

УДК 629.73.02; 629.73.05/.06; 535.643

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИЗУАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ОТОБРАЖЕНИЯ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ДАННЫХ В АВИАНИКЕ

М. О. Костишин^{а, б}, аспирант, инженер

И. О. Жаринов^{а, б}, доктор техн. наук, заведующий кафедрой, руководитель учебно-научного центра

О. О. Жаринов^в, канд. техн. наук, доцент

^аСанкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, РФ

^бФГУП «Санкт-Петербургское ОКБ «Электроавтоматика» им. П. А. Ефимова», Санкт-Петербург, РФ

^вСанкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, РФ

Постановка проблемы: проектирование современных бортовых средств отображения пилотажно-навигационных параметров и геоинформационных данных (цифровой карты местности) связано с необходимостью выполнения требований по качеству визуализации индицируемой информации. Качество визуализации имеет количественную оценку в виде значения контраста изображения для всех индицируемых на экране цветов. Для обеспечения устойчивой читаемости пилотами изображения на экране координаты цветности элементов изображения должны выбираться специальным образом. Целью исследования является обоснование принципов выбора координат цветности элементов изображения, отображаемых на экране индикаторов. **Методы:** для индикации пилотажно-навигационных параметров и геоинформационных данных на борту летательного аппарата используются многофункциональные цветные индикаторы, выполненные на плоских жидкокристаллических панелях. Выбор координат цветности элементов изображения осуществляется по максимуму значения яркостного контраста в выбранном цвете. Расчет координат цветности осуществляется с использованием цветовой треугольника Максвелла на основе взаимного преобразования компонентов XY-плоскости и десятичных кодов RGB функционального программного обеспечения средства индикации. **Результаты:** получены численные значения (x, y)-координат цветности цветовой палитры, используемой для индикации пилотажно-навигационной информации (одна группа цветов) и геоинформационных данных (другая группа цветов). Идея исследования основывалась на проведении серии экспериментов, в которых оценивался яркостной контраст изображения, индицируемого на экране в различных цветах в условиях воздействия внешней освещенности уровня 75 клк, создаваемой специализированной светотехнической установкой. Исследовались образцы индикаторов с экраном фирм Sextant, NEC, Siemens, Sharp с газоразрядными лампами подсвета. Количественные оценки яркостного контраста изображения в различных цветах приведены на соответствующих диаграммах. Уровнем принятия решения о возможности использования кодов RGB цветов установлен уровень контраста изображения в заданном цвете, превышающий два. **Практическая значимость:** результаты исследования получены при выполнении опытно-конструкторской работы и могут использоваться разработчиками программного обеспечения средств индикации для выбора координат цветности цветовой палитры, устойчивой к восприятию человеческим глазом в условиях повышенной внешней освещенности.

Ключевые слова — эргономика, координаты цветности, системы индикации, авионика.

Введение

При разработке современных бортовых средств отображения информации класса МФЦИ (многофункциональные цветные индикаторы) актуальной является задача выбора кодов компонентов основных цветов (красного, зеленого, синего), используемых в программном обеспечении МФЦИ для задания цветовой палитры индицируемой информации с повышенными визуальными характеристиками восприятия для летного состава [1–7]. Такая задача имеет важнейшее практическое значение, так как условия эксплуатации МФЦИ предполагают визуальный контроль пилотажно-навигационной информации и геоинформационных данных при наличии повышенных уровней внешней солнечной засветки экрана, существенно усложняющей восприятие информации.

Средством отображения информации в МФЦИ является жидкокристаллический (ЖК) экран [8–13], цвет свечения каждого пикселя которого определяется программно управляемым кодом RGB (R — red, G — Green, B — Blue), задающим угол поворота ЖК-кристаллов, моделирующих белый спектр свечения заднего или бокового источника подсвета.

Основной проблемой обеспечения качества визуализации является проблема выбора координат цветности элементов изображения, устойчивых для восприятия пилотом в условиях воздействия прямой солнечной засветки ЖК-экрана. Солнечная засветка ЖК-экрана возникает из-за попадания внешней освещенности на плоскость экрана в кабине летательного аппарата (ЛА), вследствие чего снижается контраст индицируемого изображения.

Задача исследования, таким образом, заключается в определении управляющих кодов

компонентов цветов цветовой палитры, используемой разработчиками программного обеспечения при синтезе индикационных кадров изображения на бортовых средствах индикации.

Принцип формирования цветовой палитры на МФЦИ

Кодирование каждого цвета в видеоОЗУ графического контроллера основано на преобразованиях (прямом и обратном), связывающих десятичный код цвета в компонентах $RGB \in [0, 255]$ с кодом цвета в компонентах $XYZ \in [0, 1]$ цветного треугольника Максвелла, определенного в пространстве $XYZ \in [0, 1]$.

