

УДК 629.73.02; 535.643

М.О. Костишин, И.О. Жаринов

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БОРТОВЫХ СРЕДСТВ ИНДИКАЦИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ДАННЫХ

Рассматривается задача исследования визуальных характеристик бортового средства отображения пилотажно-навигационной информации и геоинформационных данных. Приводятся методика и результаты оценки распределения яркостного контраста изображения в зависимости от углов наблюдения экрана средства индикации в вертикальной и горизонтальной плоскости. Приводится методика и оптические схемы измерений коэффициента диффузного отражения и коэффициента зеркального отражения.

Яркостной контраст, углы наблюдения, индикация, авионика.

The research problem of onboard visual characteristics of flight control means for displaying navigation information and geospatial data is considered. The technique and results of the assessment of the image brightness contrast distribution depending on the screen viewing angles of indication means in the vertical and horizontal plane are presented. The technique and optical schemes of diffuse reflectance coefficient measurements and specular reflection coefficient are given.

Brightness contrast, viewing angle, display, avionics.

Введение. Современные бортовые средства отображения пилотажно-навигационных и геоинформационных данных представляют собой изделия авионики, выполненные на базе плоской жидкокристаллической (ЖК) панели – многофункциональные цветные индикаторы (МФЦИ). Основной особенностью таких средств индикации является зависимость технических характеристик изделий от условий наблюдения изображения на экране (углы наблюдения, уровень внешней освещенности плоскости экрана и т.д.) и от типа ЖК-экрана [2]–[4], [13].

Опытным путем замечено [5], [15], что при наблюдении изображения не по нормали к экрану МФЦИ, а под углом, оптические характеристики изделия (яркость, яркостной контраст) ухудшаются. При значительных углах наблюдения (до 70 град. от нормали к экрану) в ряде случаев возникает явление инверсии цвета. Причем уровень снижения контраста изображения и возникновение инверсии цвета во многом зависит от фирмы-производителя жидкокристаллической матрицы, примененной в МФЦИ, и от конструктивных решений разработчиков МФЦИ.

Помимо измерения яркости в различных цветах и оценки яркостного контраста изображения под различными углами наблюдения для МФЦИ показателями качества средства индикации являются [1] коэффициент зеркального отражения и коэффициент диффузного отражения экрана. Коэффициент зер-

кального отражения представляет собой способность тела зеркально отражать падающее на него оптическое излучение (внешнюю солнечную засветку). Количественно определяется отношением зеркально отраженного потока излучения к падающему потоку. Коэффициент диффузного отражения представляет собой способность тела диффузно отражать падающее на него излучение. Количественно определяется отношением диффузно отраженного потока излучения к падающему потоку.

В этой связи актуальной является задача разработки методики измерения коэффициентов отражений и оценки распределения значений яркостного контраста изображения при различных углах наблюдения пилотажно-навигационной информации и геоинформационных данных на экране МФЦИ в вертикальной и горизонтальной плоскости.

1. Методика измерений

Исследование распределения углового контраста изображения. МФЦИ устанавливался на поворотный столик с возможностью регулировки углового положения нормали наблюдения к плоскости экрана изделия относительно оси измерительного фотометра (яркомера), установленного на рабочем месте проверки (рис. 1).

