

For citation:

Zagashvili Yu. V., Savchenko G. B., **Filimonov Yu. N.** Identification of the Static Characteristics of the Synthesis Gas Generators, *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*, 2015, vol. 16, no. 8, pp. 556—563.

DOI: 10.17587/mau.16.556-563

References

1. **Braginskij O. B.** *Mirovoj neftegazovyy kompleks* (World oil and gas industry), Moscow, Nauka, 2004, 605 p. (in Russian).
2. **Aniskevich Ju. V., Krasnik V. V., Filimonov Ju. N.** *Vybor rezhimnyh parametrov processa parcial'nogo gazofaznogo okisleniya metana kislorodom vozduha s cel'ju poluchenija sintez-gaza trebuemogo sostava* (Selection of operating parameters of the gas-phase partial oxidation of methane with oxygen from air to produce the required synthesis gas composition), *Zhurnal Prikladnoj Himii*, 2009, vol. 82, iss. 8, pp. 1335—1341 (in Russian).

3. **Ustrojstvo dlja poluchenija sintez-gaza** (An apparatus for producing synthesis gas), Patent RF № 2523824 (in Russian).
4. **Ustrojstvo generatora sintez-gaza** (The device synthesis gas generator), Patent RF № 2535121 (in Russian).
5. **Sposob poluchenija sintez-gaza** (A method for producing synthesis gas), Patent RF № 2521377 (in Russian).
6. **Reaktor dlja poluchenija nepredel'nyh uglevodorodov, preimushhestvenno jetilena** (The reactor to produce unsaturated hydrocarbons, mainly ethylene), Patent RF № 2369431 (in Russian).
7. **Glushko V. P.** ed. *Termodinamicheskie i teplofizicheskie svoystva produktov sgoranija* (Thermodynamic and transport properties of combustion products), vol. 1, Moscow, VINITI AN SSSR, 1971, 263 p. (in Russian).
8. **L'vovskij E. N.** *Statisticheskie metody postroenija jempiricheskikh formul* (Statistical methods for constructing empirical formulas), Moscow, Vysshaja shkola, 1988, 239 p. (in Russian).
9. **Savchenko G. B.** *Sposob poluchenija vodoroda na osnove kriticheskikh tehnologij* (A method for producing a hydrogen based on critical technologies), *Nasosy. Turbiny. Sistemy*, 2014, no.1, pp. 21—26 (in Russian).

УДК 623.7.011.89

DOI: 10.17587/mau.16.563-569

А. В. Шукалов^{1, 2}, ген. директор, доц., aviation78@mail.ru,

И. О. Жаринов^{1, 2}, д-р техн. наук, доц.,

руководитель учебно-научного центра, зав. кафедрой, igor_rabota@pisem.net,

О. О. Жаринов³, канд. техн. наук, доц., zharinov73@hotmail.ru,

М. О. Костишин², аспирант, job.max@me.com,

В. А. Нечаев^{1, 2}, главный конструктор, доц., postmaster@elavt.spb.ru,

¹ Санкт-Петербургское ОКБ "Электроавтоматика" им. П. А. Ефимова,

² Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО),

³ Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП)

Алгоритм решения проектной задачи выбора оптических параметров бортового средства индикации на основе жидкокристаллической панели

Рассматривается проектная задача выбора оптических параметров бортового средства индикации, выполненного на базе жидкокристаллической панели. Релевантными параметрами проектирования определены: неравномерность яркости, яркость, цветовой контраст, яркостной контраст, коэффициент диффузного отражения, коэффициент зеркального отражения, цветовой охват. Предлагается алгоритм автоматизированного выбора значений параметров, основанный на процедуре лексикографической оценки. Процедура лексикографической оценки предполагает ранжирование проектных параметров по важности и поиск оптимального значения каждого параметра независимо от значений других параметров. Приводятся выражения для вычисления значений оценок параметров и описываются способы поиска наилучшего значения по каждому из параметров. В основе алгоритма используются частные решающие правила, устанавливающие граничные значения анализируемых параметров.

Ключевые слова: авионика, средства индикации, оптические параметры, процедура выбора, проектное решение, алгоритм

Введение

Выбор оптических параметров бортового средства индикации класса МФЦИ (многофункциональный цветной индикатор) [1, 2] является проектной процедурой, подлежащей оптимизации. Оптимизация решения задачи выбора может осуществляться на двух этапах:

- на этапе проектирования пилотажно-навигационного комплекса (ПНК), в состав которого входит МФЦИ;
- на этапе проектирования МФЦИ.