Уравнения прямого $RGB \rightarrow XYZ$ и обратного $XYZ \rightarrow RGB$ преобразования компонентов цветов имеют вид, соответственно, [14–16]:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_r & X_g & X_b \\ Y_r & Y_g & Y_b \\ Z_r & Z_g & Z_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_r & X_g & X_b \\ Y_r & Y_g & Y_b \\ Z_r & Z_g & Z_b \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix},$$

где X, Y, Z — компоненты цвета в системе XYZ ; $X_r, X_g, X_b, Y_r, Y_g, Y_b, Z_r, Z_g, Z_b$ — компоненты цвета, определенные Международной комиссией по освещению. Компоненты X_r, Y_r, Z_r определяют относительные доли весов кода красного цвета, компоненты X_g, Y_g, Z_g и X_b, Y_b, Z_b — доли весов для кодов зеленого и синего цвета соответственно.

Переход от значений сторон треугольника Максвелла к (x, y) -координатам цветности элементов изображения осуществляется по формулам

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}; \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}; \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z},$$

где x, y, z — координаты цветности.

Схема исследования цветовой палитры на МФЦИ

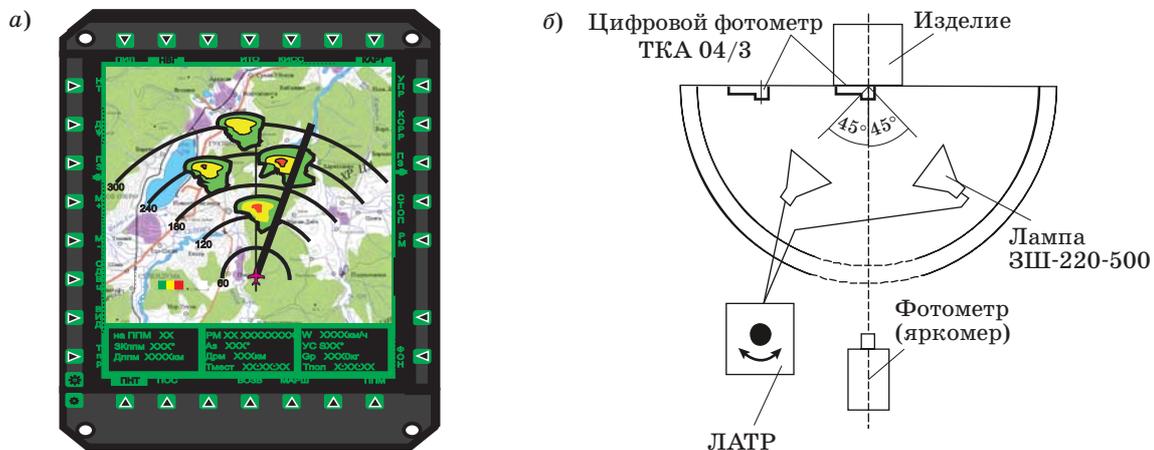
Исследование цветовой палитры, используемой в МФЦИ для индикации пилотажно-навигационных параметров и геоинформационных данных (рис. 1, а), проводилось на светотехнической установке [17, 18]. Светотехническая установка представляет собой испытательный стенд, предназначенный для измерения светотехнических характеристик бортового индикационного оборудования (МФЦИ, пультов управления и индикации).

Стенд включает (рис. 1, б) цифровые фотометры, лампы осветительные, линейный автотрансформатор ЛАТР. Стенд осветительный позволяет устанавливать (имитировать) регулируемый с помощью ЛАТР уровень внешней освещенности в плоскости ЖК-экрана от 0 до 75 клк и измерять уровень яркости каждого элемента изображения, индицируемого на экране МФЦИ в любом цвете, и яркость цвета фона.

