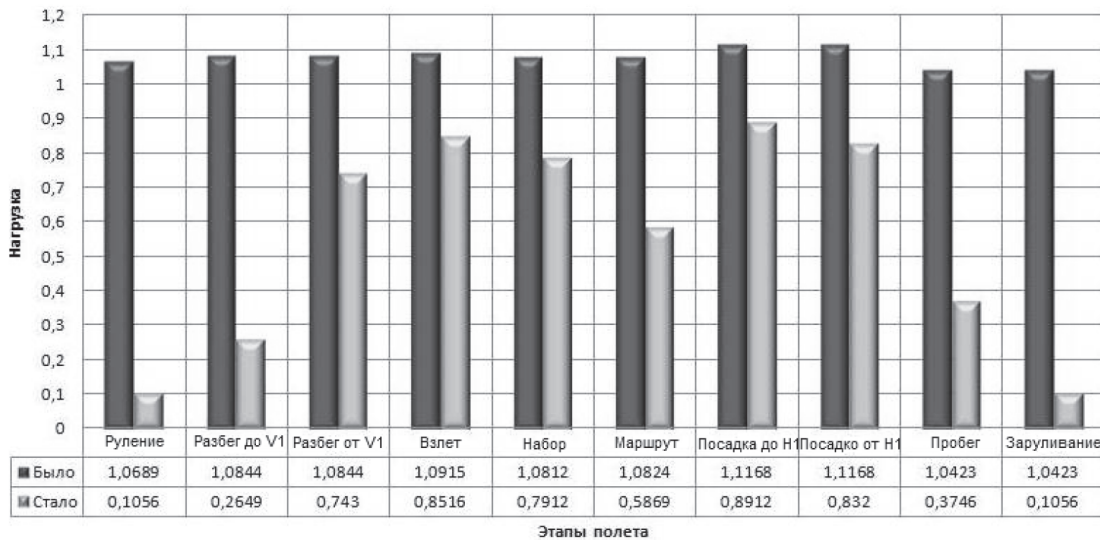
*Результаты расчета зрительной нагрузки*

Расчет зрительной нагрузки пилота проведен для нормальных условий и представлен в таблице 1. Согласно [8], оптимальное время снятия пилотом показаний 0,35 с. Гистограмма результатов расчета зрительной нагрузки пилота приведена на рисунке 2.

Этап полета определяется комбинациями состояния опор шасси, топливных кранов, тормозной системы, рычагов управления двигателями, скорости и радиовысоты [3].

**Таблица 1.** Расчет зрительной нагрузки пилота при нормальных условиях ( $T_\phi=0,35$ )

Условия отображения	Этап полета	Было		Стало	
		Частота наблюдения ПП ( $f_i$ ), Гц	Нагрузка $\lambda$ при $T_\phi=0,35$ с	Частота наблюдения ПП ( $f_i$ ), Гц	Нагрузка $\lambda$ при $T_\phi=0,35$ с
Нормальные условия	Руление	3,054083	1,068929	0,301718	0,105601
	Разбег до скорости $V_1$	3,098200	1,084370	0,756954	0,264934
	Разбег от $V_1$ до отрыва	3,098200	1,084370	2,122855	0,742999
	Взлет	3,118645	1,091526	2,433216	0,851626
	Набор	3,089233	1,081232	2,260693	0,791243
	Маршрут	3,092532	1,082386	1,676832	0,586891
	Посадка до ВПР	3,190883	1,116809	2,546343	0,891220
	Посадка после ВПР	3,190883	1,116809	2,377049	0,831967
	Пробег	2,978044	1,042315	1,070397	0,374639
	Заруливание	2,978044	1,042315	0,301718	0,105601



$V_1$  — скорость принятия решения;  $H_1$  — высота принятия решения

**Рисунок 2.** Оценка зрительной нагрузки пилота при нормальных условиях при  $T_\phi=0,35$  с

Как видно из результатов вычислений зрительной нагрузки, при нормальных условиях ( $T_\phi=0,35$  с) при адаптивном интерфейсе отображения пилотажно-навигационной информации на 90 % снизилась зрительная нагрузка

на этапе руления, на 76 % — на этапе разбега до скорости принятия решения, на 31 % — на этапе разбега после скорости принятия решения, на 22 % — на этапе взлета, на 27 % — на этапе набора высоты, на 46 % — на этапе

полета по маршруту, на 20 % — на этапе посадки до высоты принятия решения, на 26 % — на этапе посадки после высоты принятия решения, на 64 % — на этапе пробега, на 90 % — на этапе заруливания.

Благодаря адаптивному способу отображения ПП зрительная нагрузка пилота сократилась, что свидетельствует о том, что у пилота появляется резервное время на обработку дополнительной пилотажной информации.

### Выводы

Настоящие результаты подтверждают, что применение адаптивного интерфейса борто-

вой информационно-управляющей системы для отображения пилотажно-навигационной информации на экране многофункционального индикатора приборной доски воздушного судна позволяет снизить зрительную нагрузку пилота. Благодаря выведению пилотажно-навигационной информации на экране многофункционального индикатора под определенные этапы полета у пилота создается резерв времени для более тщательной обработки информации, что повышает качество пилотирования и обеспечивает безопасность полетов.

### Список литературы

1. Макаров Н.Н. Системы обеспечения безопасности функционирования бортового эргатического комплекса: теория, проектирование, применение / Под ред. В.М. Солдаткина. М.: Машиностроение, 2009. 760 с.