Решение задачи выбора оптических параметров МФЦИ на этапе проектирования ПНК выполняется с использованием критерия оптимальности Парето [3, 4], когда разработчику предъявлено множество моделей МФЦИ, характеристики которых заданы в технической документации. Критерий Парето состоит в отказе от поиска единственного (наилучшего) проектного решения и соглашении о том, что предпочтение одного проектного решения (варианта) перед другим можно отдавать, только если первый вариант оказывается лучше второго

по всем сравниваемым параметрам. Если предпочтения хотя бы по одному параметру расходятся с предпочтениями по другому, то такие варианты оказываются несравнимыми. В результате попарного сравнения вариантов худшие по всем параметрам варианты отбрасываются, а оставшиеся, несравнимые между собой (недоминируемые), принимаются. Выбор МФЦИ разработчиком ПНК в этом случае может быть проведен равновероятно из числа моделей МФЦИ, входящих в множество Парето.

Основным недостатком решающего правила на основе критерия Парето в данном случае является невозможность учета специфических требований к ПНК в требованиях к МФЦИ, в связи с чем разработчик ПНК вынужден осуществлять выбор МФЦИ и оптимизацию ПНК на основе переговорного множества моделей МФЦИ с фиксированными параметрами.

Влияние специфических требований к ПНК на требования к МФЦИ учитывается в модели оптимизации, основанной на принципе превосходства одних параметров проектирования МФЦИ над другими. Основанием для вывода об абсолютном превосходстве параметров одного варианта над параметрами другого варианта служит методика, ис-

пользующая различие параметров по важности, при которой сравнение значений параметров проектных альтернатив осуществляется сначала только по самому важному параметру без учета значения остальных, затем только по второму по важности параметру и т. д.

Информация об абсолютном превосходстве параметров одного варианта над параметрами другого позволяет ранжировать возможные варианты проектных решений с использованием процедуры лексикографической оценки [5]. Реализация процедуры лексикографической оценки предусматривает декомпозицию исходной многомерной задачи оптимизации (например, методом последовательных уступок [3]) в определенную последовательность задач (стратегию) оценки по иерархически упорядоченным скалярным параметрам.

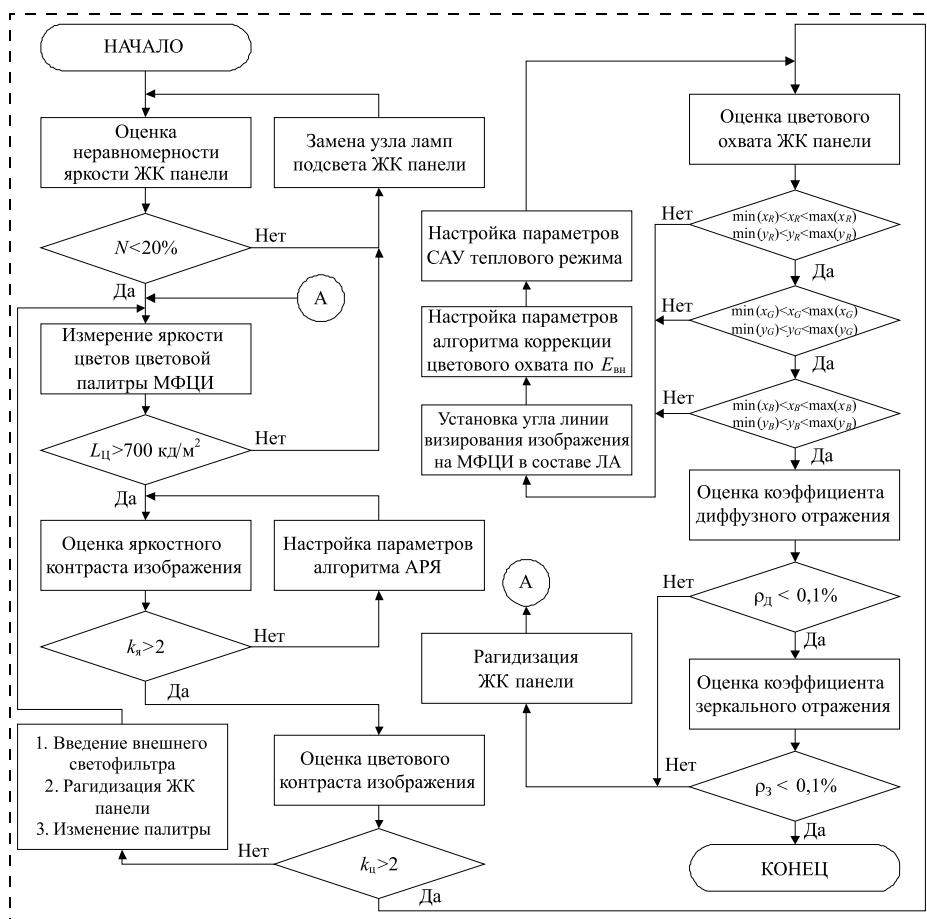
Предполагается, что первый параметр важнее второго, второй — важнее третьего и т. д., т. е. каждый последующий параметр сужает множество проектных решений, получаемых на основе совокупности предыдущих параметров. Это означает, что если в исходной задаче оптимизации с одним параметром имеется несколько проектных решений, и для дальнейшего выбора последовательно применяются дополнительные параметры, то получаемые в

результате стратегии решения будут оптимальными для соответствующей лексикографической задачи с векторным параметром, состоящим из всех поочередно рассматриваемых параметров.