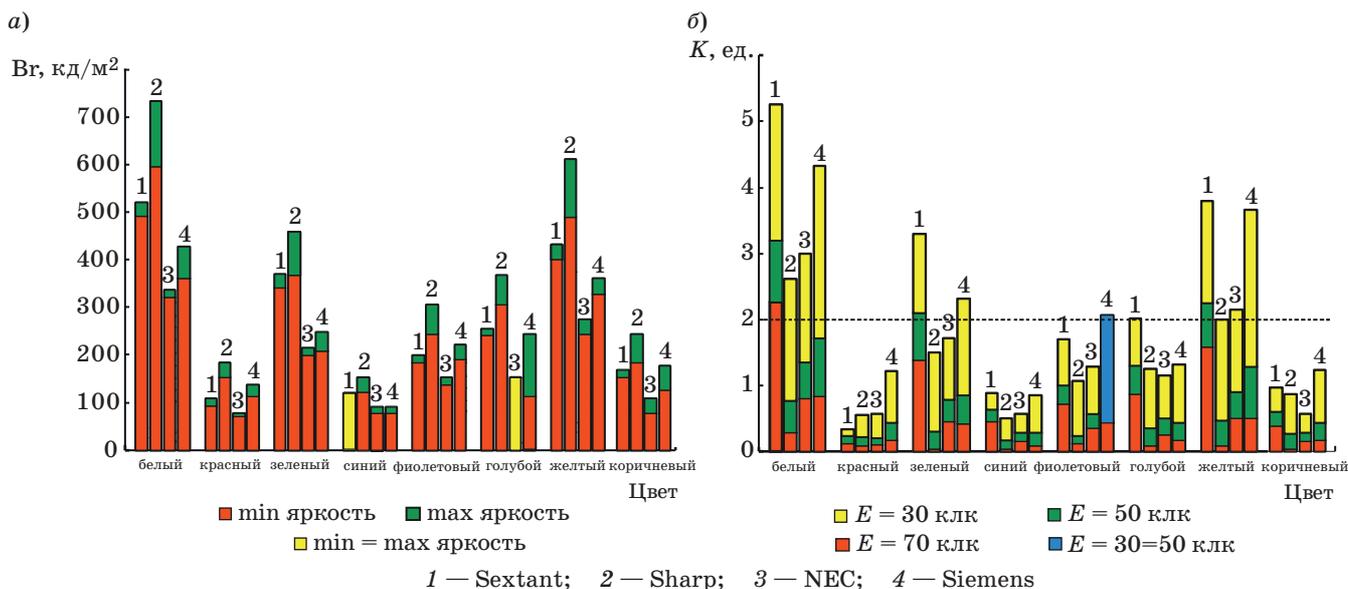
Результаты экспериментов

Результаты натуральных экспериментов по измерению яркости и оценке значений яркостного контраста для МФЦИ различных моделей с ЖК-экранами различных фирм-производителей в условиях наличия и отсутствия прямой солнечной засветки уровня $E = \{30 \text{ клк}; 50 \text{ клк}; 70 \text{ клк}\}$ для различных отображаемых цветов представлены на рис. 2.

Результаты измерений получены при исследовании на светотехнической установке различных моделей МФЦИ с ЖК-матрицами фирм Sextant, Sharp, NEC, Siemens. Анализ рис. 2, а показывает, что все исследованные образцы МФЦИ обладают существенным разбросом уровня яркости B_r



■ Рис. 1. Пример индикации геоинформационных данных на экране МФЦИ (а) и схема светотехнической установки (б)



■ **Рис. 2.** Диаграмма значений яркости (а) и яркостного контраста (б) для ЖК-панелей различных фирм-производителей, установленных разработчиками в разных моделях МФЦИ

по полю экрана, обусловленным неравномерностью свечения ламп подсвета и качеством фильтров и рассеивателей, примененных разработчиками ЖК. Следует заметить, что измерение яркости изображения на экране МФЦИ производилось при максимальном значении управляющего воздействия на инвертор, допустимого разработчиками МФЦИ и схемой включения ЖК-экрана в составе МФЦИ. Максимальный уровень управляющего воздействия на инвертор обеспечивался за счет работы встроенной функции автоматической регулировки яркости экрана. Таким образом, полученные в результате исследования характеристики отражают качество средства индикации — МФЦИ, а не самой ЖК-матрицы, так как учитывались условия ее электрического подключения и конструктивного закрепления в составе изделия.

Вместе с этим само по себе значение яркости ЖК-панели не определяет ее качество и возможность ее использования в составе авиационного оборудования. Более важным показателем является значение яркостного контраста отображаемых цветов при внешней засветке, т. е. эргономическая характеристика, отражающая способность оператора воспринимать графическую информацию с экрана.

Оценка яркостного контраста производилась по формуле

$$K = (L_{и} - L_{ф}) / L_{ф},$$

где $L_{и}$ — измеренная яркость изображения цвета; $L_{ф}$ — измеренная яркость фона (черный цвет).