2. Солдаткин В.М. и др. Авиационные приборы, измерительно-вычислительные системы и комплексы. Принципы построения, алгоритмы обработки информации, характеристики и погрешности: учеб. пособие / Под ред. В.М. Солдаткина; Казан. нац. исслед. техн. ун-т им. А.Н. Туполева — КАИ. Казань: КГТУ, 2014. 525 с.

3. Степнова Е.И., Киселев С.К. Исследование возможности снижения зрительной нагрузки пилотов воздушного судна // XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых): матер. Междунар. молодёжн. науч. конф.: В 6 т., 7–8 ноября 2019 г. Казань, 2019. Т. 2. С. 533–537.

4. Степнова Е.И., Киселев С.К. Адаптивная обработка пилотажно-навигационной информации // Радиолокация, навигация, связь: сб. тр. XXV Междунар. науч.-техн. конф. / Воронежский государственный университет; АО «Концерн «Созвездие». Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2019. Т. 6. С. 150–155.

5. Кузнецов И.Б. СОИ с интегральными полетными параметрами // Вопросы теории. Мир транспорта. 2012. № 1. С. 16–20.

6. Степнова Е.И., Киселев С.К. Оценка зрительной загрузки пилота по пилотажно-навигационной информации на этапе посадки воздушного судна // Вестник Улья-

новского государственного технического университета. 2018. № 83. С. 44–47.

7. Столяров Н.А., Кузнецов И.Б. Эргономические основы совершенствования отображения приборной информации // Научный вестник МГТУ ГА. 2013. № 192. С. 96–101.

8. Кучерявый А.А. Бортовые информационные системы: курс лекций / Под. ред. В.А. Мишина и Г.И. Ключева. 2-е изд., перераб. и доп. Ульяновск: УлГТУ, 2004. 504 с.

### References

1. Makarov N.N. *Sistemy obespecheniya bezopasnosti funktsionirovaniya bortovogo ergaticheskogo kompleksa: teoriya, proektirovanie, primeneniye* [Safety Systems for the Operation of the Onboard Ergatic Complex: Theory, Design, Application]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2009. 760 p. [in Russian].

2. Soldatkin V.M. e.a. *Aviatsionnye pribory, izmeritel'no-vychislitel'nye sistemy i komplekсы. Printsipy postroeniya, algoritmy obrabotki informatsii, kharakteristiki i pogreshnosti: ucheb. posobie* [Aviation Devices, Measuring and Computing Systems and Complexes. Principles of Construction, Algorithms for Information Processing, Characteristics and Errors: Tutorial]. Kazan', KGTU Publ., 2014. 525 p. [in Russian].

3. Stepnova E.I., Kiselev S.K. *Issledovanie vozmozhnosti snizheniya zritel'noi nagruzki pilotov vozdushnogo sudna* [Study of the Possibility of Reducing the Visual Load of Aircraft Pilots]. *Materialy Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii «XXIV Tupolevskie chteniya (shkola molodykh*

uchenykh)»: V 6 t., 7-8 noyabrya 2019 goda: konferentsii [Proceedings of International Youth Scientific Conference «XXIV Tupolev Readings (School of Young Scientists)»: In 6 Vol., November 7-8, 2019]. Kazan', 2019, Vol. 2, pp. 533-537. [in Russian].

4. Stepnova E.I., Kiselev S.K. Adaptivnaya obrabotka pilotazhno-navigatsionnoi informatsii [Adaptive Processing of Flight and Navigation Information]. *Sbornik trudov XXV Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Radiolokatsiya, navigatsiya, svyaz'»; Voronezhskii gosudarstvennyi universitet; AO «Kontsern «Sozvezdie»*. [Collection of Works of XXV International Scientific and Technical Conference «Radar, Navigation, Communication»; Voronezh State University; Concern Sozvezdie JSC]. Voronezh, Izdatel'skii dom VGU, 2019, Vol. 6, pp. 150–155. [in Russian].

5. Kuznetsov I.B. SOI s integral'nymi poletnymi parametrami [SOI with Integral Flight Parameters]. *Voprosy teorii. Mir*

*transporta — Questions of Theory. The World of Transport*, 2012, No. 1, pp. 16–20. [in Russian].

6. Stepnova E.I., Kiselev S.K. Otsenka zritel'noi zagruzki pilota po pilotazhno-navigatsionnoi informatsii na etape posadki vozdushnogo sudna [Evaluation of the Pilot's Visual Load Based on Flight and Navigation Information at the Stage of Aircraft Landing]. *Vestnik Ul'yanovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta — Bulletin of the Ulyanovsk State Technical University*, 2018, No. 83, pp. 44-47. [in Russian].

7. Stolyarov N.A., Kuznetsov I.B. Ergonomicheskie osnovy sovershenstvovaniya otobrazheniya pribornoj informatsii [Ergonomic Foundations for Improving the Display of Instrumental Information]. *Nauchnyi vestnik MGTU GA — Scientific Bulletin of MSTU GA*, 2013, No. 192, pp. 96-101. [in Russian].

8. Kucheryavyi A.A. *Bortovye informatsionnye sistemy: kurs lektsii* [Onboard Information Systems: Course of Lectures]. Ul'yanovsk, UIGTU Publ., 2004. 504 p. [in Russian].