Цель исследования заключается в разработке алгоритма, основанного на процедуре лексикографической оценки, для решения проектной задачи выбора оптических параметров бортового средства индикации на этапе проектирования МФЦИ.

Алгоритм выбора оптических параметров бортового средства индикации

Алгоритм решения проектной задачи выбора оптических параметров бортового средства индикации приведен на рисунке. Релевантными оптическими параметрами МФЦИ, выполненного на базе жидкокристаллической (ЖК) панели, влияющими на визуальные характеристики восприятия наблюдателем изображения, являются:



Алгоритм решения проектной задачи выбора оптических параметров бортового средства индикации, выполненного на базе ЖК панели

- неравномерность яркости изображения по полю ЖК панели;
- яркость цветов и оттенков, заданных в цветовой палитре МФЦИ цифровыми кодами RGB (R — Red, G — Green, B — Blue);
- яркостной контраст изображения, индицируемого на ЖК панели МФЦИ;
- цветовой контраст изображения, индицируемого на ЖК панели МФЦИ;
- цветовой охват воспроизводимых на ЖК панели цветов и оттенков;
- коэффициенты диффузного и зеркального отражения.

Неравномерность яркости изображения ЖК панели обусловлена технологическим разбросом яркости свечения источников заднего или бокового подсвета белого спектра свечения (газоразрядные лампы, светодиоды). Визуально неравномерность яркости воспринимается наблюдателем за счет наличия существенной разницы в яркости изображения в различных участках экрана. Опытным путем и испытаниями на подтверждение ресурса изделия установлено, что снижение яркости в центре ЖК панели свойственно экранам с газоразрядными лампами подсвета.

Неравномерность яркости по краям ЖК панели свойственна как экранам с газоразрядными лампами подсвета, так и с подсветом на основе светодиодов. В большинстве случаев неравномерность яркости по краям панели проявляется за счет несовершенства конструктивного исполнения изделия, при котором отдельные части жидкокристаллической матрицы оказываются на разном расстоянии от источника подсвета, в результате чего эти части имеют повышенную (пониженную) яркость изображения.

Неравномерность яркости изображения оценивается по формуле

$$N = \frac{\max L_i - \min L_i}{\min L_i} \cdot 100 \%,$$

где L_i , $i = 1, 2, \dots, M$, — измеренное яркомером значение яркости цвета в i -й точке ЖК панели. Как правило, для оценки неравномерности яркости изображения измерения проводятся в одном цвете — белом, индицируемом на всей площади экрана.

Число точек, в которых измеряется яркость, определяется желаемым уровнем точности представления оценки неравномерности яркости ЖК панели. Достаточно грубая оценка неравномерности яркости ЖК панели с диагональю экрана 10 дюймов может быть получена на основе пяти измерений: в центре экрана и в четырех углах экрана.

Приемлемым для практического использования в авиационной промышленности считается ЖК панель, у которой неравномерность яркости изображения не превышает 10...20 %. Для образцов, обладающих большим значением неравномерности яркости, требуется замена модуля подсвета ЖК панели, так как компенсировать неравномерность

яркости подсвета в изделии не представляется возможным.

Яркостной контраст изображения определяется отношением яркости цвета $L_{ц}$, воспринимаемого наблюдателем, к яркости цвета фона $L_{ф}$. Количественная оценка значения яркостного контраста изображения определяется по формуле [6]

$$K_{я} = \frac{L_{ц} - L_{ф}}{L_{ф}}.$$

Цвет фона в авиационной промышленности черный, реже — серый. Важно заметить, что яркостной контраст — это характеристика восприятия наблюдателем одного определенного цвета, поэтому контраст изображения для белого цвета, воспринимаемого наблюдателем на черном фоне, отличается от контраста синего цвета на том же черном фоне, от контраста для красного, зеленого цвета и т. д.

Приемлемой для практического использования в авиационной промышленности считается ЖК панель, обеспечивающая индикацию изображения во всех цветах со значением яркостного контраста, превышающим 2 (при уровне внешней освещенности экрана до 75 клк), и с уровнем собственной яркости изображения в белом цвете, превышающим 700 кд/м^2 . Методика и результаты экспериментальной оценки контраста изображения с различными отображаемыми цветами для нескольких моделей МФЦИ, в которых установлены ЖК панели различных изготовителей, приведены в работе [6].