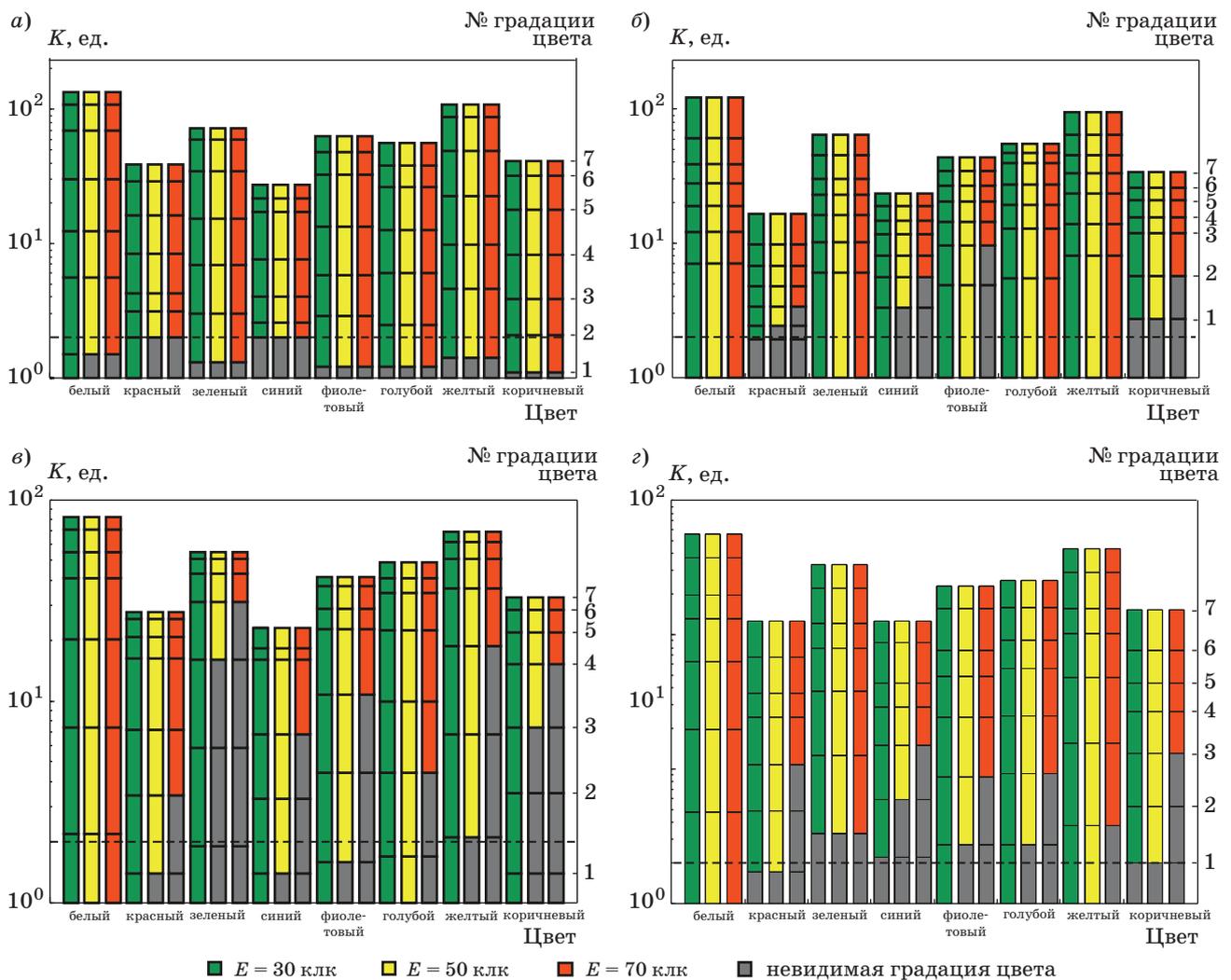
Зависимость значений яркостного контраста при различных уровнях внешней освещенности $E = \{30 \text{ клк}; 50 \text{ клк}; 70 \text{ клк}\}$ для различных ото-

бражаемых цветов приведена на рис. 2, б. Как следует из рисунка, значение яркостного контраста существенно зависит от уровня внешней освещенности и падает с ростом E . Снижение контраста для всех цветов объясняется увеличением яркости цвета фона изображения с ростом уровня внешней солнечной засветки.

В эксперименте на экране МФЦИ также был сформирован градационный клин с семью отображаемыми оттенками для отложенных цветов. Градационный клин представляет собой изображение в одном цвете, выводимое на экран МФЦИ с различным значением управляющих кодов каждой яркостной градации. Дискретность управляющего кода одной градации яркости каждого цвета равна $1/8$ от максимального значения кода этого цвета.

Анализ результатов оценки яркостного контраста элементов изображения, выводимых на экран МФЦИ в различных цветах для семи различных градаций яркости в каждом цвете при естественном уровне внешней освещенности (рис. 3), показывает, что число визуально наблюдаемых градаций яркости изображения существенно зависит от уровня внешней освещенности плоскости экрана МФЦИ и от примененных разработчиками МФЦИ схемотехнических решений по электрическому подключению и конструктивному закреплению ЖК-матрицы.