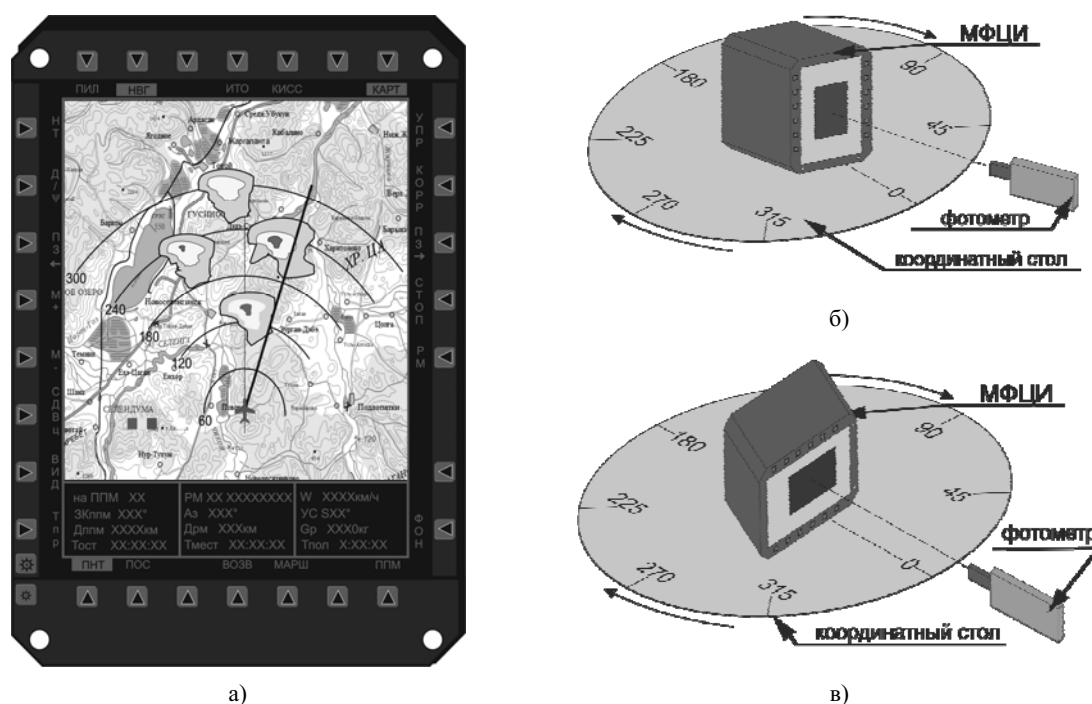


Рис. 1. Пример индикации геоинформационных данных на экране МФЦИ (а) и схемы измерения яркостного контраста изображения для: б) вертикального расположения экрана МФЦИ, в) горизонтального расположения экрана МФЦИ

На экране МФЦИ выводилось рабочее цветное изображение пилотажно-навигационной информации и геоинформационных данных [7], [10], [11] на черном фоне. Кнопкой ручной регулировки яркости устанавливалось максимальное значение яркости изображения. Последовательно задавались углы наблюдения между нормалью к экрану МФЦИ и осью фотометра (яркомера) от -45 до $+45$ град. с шагом 15 град. в горизонтальной плоскости. При каждом установленном дискретном значении угла наблюдения в плоскости экрана создавалась освещенность $E = 75000$ Лк с помощью осветителя направленного действия, входящего в состав специализированного светотехнического стенда [8], [14]. Уровень внешней освещенности превышал пороги срабатывания функции автоматической регулировки яркости МФЦИ, т.е. измерения проводились при максимальной яркости свечения экрана, допустимой схемными решениями разработчиков МФЦИ для примененного ими типа ЖК-матрицы в составе МФЦИ.

Измерительная площадка фотометра последовательно наводилась на изображение пилотажно-навигационной информации или геоинформационных данных в заданном цвете и на черный фон вблизи элемента изображения на экране МФЦИ. Производилось измерение уровня яркости изображения и яркости фона. Значение яркостного контраста оценивалось по формуле:

$$K = (L_{\text{и}} - L_{\text{ф}}) / L_{\text{ф}},$$

где $L_{\text{и}}$ – измеренная яркость изображения цвета,

$L_{\text{ф}}$ – измеренная яркость фона (черный цвет). Изображения на экране формировалось программным способом путем установки кодов данных [12] для основных цветов в красном, зеленом и синем цветах кристаллов ЖК, поляризующих задний свет лампы подсвета ЖК в МФЦИ.

Для оценки распределения яркостного контраста изображения в вертикальной плоскости изделие разворачивалось вокруг нормали к плоскости экрана на 90 град. по часовой стрелке таким образом, чтобы длинная сторона экрана МФЦИ заняла горизонтальное положение. Устанавливался последовательно угол наблюдения между нормалью к экрану МФЦИ и измерительной осью фотометра от 0 до $+30$ град. с шагом 10 град. в горизонтальной плоскости. Производилось измерение яркости изображения и яркости фона и оценивался яркостной контраст изображения.