Исследование влияние **цветового контраста** на характеристики восприятия наблюдателем изображения в авиационной промышленности получило свое развитие в связи с введением в средства индикации режима отображения совмещенных кадров. Актуальными для практического применения сегодня являются режимы совмещения [7, 8]:

- пилотажно-навигационной и картографической информации;
- пилотажно-навигационной информации и информации от бортовой метеорологической станции;
- пилотажно-навигационной информации и информации от системы раннего предупреждения близости Земли и др.

В отличие от яркостного контраста изображения цветовой контраст характеризует способность наблюдателя воспринимать информацию не на фоне одного фиксированного цвета (черного), а на фоне цвета, который изменяется в процессе полета. В частности, в процессе полета летательного аппарата (ЛА) над зонами болотистой местности, перемежающейся с участками суши, значение счетчика текущей барометрической высоты полета, отображаемого белым цветом, может попеременно индицироваться на фоне зеленого цвета болота или на фоне светло-серого цвета суши в режиме совмещения изображений "навигация и картография". Таким образом, изменение цвета фона изображения связано с динамическим обновлением на экране МФЦИ

цифровой карты местности, соответствующим скорости и направлению движения ЛА. Как в случае индикации параметра в белом цвете на зеленом фоне, так и в случае индикации параметра в белом цвете на светло-сером фоне средство отображения должно обеспечивать устойчивое восприятие наблюдателем значения текущего полетного параметра.

Количественная оценка значения цветового контраста определяется по формуле [6]

$$K_{ц_i} = \frac{L_{ц_i} - L_{ц_j}}{L_{ц_j}},$$

где $L_{ц_i}$ — измеренная яркость цвета, воспринимаемого наблюдателем на фоне цвета с измеренной яркостью $L_{ц_j}$. Приемлемыми для практического использования в авиационном приборостроении считается ЖК панель и цветовая палитра МФЦИ, обеспечивающие индикацию изображения во всех используемых цветах со значением цветового контраста, превышающим 2 (при уровне внешней освещенности экрана до 75 клк). Повышение значения цветового контраста изображения МФЦИ возможно за счет:

- введения внешнего светофильтра, конструктивно располагаемого перед ЖК панелью в направлении наблюдателя;
- выполнения процедуры рагидизации [9—11], т. е. нанесения на поверхность ЖК панели специализированной пленки на клеевой основе, обладающей частотно-избирательными, антибликовыми и антиотражающими свойствами;
- специализированного подбора компонентов RGB цветовой палитры МФЦИ для всех паросочетаний цветов, обладающих максимально возможной цветовой разницей [12]. В ряде случаев может быть применен специализированный технический прием, заключающийся в отображении значения полетного параметра с контуром черного цвета, визуально подчеркивающим границы символа в заданном цвете.

Цветовой охват ЖК панели является важнейшей характеристикой цветовоспроизведения бортового средства индикации. Цветовой охват [13, 14] определяется геометрическим местом точек на цветовом графике XY -цветового пространства, внешний периметр которых аппроксимируется фигурой треугольного вида. Точки, вписанные в треугольник цветового охвата, характеризуются координатами цветности изображения, которые потенциально могут быть воспроизведены на ЖК панели, примененной разработчиками в МФЦИ.

Координаты вершин треугольника цветового охвата (x_R, y_R) , (x_G, y_G) , (x_B, y_B) определяются точками, соответствующими координатам чистых ос-

новных цветов (красный, зеленый, синий), и вычисляются по формулам [12]

$$R: \left\{ x_R = \frac{X_r}{X_r + Y_r + Z_r}, y_R = \frac{Y_r}{X_r + Y_r + Z_r} \right\};$$

$$G: \left\{ x_G = \frac{X_g}{X_g + Y_g + Z_g}, y_G = \frac{Y_g}{X_g + Y_g + Z_g} \right\};$$

$$B: \left\{ x_B = \frac{X_b}{X_b + Y_b + Z_b}, y_B = \frac{Y_b}{X_b + Y_b + Z_b} \right\},$$

где $X_r, X_g, X_b, Y_r, Y_g, Y_b, Z_r, Z_g, Z_b$ — компоненты цвета, определенные Международной комиссией по освещению. Каждая модель ЖК панели МФЦИ обладает своими значениями $X_r, X_g, X_b, Y_r, Y_g, Y_b, Z_r, Z_g, Z_b$.

Множество точек, вписанных в треугольник цветового охвата, формируется путем вычисления (x, y) -координат цветности для каждого оттенка цвета из 2^{24} оттенков цветов, воспроизводимых в восьмибитной цветовой модели RGB [11]:

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

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

где X, Y, Z — координаты цвета в цветовом пространстве XYZ ; R, G, B — коды (в десятичной системе счисления) компонентов основных цветов в модели RGB .