Отдельно на рис. 3 показаны визуально ненаблюдаемые на экране МФЦИ градации яркости в каждом цвете при соответствующем уровне освещенности. Пунктирной линией на рис. 2, б и 3 установлен заданный в техническом задании на разработку МФЦИ уровень 2:1 яркостного



■ Рис. 3. Результаты оценки яркостного контраста изображения на МФЦИ с ЖК-матрицами: а — Siemens; б — Sextant; в — Sharp; з — NEC

контраста изображения при максимальном уровне засветки 70 клк.

Результаты экспериментов показывают, что достаточным по обеспечению заданного значения 2:1 яркостного контраста изображения среди анализируемых образцов МФЦИ можно считать индикатор, характеристики которого приведены на рис. 3, а. Наибольший разброс по числу визуально ненаблюдаемых градаций относится к МФЦИ, характеристики которого приведены на рис. 3, в. Образцы с характеристиками рис. 3, б и з могут использоваться в авионике после доработки их программного обеспечения в части специального подбора цифровых кодов цветовой палитры.

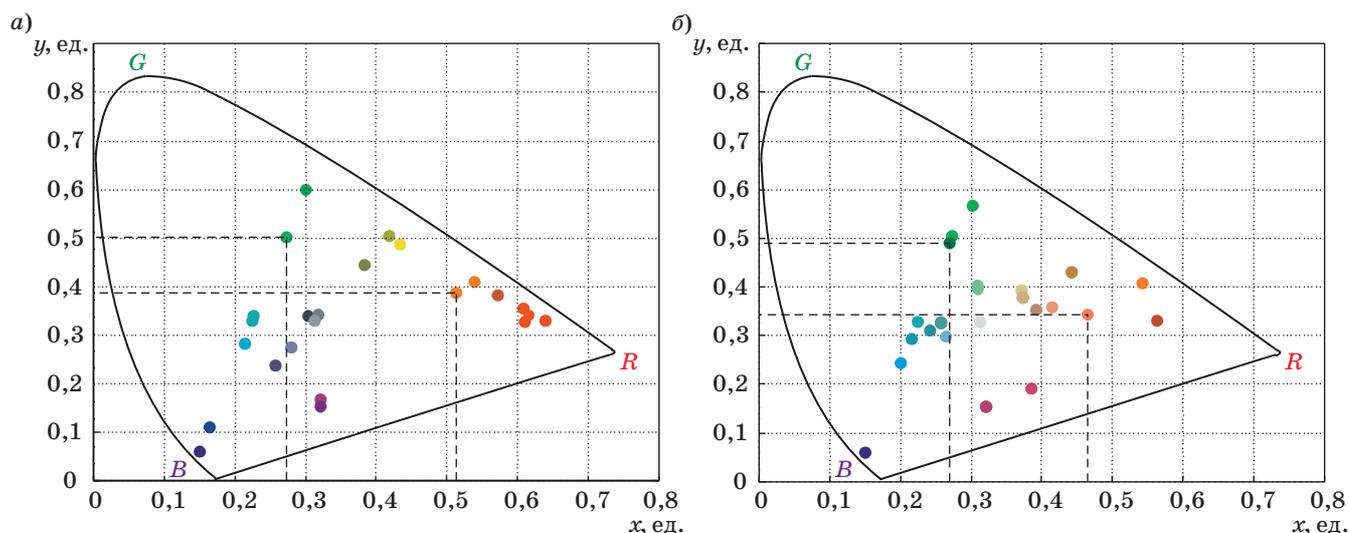
Оценка значений координат цветности для цветовой палитры МФЦИ на борту ЛА

Для определения компонентов кода RGB цветов, используемых при индикации пилотажно-

навигационных параметров и геоинформационных данных во всех режимах эксплуатации аппаратуры, была проведена серия экспериментов с участием специализированного оборудования и экспертов ГНИИИ ВМ МО РФ «Государственный научно-исследовательский испытательный центр авиационной медицины и военной эргономики».

Оценке подлежала цветовая палитра, используемая в программном обеспечении МФЦИ и бортовой системы картографической информации, и возможности средства индикации МФЦИ для отображения палитры. На индикаторе МФЦИ отображались фрагменты рабочих кадров изображений, формируемых в режиме имитации работы пилотажно-навигационного комплекса. Цветовая палитра соответствовала требованиям руководства 25-11А по сертификации систем электронной индикации самолетов.