Исследование значений коэффициентов отражения. Оптическая схема для измерения коэффициента диффузного отражения ЖК-экрана МФЦИ приведена на рис. 2.

Коэффициент диффузного отражения ЖК-экрана $R_{\text{дэ}}$ определяется по формуле [1], [2]:

$$R_{\text{дэ}} = R_{\text{до}} L_{\text{дэ}} / L_{\text{до}},$$

где $L_{\text{дэ}}$ – отсчет по яркомеру 5, сфокусированному на экран 1, освещенный источником света 6 с молочным рассеивателем; $L_{\text{до}}$ – отсчет по яркомеру 5, сфокусированному на диффузный отражатель 8, установленный вблизи экрана 1 и освещенный источ-

ником света 6 с молочным рассеивателем; $R_{до}$ – аттестованный коэффициент диффузного отражения диффузного отражателя 8.

Оптическая схема для измерения коэффициента зеркального отражения ЖК-экрана МФЦИ приведена на рис. 3.

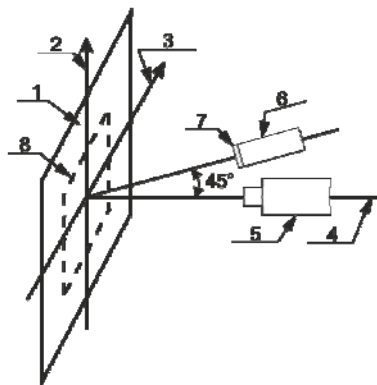


Рис. 2. Схема для измерения коэффициента диффузного отражения ЖК-экрана: 1 – экран; 2 – вертикальное направление; 3 – горизонтальное направление; 4 – нормаль к экрану; 5 – яркометр; 6 – стабилизированный источник света; 7 – молочный рассеиватель; 8 – диффузный отражатель. Оси устройств 5 и 6 лежат в одной горизонтальной плоскости с нормалью 5

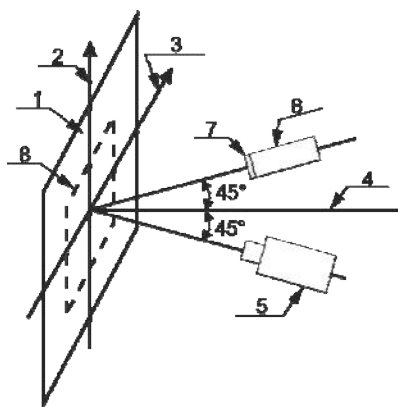


Рис. 3. Схема для измерения коэффициента зеркального отражения ЖК-экрана: 1 – экран; 2 – вертикальное направление; 3 – горизонтальное направление; 4 – нормаль к экрану; 5 – яркометр; 6 – стабилизированный источник света; 7 – молочный рассеиватель; 8 – зеркало. Оси устройств 5 и 6 лежат в одной горизонтальной плоскости с нормалью 4

Коэффициент зеркального отражения экрана $R_{зз}$ определяется по формуле [1], [2]:

$$R_{зз} = R_{з0} L_{зз} / L_{з0} ,$$

где $L_{зз}$ – отсчет по яркометру 5, сфокусированному на изображение молочного рассеивателя 7, сформированное за счет зеркального отражения от экрана 1; $L_{з0}$ – отсчет по яркометру 6, сфокусированному на изображение молочного рассеивателя 7, сформированное за счет зеркального отражения от зеркала 8, установленного вблизи экрана 1; $R_{з0}$ – аттестованный коэффициент отражения зеркала 8.

2. Результаты экспериментальных исследований.

Оценка распределения углового контраста изображения. Значения яркостного контраста изображения в диапазоне рабочих углов наблюдения изображения на экране МФЦИ при различном уровне внешней освещенности приведены на рис. 4 и 5 для горизонтальной и вертикальной плоскости соответственно.