Цветовой охват ЖК панели зависит [15]:

- от температуры окружающей среды, в которой эксплуатируется МФЦИ. Опытным путем установлено, что смещение координат цветности при снижении окружающей температуры осуществляется в направлении точки белого цвета ЖК панели. Значение приращения координат цветности примерно соответствует 0,0003 единицы цветности на один градус Цельсия. При увеличении температуры окружающей среды площадь треугольника цветового охвата также растет. Зависимость координат цветности изображения от температуры вызвана влиянием температуры на спектральные характеристики излучения модуля подсвета ЖК панели. Для компенсации температурной зависимости в МФЦИ необходимо вводить специализированную систему автоматического управления (САУ) температурным режимом [16] ЖК панели, включающую нагреватель и средство охлаждения (элемент на основе эффекта Пельтье, электровентилятор и пр.);
- от угла наблюдения изображения, индицируемого на ЖК панели. Смещение координат цветности для альбомно-ориентированной панели осуществляется в направлении точки белого

цвета ЖК панели, т. е. изображение под большими углами наблюдения "осветляется". Значение приращения координат цветности примерно соответствует 0,0001 единицы цветности на один угловой градус отклонения от линии визирования, перпендикулярной к плоскости экрана. Смещение координат цветности обусловлено поляризационными свойствами жидких кристаллов. Учет влияния систематического смещения координат цветности на борту ЛА может быть выполнен за счет конструктивного размещения МФЦИ в составе ЛА под фиксированным углом наблюдения [17], для которого и будет определена цветовая палитра.

Важно заметить, что условия эксплуатации МФЦИ допускают влияние внешней освещенности на цветовосприятие наблюдателем изображения. Внешняя освещенность ЖК панели образуется за счет воздействия на экран естественного дневного солнечного света или света солнца, отраженного от неба и облаков. В ночном режиме полета ЛА внешняя солнечная засветка образуется за счет искусственного освещения кабины ЛА белым, красным или сине-зеленым цветом. В связи с незначительным уровнем яркости МФЦИ в ночном режиме полета ЛА даже малый уровень внешней искусственной освещенности кабины приводит к смещению координат цветности индицируемого изображения.

Компенсация внешней освещенности обеспечивается в МФЦИ:

- специализированной схемой автоматической регулировки яркости (АРЯ);
- программным способом, учитывающим спектральный состав падающего светового потока.

Коэффициент зеркального отражения ρ_3 представляет собой способность ЖК панели зеркально отражать падающее на нее оптическое излучение (внешнюю освещенность). Количественно ρ_3 характеризует отношение зеркально отраженного потока излучения к падающему потоку [16, 17]. В эксплуатации влияние зеркальной составляющей отраженного света может быть сведено к минимуму за счет конструктивного размещения МФЦИ в составе ЛА, исключающего возможность зеркального переотражения света от источника внешней освещенности в направлении наблюдателя.

Экспериментально коэффициент ρ_3 определяется из следующего соотношения:

$$\rho_3 = \frac{L_3 \pi}{E_{\text{вн}}},$$

где L_3 — яркость светового потока, зеркально отраженного от поверхности выключенной ЖК панели, освещенной источником света, создающим в плоскости экрана внешнюю освещенность $E_{\text{вн}}$.

Приемлемой для практического использования в авиационном приборостроении является ЖК панель с $\rho_3 < 0,1 \%$. В частности, при $\rho_3 = 0,1 \%$, $E_{\text{вн}} = 75$ клк составляющая зеркально отраженного

света от поверхности ЖК панели будет иметь яркость $L_3 \approx 24$ кд/м². При собственной яркости МФЦИ на уровне 700 кд/м² влияние дополнительной яркости L_3 не приведет к существенному снижению контрастных характеристик восприятия наблюдателем изображения. Для снижения значения коэффициента зеркального отражения ЖК панель может быть подвергнута процедуре рагидизации.

Коэффициент диффузного отражения ρ_d представляет собой способность ЖК панели диффузно отражать падающее на ее оптическое излучение [17]. Диффузное отражение падающего светового потока обеспечивается во все стороны от экрана, в том числе и в направлении наблюдателя.

Количественно ρ_d характеризует отношение диффузно отраженного потока излучения к падающему потоку. Экспериментально коэффициент ρ_3 определяется из соотношения

$$\rho_d = \frac{L_d \pi}{E_{\text{вн}}},$$

где L_d — яркость светового потока, диффузно отраженного от поверхности выключенной ЖК панели, освещенной источником света, создающим в плоскости экрана внешнюю освещенность $E_{\text{вн}}$. Приемлемой для практического использования в авиационном приборостроении является ЖК панель с $\rho_d < 0,1 \%$. Для снижения значения коэффициента диффузного отражения ЖК панель может быть подвергнута процедуре рагидизации. Методика и результаты экспериментальной оценки коэффициентов диффузного и зеркального отражения для нескольких моделей МФЦИ, в которых установлены ЖК панели различных изготовителей, приведены в работе [17].

Заключение

Решение оптимизационной задачи выбора оптических параметров бортового средства индикации имеет важное практическое значение, так как на этапе проектирования МФЦИ в документацию вводятся проектные решения, определяющие качество и эксплуатационные свойства будущего изделия.