Как показали эксперименты, МФЦИ в режиме индикации, предложенной первоначально



■ **Рис. 4.** Распределение (x, y) -координат цветности для цветов палитры, используемой: *a* — для индикации пилотажно-навигационной информации; *b* — для отображения геоинформационных данных на борту ЛА

разработчиками и соответствующей руководству 25-11А цветовой палитры, не отвечает требованиям нормативной документации к средствам отображения по значению яркостного контраста.

В целях определения значений кодов компонентов *RGB* цветов, устойчивых к уровню внешней засветки, была разработана специализированная программа для модификации кодов *RGB* в цветовой палитре. Уникальные коды *RGB* цветов, соответствующие требованиям нормативной документации по значению яркостного контраста и полученные в результате серии экспериментов, впоследствии были преобразованы в (x, y) -координаты цветности и сформировали палитру, внедренную сегодня в изделиях индикации.

Результаты преобразований $RGB \rightarrow xy$ показаны отдельно для цветов, используемых для отображения значений пилотажно-навигационных параметров (рис. 4, *a*), и цветов, используемых для отображения геоинформационных данных (рис. 4, *b*). В общем случае это две различные

цветовые палитры, так как цвета, используемые в режиме совмещения изображения на МФЦИ, не должны сливаться на одном средстве индикации. Сплошной замкнутой линией на рис. 4 выделена видимая человеческим глазом часть цветов и оттенков на (x, y) -плоскости.

Заключение

В результате проведенного исследования были получены (x, y) -координаты цветности элементов изображения (символы, линии, множознаки, площадные объекты и пр.), индицируемых на экране бортовой системы индикации в различных цветах, устойчивых по значению яркостного контраста к внешней солнечной засветке. Конкретные значения (x, y) -координат цветов целесообразно использовать в качестве определяющих значений для компонентов основных цветов (красного, зеленого, синего) при создании базовой палитры графических контроллеров, входящих в состав системы индикации перспективных ЛА.

Литература

1. Гатчин Ю. А., Жаринов И. О. Основы проектирования вычислительных систем интегрированной модульной авионики. — М.: Машиностроение, 2010. — 224 с.
2. Парамонов П. П., Жаринов И. О. Интегрированные бортовые вычислительные системы: обзор современного состояния и анализ перспектив развития в авиационном приборостроении // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 2. С. 1–17.
3. Реализация структуры данных, используемых при формировании индикационного кадра в борто-

- вых системах картографической информации / П. П. Парамонов, П. В. Коновалов, И. О. Жаринов, Ю. А. Кирсанова, С. Б. Уткин // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 2. С. 165–167.
4. Парамонов П. П., Ильченко Ю. А., Жаринов И. О., Тарасов П. Ю. Структурный анализ и синтез графических изображений на экранах современных средств бортовой индикации на плоских жидкокристаллических панелях // Авиакосмическое приборостроение. 2004. № 5. С. 50–57.
5. Жаринов И. О., Коновалов П. В. Классификация структуры данных, используемых при отображении

- геоинформационных ресурсов в бортовых системах картографической информации // Информационная безопасность, проектирование и технология элементов и узлов компьютерных систем: сб. тр. молодых ученых, аспирантов и студентов научно-педагогической школы кафедры ПВКС. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. Вып. 1. С. 118–121.
6. **Парамонов П. П., Ильченко Ю. А., Жаринов И. О.** Теория и практика статистического анализа картографических изображений в системах навигации пилотируемых летательных аппаратов // Датчики и системы. 2001. № 8. С. 15–19.
 7. **Парамонов П. П., Видин Б. В., Сабо Ю. И., Жаринов И. О.** Лингвистические структуры в задачах отображения пилотажно-навигационной информации на борту пилотируемого летательного аппарата // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2004. № 14. С. 245–248.
 8. **Жаринов И. О., Жаринов О. О.** Бортовые средства отображения информации на плоских жидкокристаллических панелях: учеб. пособие. — СПб.: ГУАП, 2005. — 144 с.
 9. **Жаринов И. О., Емец Р. Б.** Индикационное оборудование в авиации XXI века // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2003. № 11. С. 193–195.
 10. **Парамонов П. П., Копорский Н. С., Видин Б. В., Жаринов И. О.** Многофункциональные индикаторы на плоских жидкокристаллических панелях: наукоемкие аппаратно-программные решения // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2004. № 3. С. 238–245.
 11. **Оценка точности визуализации местоположения объекта в геоинформационных системах и системах индикации навигационных комплексов пилотируемых летательных аппаратов/ М. О. Костишин, И. О. Жаринов, О. О. Жаринов, В. А. Нечаев, В. Д. Суслов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. № 1. С. 87–93.**
 12. **Kostishin M. O., Zharinov I. O.** Precision Characteristics of the Positioning of Objects in Aircraft Geoinformation Systems // Automation & Control: Proc. of the Intern. Conf. of Young Scientists, Saint-Petersburg, Nov. 21–22, 2013. National Research University Saint-Petersburg State Polytechnical University, 2013. P. 92–96.
 13. **Принцип формирования и отображения массива геоинформационных данных на экран средств бортовой индикации/ П. П. Парамонов, М. О. Костишин, И. О. Жаринов, В. А. Нечаев, С. А. Сударчиков // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 6. С. 136–142.**
 14. **Бондаренко М. Ф., Шабанов-Кушнарченко С. Ю., Шабанов-Кушнарченко Ю. П.** Разработка системы кодирования цвета // Бионика интеллекта. 2009. № 2. С. 13–23.
 15. **sRGB is a standard RGB color space created cooperatively by HP and Microsoft.** http://www.brucelindbloom.com/index.html?Eqn_RGB_XYZ_Matrix.html (дата обращения: 28.11.2013).
 16. **Хорунжий М. Д.** Метод количественной оценки цветовых различий при восприятии цифровых изображений // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2008. № 1. С. 136–144.
 17. **Принципы построения отраслевой системы автоматизированного проектирования в авиационном приборостроении/ П. П. Парамонов, Ю. А. Гатчин, И. О. Жаринов, О. О. Жаринов, М. С. Дейко // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 6. С. 111–117.**
 18. **Гатчин Ю. А., Жаринов И. О., Жаринов О. О.** Архитектура программного обеспечения автоматизированного рабочего места разработчика бортового авиационного оборудования // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 2. С. 140–141.