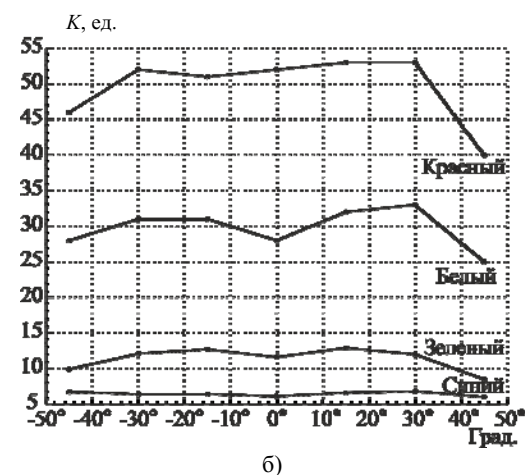
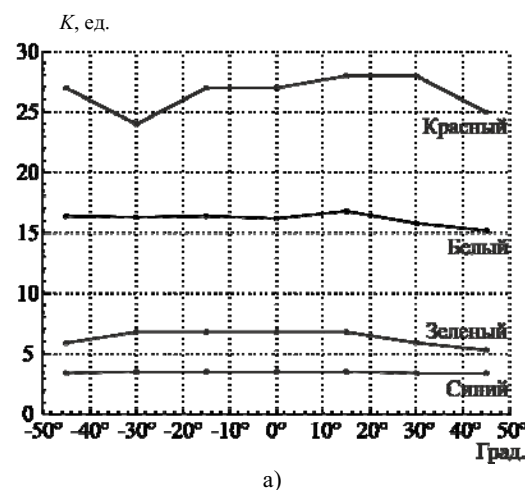


Рис. 4. Контраст изображения ЖК-матрицы SEX-TANT при уровне внешней освещенности 50 кЛк (а), 70 кЛк (б) в горизонтальной плоскости

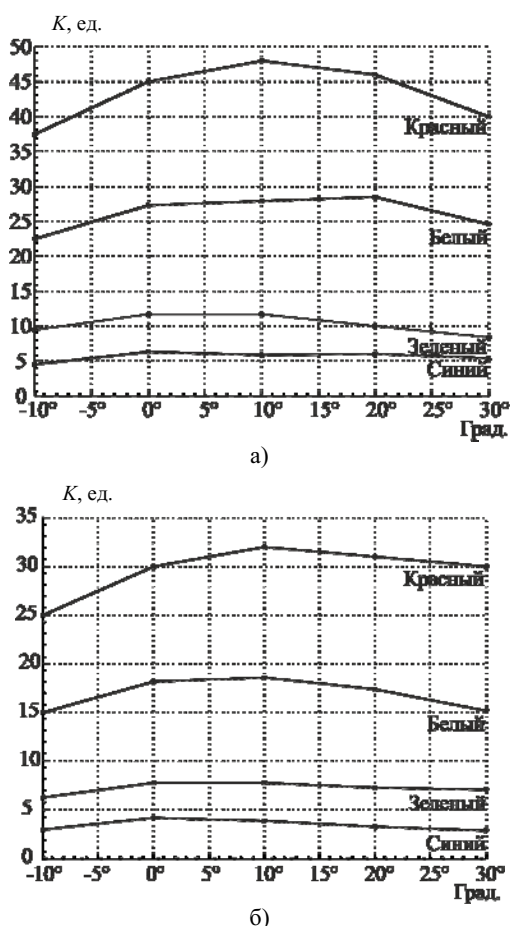


Рис. 5. Контраст изображения ЖК-матрицы SEXTANT при уровне внешней освещенности 50 кЛк (а), 70 кЛк (б) в вертикальной плоскости

Анализ рис. 4, 5 показывает, что изменение значения яркостного контраста для исследуемого типа ЖК-экрана зависит от угла наблюдения незначительно и проявляется при углах наблюдения, превышающих 45 град. (в горизонтальной плоскости). Такая зависимость характерна для принятого разработчиками ЖК-экрана способа поляризации кристаллов, ориентированного на использование ЖК в изделиях бытовой техники (ноутбуках). При вертикальной установке (с разворотом на 90 град.) в МФЦИ ЖК-экрана, изначально предназначенного для использования в «альбомном» конструктиве, для которого разработчик ЖК не принимает достаточных мер для расширения углов наблюдения из-за неиспользованной зоны наблюдения, у летного состава значительно снижается зона обзора пилотажно-навигационной

информации на МФЦИ из-за ухудшения характеристик восприятия информации.