Исходными данными для предлагаемого алгоритма являются семь параметров, ранжированных по значимости. Каждый параметр в процессе проектирования подлежит оценке и исследованию в целях определения своего наилучшего значения. Наличие обратных связей в алгоритме предполагает итерационный путь достижения наилучшего значения для каждого параметра.

Все рассмотренные оптические параметры физически измеримы прямым или косвенным способом [18]. Расчетные значения оценок параметров могут быть подтверждены результатами соответствующих светотехнических испытаний в составе автоматизированного рабочего места. Состав автоматизированного рабочего места подробно рассмотрен в работах [6, 13].

Список литературы

1. **Жаринов И. О., Жаринов О. О.** Бортовые средства отображения информации на плоских жидкокристаллических панелях: Учеб. пособие // Информационно-управляющие системы. СПб: Изд. ГУАП, 2005, 144 с.
2. **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.
3. **Гайкович А. И.** Основы теории проектирования сложных технических систем. СПб: НИЦ "МОРИНТЕХ", 2001. 432 с.
4. **Ногин В. Д.** Проблема сужения множества Парето: подходы к решению // Искусственный интеллект и принятие решений. 2008. № 1. С. 98—112.
5. **Гатчин Ю. А., Жаринов И. О.** Основы проектирования вычислительных систем интегрированной модульной авионики. М.: Машиностроение, 2010. 224 с.
6. **Костишин М. О., Жаринов И. О., Жаринов О. О.** Исследование визуальных характеристик средств отображения пилотажно-навигационных параметров и геоинформационных данных в авионике // Информационно-управляющие системы. 2014. № 4. С. 61—67.
7. **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.
8. **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.
9. **Литвак И., Наумов Е.** Повышение яркостного контраста электронных видеопреобразователей. Расчет и оценка потенциальных возможностей // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2002. № 2. С. 68—71.
10. **Индутный И. З., Шепелявый П. Е., Михайловская Е. В., Парк Ч. В., Ли Дж. Б., До Я. Р.** Градиентные светопоглощающие покрытия $\text{SiO}_x\text{-Me}$ для дисплейных экранов // Журнал технической физики. 2002. Т. 72, Вып. 6. С. 67—72.
11. **Абдуев М. Х., Дятлов В. М., Дятлов М. В., Никулин Ю. Г., Селиверстов В. И., Семаш А. А.** Рагидизированный жидкокристаллический экран. Патент RU 2388031 C1, № 2008135277/28, МПК G02 F1/13, заявл. 02.09.2008, опубл. 27.04.2010, Бюл. № 12.
12. **Парамонов П. П., Коновалов П. В., Жаринов И. О., Кирсанова Ю. А., Уткин С. Б.** Реализация структуры данных, используемых при формировании индикационного кадра в бортовых системах картографической информации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 2. С. 165—167.
13. **Жаринов И. О., Жаринов О. О.** Исследование распределения оценки разрешающей способности преобразования Грасмана в системах кодирования цвета, применяемых в авионике // Программная инженерия. 2014. № 8. С. 40—47.
14. **Жаринов И. О., Жаринов О. О.** Исследование свойства равноконтрастности цветовых пространств, применяемых в авионике // Программная инженерия. 2014. № 11. С. 35—43.
15. **Ito H., Ogawa M., Sunaga Sh.** Evaluation of an organic light-emitting diode display for precise stimulation // Journal of vision. 2013. V. 13, N. 6. P. 1—21.
16. **Жаринов И. О., Жаринов О. О., Парамонов П. П., Костишин М. О., Сударчиков С. А.** Принципы построения автоматических систем в канале управления тепловыми и светотехническими характеристиками бортовых средств индикации // Известия вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 12. С. 34—38.
17. **Костишин М. О., Жаринов И. О.** Исследование оптических параметров бортовых средств индикации геоинформационных данных // Вестник Череповецкого государственного университета. 2014. № 2. С. 5—9.
18. **Жаринов И. О., Жаринов О. О.** Оценка инструментальной погрешности косвенного измерения координат цвета в цветовой модели данных, применяемой в авионике // Программная инженерия. 2014. № 12. С. 39—46.