UDC 629.73.02; 629.73.05/.06; 535.643

Visual Characteristics of Displaying Air Navigation Parameters and Geoinformation Data in Avionics

Kostishin M. O.^{a, b}, Post-Graduate Student, Engineer, maksim@kostishin.com

Zharinov I. O.^{a, b}, Dr. Sc., Tech., Head of Department, Head of Learning-Scientist Center, igor_rabota@pisem.net

Zharinov O. O.^c, PhD, Tech., Associate Professor, Zharinov73@hotmail.ru

^a Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverkskii St., 197101, Saint-Petersburg, Russian Federation

^b P. A. Efimov Saint-Petersburg Scientific Design Bureau «Electroavtomatika», 40, Marshala Govorova St., 198095, Saint-Petersburg, Russian Federation

^c Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, 67, B. Morskaia St., 190000, Saint-Petersburg, Russian Federation

Purpose: The design of modern on-board equipment for visualizing air navigation parameters and geodetails (digital district map) is concerned with certain requirements to the quality of the visualized information to be displayed. This kind of quality may be characterized

quantatively in terms of brightness contrast for each color displayed on the screen. To provide stable readability of the image for the pilot, a special procedure should choose chromaticity coordinates of the image elements. The purpose of this research is determining the principles of choosing chromaticity coordinates for the pixels composing the image displayed on the screen. **Methods:** To visualize the air navigation metrics and geodetails, Multi-Functional Display Units on flat LC panels are used in on-board aircraft equipment. The choice of chromaticity coordinates of the image elements aims to obtain the maximum value of brightness contrast in every presumed color. The calculation of the chromaticity coordinates was based on Maxwell's color mixing triangle by mutual transformations between elements of XY-plane and decimal codes of RGB-palette, used in the software of the on-board indication equipment. Numerical values of (x,y)-chromaticity coordinates used for the indication of the air navigation data (one set of colors) and geodetails (another set of colours) were obtained. **Results:** The idea of the research was to perform a series of experimental measurements of brightness contrast for images displayed in various colors under external illuminance of various levels up to 75 klx, produced by a special lighting unit. Samples of MFDU with mounted screens and gas discharge tubes of sublight made by various manufacturers (SEXTANT, NEC, SIEMENS, SHARP) were tested. Quantitative estimations of brightness contrast in different colors are shown in charts. The decision-making rule approving the use of RGB-codes is the case when the brightness contrast of the test image displayed in any predefined color exceeds two. **Practical relevance:** The results of the research were obtained during experimental design works and can be used by indication equipment software developers to choose chromaticity coordinates providing stable visual perception under high external illuminance.

Keywords — Ergonomics, Chromaticity Coordinates, Display Systems, Avionics.