В вертикальной плоскости зависимость проявляется в красном и белом цвете, что вызвано, по всей видимости, технологией изготовления ЖК-матрицы. Однако во всех случаях ориентации экрана в МФЦИ и для всех отображаемых цветов значение контраста элементов изображения для анализируемого типа ЖК-экрана превышает требуемое в авионике [6], [9] значение $K > 2$. Следует также заметить, что контрастные характеристики изображения ухудшаются также при наличии внешней солнечной засветки, создающей в плоскости экрана МФЦИ повышенный уровень освещенности, возникающий при прямом воздействии на ЖК-экран солнечных лучей или при переотражении солнечных лучей от облаков [15].

Оценка значений коэффициентов отражения. Для проведения сравнительных оценок светотехнических параметров различных моделей индикаторов МФЦИ, выполненных с использованием жидкокристаллических матриц фирм SEXTANT, SHARP, NEC, была проведена серия экспериментов. В эксперименте оценивались значения коэффициента зеркального отражения и коэффициента диффузного отражения ЖК-экранов. Результаты оценок коэффициентов приведены в таблице.

Заключение. Опыт эксплуатации МФЦИ в составе объектов (летательных аппаратов) показывает [1], [15], что приемлемым для практики качеством восприятия летчиком изображения пилотажно-навигационной информации и геоинформационных данных обладают бортовые средства индикации, у которых коэффициент зеркального отражения не превышает 1 %, а коэффициент диффузного отражения не превышает 0,1 %.

В результате проведенного исследования предложена новая методика оценки светотехнических характеристик бортовых средств отображения пилотажно-навигационной информации и геоинформационных данных. Эксперименты показывают, что для исследованного образца МФЦИ с ЖК-матрицей SEXTANT имеет место несущественная зависимость уровня яркостного контраста изображения от углов наблюдения экрана МФЦИ в основных цветах в горизонтальной плоскости. Условия эксплуатации МФЦИ в составе объекта, в основном, предполагают наблюдение информации под различными углами как раз в горизонтальной плоскости, причем уровень контраста изображения при всех исследованных углах превышает заданные нормы 2:1.

Таблица

Результаты измерения яркости фона изображения при внешней освещенности E и оценки коэффициентов отражения ЖК-экранов МФЦИ

Тип ЖК-экрана	Яркость фона L_{ϕ} , кд/м ²	Коэффициент зеркального отражения	Коэффициент диффузного отражения
SEXTANT	230 (E=70000 Лк)	0,5 %	0,01 (т.е. 1 %)
SHARP	900 (E=60000 Лк)	1,5 %	0,047 (т.е. 4,7 %)
NEC	305 (E=60000 Лк)	0,5 %	0,01596 (т.е. 1,6 %)

Вместе с этим, следует констатировать, что влияние углов наблюдения на значение яркостного контраста в вертикальной плоскости более значительное, что, очевидно, обусловлено принятой разработчиками ЖК технологией изготовления матрицы (альбомная или книжная рабочая ориентация матрицы).

Следует также заметить, что представленные на рис. 3, 4 и в таблице характеристики изображения являются светотехническими характеристиками не столько самих ЖК-матриц, сколько изделия (МФЦИ) в целом, так как измерения производились в составе образцов МФЦИ с учетом примененных разработчиками МФЦИ антибликовых покрытий, наносимых на ЖК-матрицу, или с учетом стекла подогревателя, который может быть конструктивно размещен [3] непосредственно перед ЖК-матрицей.