Algorithm for Selection of the Optical Parameters of the On-Board Indication Equipment Based on a Liquid Crystal Panel

A. V. Shukalov^{1, 2}, aviation78@mail.ru, **I. O. Zharinov**^{1, 2}, igor_rabota@pisem.net, **O. O. Zharinov**³, zharinov73@hotmail.ru, **M. O. Kostishin**², job.max@me.com, **V. A. Nechayev**^{1, 2}, postmaster@elavt.spb.ru,

¹ St. Petersburg Electroavtomatika Scientific Design Bureau named after P. A. Efimov, St. Petersburg, 198095, Russian Federation,

² St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, (ITMO University), St. Petersburg, 197101, Russian Federation,

³ St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, (GUAP), St. Petersburg, 190000, Russian Federation

Corresponding author: Zharinov Igor O., D. Sc., Associate Professor, Chef of Department, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, St. Petersburg, 197101, Russian Federation, Head of the Training-Research Center, St. Petersburg Electroavtomatika Scientific Design Bureau named after P. A. Efimov, St. Petersburg, 198095, Russian Federation, e-mail: igor_rabota@pisem.net

Received on February 20, 2015

Accepted March 24, 2015

Design of the modern on-board equipment for visualization of the air navigation parameters and geodetails (digital district map) is determined by certain requirements to the quality of the visualized information to be displayed. This kind of quality may be characterized quantitatively in terms of brightness and contrast of each color displayed on the screen. In order to ensure

a stable readability of an image for a pilot, a special procedure should choose chromaticity of the coordinates of the image elements. This article deals with the designing problem of selection of the optical parameters of the on-board indication equipment based on a liquid crystal panel. Solution to the problem is of practical importance, because at the design stage indication in the documentation introduces the design solutions, which determine the quality and operational characteristics of the future product. The following relevant parameters for designing were defined: nonuniformity of brightness, brightness value, color contrast, brightness contrast, diffuse reflection factor, mirrored reflection factor, and gamut. An algorithm for an automated selection of the parameters, based on the lexicographic evaluation procedure was proposed. A lexicographic evaluation procedure involves ranking of the design parameters by their relative importance and a further search for the optimal value of each parameter, regardless of the other parameters. The expressions for calculation of the estimated parameters were proposed, and a way for the searching procedure to find the best value for each of the parameters was described. The algorithm is based on certain quotient decisive rules, which establish the boundary values for the analyzed parameters. Feedback in the algorithm ensures an iterative way to achieve the best value for each parameter. The results of the research were obtained during implementation of the developmental works and can be used by the developers of the on-board indication equipment to perform circuit calculations.

Keywords: avionics, indication equipment, optical parameters, choosing procedure, designing solution, algorithm

For citation:

Shukalov A. V., Zharinov I. O., Zharinov O. O., Kostishin M. O., Nechayev V. A. Algorithm for Selection of the Optical Parameters of the On-Board Indication Equipment Based on a Liquid Crystal Panel, *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*, 2015, vol. 16, no. 8, pp. 563–569.

DOI: 10.17587/mau.16.563-569

References

1. **Zharinov I. O., Zharinov O. O.** Bortovye sredstva otobrazheniya informacii na ploskikh zhidkokristallicheskih paneljah (Onboard Display on Flat Liquid Crystal Panels), *Informacionno-Upravljajushhie Sistemy*, Saint-Petersburg, 2005, 144 p. (in Russian).
2. **Paramonov P. P., Koperskij N. S., Vidin B. V., Zharinov I. O.** *Mnogofunkcional'nye indikatorny na ploskikh zhidkokristallicheskih paneljah: naukoemkie apparatno-programmnye reshenija* (The multi-functional displays on LCD flat panels: high-tech hardware and software solutions), *Nauchno-Tekhnicheskij Vestnik Informacionnyh Tekhnologij, Mehaniki i Optiki*, 2004, no. 3, pp. 238–245 (in Russian).
3. **Gajkovich A. I.** *Osnovy teorii proektirovaniya slozhnyh tehnicheskikh sistem* (Fundamentals of the theory of the design of complex technical systems), Saint-Petersburg, MORINTEH, 2001, 432 p. (in Russian).
4. **Nogin V. D.** *Problema suzhenija mnozhestva Pareto: podhody k resheniju* (The problem of narrowing of the Pareto set: approaches to), *Iskusstvennyj Intellekt i Prinjatje Reshenij*, 2008, no. 1, pp. 98–112 (in Russian).
5. **Gatchin Ju. A., Zharinov I. O.** *Osnovy proektirovaniya vychislitel'nyh sistem integrirovannoj modul'noj avioniki* (Basics of Designing Computer Systems Integrated Modular Avionics), Moscow, Mashinostroenie, 2010, 224 p. (in Russian).
6. **Kostishin M. O., Zharinov I. O., Zharinov O. O.** *Issledovanie vizual'nykh harakteristik sredstv otobrazhenija pilotazhno-navigacionnyh parametrov i geoinformacionnyh dannyh v avionike* (The study of the visual characteristics of the display means of navigation parameters and GIS data in avionics), *Informacionno-Upravljajushhie Sistemy*, 2014, no. 4, pp. 61–67 (in Russian).
7. **Paramonov P. P., Il'chenko Ju. A., Zharinov I. O., Tarasov P. Ju.** *Strukturnyj analiz i sintez graficheskikh izobrazhenij na jekranah sovremennyh sredstv bortovoj indikacii na ploskikh zhidkokristallicheskih paneljah* (Structural analysis and synthesis of graphic images on the screens of modern means of on-Board display on LCD flat panels), *Aviakosmicheskoe Priborostroenie*, 2004, no. 5, pp. 50–57 (in Russian).
8. **Paramonov P. P., Il'chenko Ju. A., Zharinov I. O.** *Teorija i praktika statisticheskogo analiza kartograficheskikh izobrazhenij v sistemah navigacii pilotiruemykh letatel'nykh apparatov* (Theory and practice of statistical analysis of cartographic images in the navigation systems of manned aircraft), *Datchiki i Sistemy*, 2001, no. 8, pp. 15–19 (in Russian).
9. **Litvak I., Naumov E.** *Povyshenie jarkostnogo kontrasta jelektronnykh videopreobrazovatelej. Raschet i ocenka potencial'nykh vozmozh-*