Reference

- Gatchin Iu. A., Zharinov I. O. *Osnovy proektirovaniia vychislitel'nykh sistem integrirovannoi modul'noi avioniki* [Basics of Designing Computer Systems Integrated Modular Avionics]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2010. 224 p. (In Russian).
- Paramonov P. P., Zharinov I. O. Integrated On-board Computing Systems: Present Situation Review and Development Prospects Analysis in the Aviation Instrument-making Industry. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2013, no. 2, pp. 1–17 (In Russian).
- Paramonov P. P., Kononov P. V., Zharinov I. O., Kirsanova Iu. A., Utkin S. B. Implementation of Data Structure in Indication Frame Formation for Onboard Geospatial Data Computer Systems. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2013, no. 2, pp. 165–167 (In Russian).
- Paramonov P. P., Il'chenko Iu. A., Zharinov I. O., Tarasov P. Iu. Structural Analysis and Synthesis of Graphic Images on the Screens of Modern On-board Display on Flat Liquid Crystal Panels. *Aviakosmicheskoe priborostroenie*, 2004, no. 5, pp. 50–57 (In Russian).
- Zharinov I. O., Kononov P. V. Classification of the Data Structure Used when Displaying Geoinfor-Resources in the Airborne Cartographic Information Systems. *Sbornik trudov molodykh uchenykh, aspirantov i studentov nauchno-pedagogicheskoi shkoly kafedry PBKS "Informatsionnaia bezopasnost', proektirovanie i tekhnologiya elementov i uzlov komp'iuternykh sistem"* [Collected Works of Young Scientists and Students of Scientific and Pedagogical School Department PBKS "Information Security, Design and Technology Elements and Units of Computer Systems"], Saint-Petersburg, NIU ITMO Publ., 2013, vol. 1, pp. 118–121 (In Russian).
- Paramonov P. P., Il'chenko Iu. A., Zharinov I. O. Theory and Practice of Statistical Analysis of Cartographic Images in Navigation Systems Manned Aircraft. *Datchiki i sistemy*, 2001, no. 8, pp. 15–19 (In Russian).
- Paramonov P. P., Vidin B. V., Sabo Iu. I., Zharinov I. O. Linguistic Structures in Problems Displaying Flight and Navigation Information Onboard Manned Aircraft. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2004, no. 14, pp. 245–248 (In Russian).
- Zharinov I. O., Zharinov O. O. *Bortovye sredstva otobrazheniia informatsii na ploskikh zhidkokristallicheskiikh paneliakh* [Onboard Display on Flat Liquid Crystal Panels]. Saint-Petersburg, GUAP Publ., 2005. 144 p. (In Russian).
- Zharinov I. O., Emets R. B. Evidence Equipment, Aviation XXI Century. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2003, no. 11, pp. 193–195 (In Russian).
- Paramonov P. P., Koporskii N. S., Vidin B. V., Zharinov I. O. Implementation of Data Structure in Indication Frame Formation for Onboard Geospatial Data Computer Systems. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2004, no. 3, pp. 238–245 (In Russian).
- Kostishin M. O., Zharinov I. O., Zharinov O. O., Nechaev V. A., Suslov V. D. Accuracy Evaluation of the Object Location Visualization for Geo-information and Display Systems of Manned Aircraft Navigation Complexes. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2014, no. 1, pp. 87–93 (In Russian).
- Kostishin M. O., Zharinov I. O. Precision Characteristics of the Positioning of Objects in Aircraft Geoinformation Systems. *Proc. of the Intern. Conf. of Young Scientists "Automation & Control"*, Saint-Petersburg, Nov. 21–22, 2013. National Research University Saint-Petersburg State Polytechnical University Publ., 2013, pp. 92–96.
- Paramonov P. P., Kostishin M. O., Zharinov I. O., Nechaev V. A., Sudarchikov S. A. Formation and Display Principles for an Array of Geoinformation Data by Means of Onboard Display Screen. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2013, no. 6, pp. 136–142 (In Russian).
- Bondarenko M. F., Shabanov-Kushnarenko S. Iu., Shabanov-Kushnarenko Iu. P. Develop a System of Color Coding. *Bionika intellekta*, 2009, no. 2, pp. 13–23 (In Russian).
- sRGB is a Standard RGB Color Space Created Cooperatively by HP and Microsoft. Available at: http://www.brucelindbloom.com/index.html?Eqn_RGB_XYZ_Matrix.html (accessed 28 November 2013).
- Khorunzhii M. D. Method for Quantitative Evaluation of Color Differences in the Perception of Digital Images. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2008, no. 1, pp. 136–144 (In Russian).
- Paramonov P. P., Gatchin Iu. A., Zharinov I. O., Zharinov O. O., Deiko M. S. Principles of Branch System Creation for the Automated Design in Aviation Instrumentation. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2012, no. 6, pp. 111–117 (In Russian).
- Gatchin Iu. A., Zharinov I. O., Zharinov O. O. Software Architecture for the Automated Workplace of the Onboard Aviation Equipment Developer. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*, 2012, no. 2, pp. 140–141 (In Russian).