Литература

1. *Дмитриев, В.* OLED-дисплеи – будущее уже начинается / В. Дмитриев // Компоненты и технологии. – 2003. – № 6. – С. 62 – 66.
2. *Дятлов, В.М.* Разработка технических решений по разработке торцевого модуля задней подсветки / В.М. Дятлов // Военная электроника и электротехника: Труды XXII ЦНИИИ Минобороны России. – 2010. – Вып. 62. – С. 280 – 291.
3. *Дятлов, В.М.* Разработка и исследование конструкции стеклопакета жидкокристаллического экрана / В.М. Дятлов // Военная электроника и электротехника: Труды XXII ЦНИИИ Минобороны России. – 2010. – Вып. 62. – С. 270 – 279.
4. *Жаринов, И.О.* Бортовые средства отображения информации на плоских жидкокристаллических панелях / И.О. Жаринов, О.О. Жаринов // Информационно-управляющие системы. – СПб, 2005.
5. *Жданов, В.* Передовые технологии фирмы Sharp в изготовлении ЖК-дисплеев для различных применений / В. Жданов // Современная электроника. – 2006. – № 1. – С. 14 – 19.
6. *Книга, Е.В.* Принципы организации перспективных бортовых цифровых вычислительных систем в авионике / [Е.В. Книга и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – № 2. – С. 163 – 165.

7. *Костишин, М.О.* Оценка точности визуализации местоположения объекта в геоинформационных системах и системах индикации навигационных комплексов пилотируемых летательных аппаратов / [М.О. Костишин и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2014. – № 1. – С. 130 – 137.

8. *Парамонов, П.П.* Принципы построения отраслевой системы автоматизированного проектирования в авиационном приборостроении / П.П. Парамонов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 6 (82). – С. 111 – 117.

9. *Парамонов, П.П.* Интегрированные бортовые вычислительные системы: обзор современного состояния и анализ перспектив развития в авиационном приборостроении / П.П. Парамонов, И.О. Жаринов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – № 2 (84). – С. 1 – 17.

10. *Парамонов, П.П.* Теория и практика статистического анализа картографических изображений в системах навигации пилотируемых летательных аппаратов / П.П. Парамонов, Ю.А. Ильченко, И.О. Жаринов // Датчики и системы. – 2001. – № 8. – С. 15 – 19.

11. *Парамонов, П.П.* Структурный анализ и синтез графических изображений на экранах современных средств бортовой индикации на плоских жидкокристаллических панелях / [П.П. Парамонов и др.] // Авиакосмическое приборостроение. – 2004. – № 5. – С. 50 – 57.

12. *Парамонов, П.П.* Реализация структуры данных, используемых при формировании индикационного кадра в бортовых системах картографической информации / [П.П. Парамонов и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – № 2 (84). – С. 165 – 167.

13. *Парамонов, П.П.* Многофункциональные индикаторы на плоских жидкокристаллических панелях: наукоемкие аппаратно-программные решения / [П.П. Парамонов и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2004. – № 3. (14). – С. 238 – 245.

14. *Парамонов, П.П.* Принцип формирования и отображения массива геоинформационных данных на экран средств бортовой индикации / [П.П. Парамонов и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – № 6. – С. 136 – 142.

15. *Сомарин, А.* Модули ЖК-дисплеев для авионики / А. Сомарин // Компоненты и технологии. – 2005. – № 3. – С. 56 – 62.

УДК 669.02/09

А.Л. Кузьминов, А.В. Голубев

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ПО ПАУКООБРАЗНЫМ ТРЕЩИНАМ И ПАРАМЕТРОВ РАЗЛИВКИ В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ

В статье рассмотрены закономерности между показателями качества поверхности непрерывного слитка и теплотехническими показателями работы кристаллизатора, технологическими параметрами и химическим составом разливаемой стали.

Непрерывная разливка стали, кристаллизатор, качество поверхности слитка, паукообразные трещины.

Regularities between the indicators of the quality of the surface of a continuous ingot and thermal engineering indicators of work of a crystallizer as well as the technological parameters and the chemical composition of the cast steel are considered in the article.

Continuous pouring of steel, crystallizer, quality of the surface of an ingot, spider-like cracks.