nostej (Increasing luminance contrast electronic videoprobably. Calculation and evaluation of potential opportunities), *Jelektronika: Nauka, Tehnologija, Biznes*, 2002, no. 2, pp. 68–71 (in Russian).

10. **Indutnyj I. Z., Shepeljavyj P. E., Mihajlovskaja E. V., Park Ch. V., Li Dzh. B., Do Ja. R.** *Gradientnye svetopogloshhajushhie pokrytija SiO_x-Me dlja displejnyh jekranov* (Gradient light-absorbing coating SiO_x Me for display screens), *Zhurnal Tekhnicheskij Fiziki*, 2002, vol. 72, no. 6, pp. 67–72 (in Russian).

11. **Abduev M. H., Djatlov V. M., Djatlov M. V., Nikulin Ju. G., Seliverstov V. I., Semash A. A.** *Ragidizirovannyj zhidkokristallicheskij jekran* (Rarediseaseday LCD screen). Patent RU 2388031 C1, № 2008135277/28, MPK G02 F1/13, zajavl. 02.09.2008, opubl. 27.04.2010, Bjul. no. 12.

12. **Paramonov P. P., Konovalov P. V., Zharinov I. O., Kirsanova Ju. A., Utkin S. B.** *Realizacija struktury dannyh, ispol'zuemykh pri formirovanii indikacionnogo kadra v bortovykh sistemah kartograficheskij informacii* (Implementation of data structures that are used to generate a display frame in airborne systems map information), *Nauchno-Tekhnicheskij Vestnik Informacionnyh Tekhnologij, Mehaniki i Optiki*, 2013, no. 2, pp. 165–167 (in Russian).

13. **Zharinov I. O., Zharinov O. O.** *Issledovanie raspredelenija ocenki razreshajushhej sposobnosti preobrazovaniya Grassmana v sistemah kodirovaniya cveta, primenjaemykh v avionike* (Research of properties of an assessment of the resolution of Grassmann's transformation in chromaticity coding systems, applied in avionic equipment), *Programmnaja Inzhenerija*, 2014, no. 8, pp. 40–47 (in Russian).

14. **Zharinov I. O., Zharinov O. O.** *Issledovanie svojstva ravnokontrastnosti cvetovykh prostranstv, primenjaemykh v avionike* (The research of uniformchromaticity property of color spaces, used in avionics equipment), *Programmnaja Inzhenerija*, 2014, no. 11, pp. 35–43 (in Russian).

15. **Ito H., Ogawa M., Sunaga Sh.** Evaluation of an organic light-emitting diode display for precise stimulation, *Journal of Vision*, 2013, vol. 13, no. 6, pp. 1–21.

16. **Zharinov I. O., Zharinov O. O., Paramonov P. P., Kostishin M. O., Sudarchikov S. A.** *Principy postroeniya avtomaticheskikh sistem v kanale upravlenija teplovymi i svetotekhnicheskimi harakteristikami bortovykh sredstv indikacii* (The principles of automatic systems in the control channel thermal and lighting performance onboard means of indicating), *Izvestija Vuzov. Priborostroenie*, 2014, vol. 57, no. 12, pp. 34–38 (in Russian).

17. **Kostishin M. O., Zharinov I. O.** *Issledovanie opticheskikh parametrov bortovykh sredstv indikacii geoinformacionnyh dannyh* (The study of optical parameters on-Board tools display GIS data), *Vestnik Cherepoveckogo Gosudarstvennogo Universiteta*, 2014, no. 2, pp. 5–9 (in Russian).

18. **Zharinov I. O., Zharinov O. O.** *Ocenka instrumental'noj pogreshnosti kosvennogo izmerenija koordinat cveta v cvetovoj modeli dannyh, primenjaemov v avionike* (The evaluation of hardware-caused inaccuracy of indirect measurements of chromaticity coordinates in color model data used in avionics), *Programmnaja Inzhenerija*, 2014, no. 12, pp. 39–46 (in Russian).