

ПРИБОРЫ, СИСТЕМЫ И ИЗДЕЛИЯ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

УДК 004.02:[001.6+002]

МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ИСПЫТУЕМЫМИ ЯРКОСТНО-ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ, ОБЪЕМОВ И УСТОЙЧИВОСТИ ИХ ЦВЕТОВОЙ ПАМЯТИ

Статья поступила в редакцию 15.04.2019, в окончательном варианте – 02.06.2019.

Брумштейн Юрий Моисеевич, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а,
кандидат технических наук, доцент, ORCID <http://orcid.org/0000-0002-0016-7295>;
https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=280533; e-mail: brum2003@mail.ru

Рамазанова Лия Шамильевна, Астраханский государственный медицинский университет, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а,
доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии, e-mail: ram-l@list.ru

Молимонов Дмитрий Александрович, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а,
студент, e-mail: dmolimonov@mail.ru

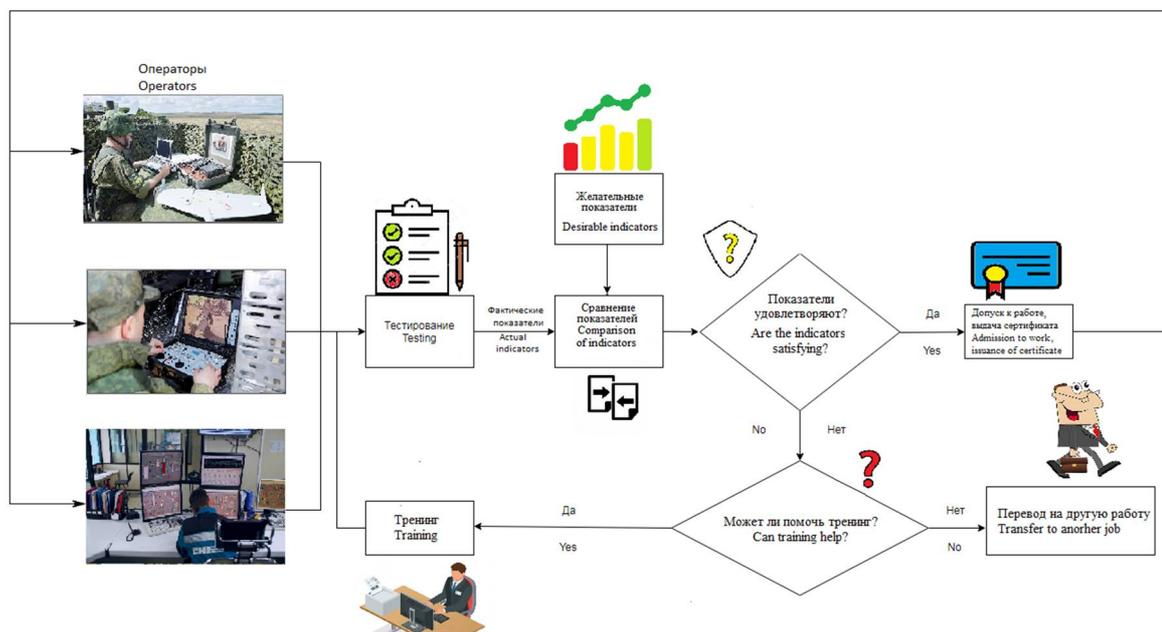
Тишкова Антонина Сергеевна, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а,
студент, e-mail: tonya_tishk@mail.ru

Нежников Ратибор Игоревич, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а,
студент, e-mail: ratibor.nezhnikov@mail.ru

Указаны профессии и ситуации, для которых важны вопросы оценки точности восприятия яркостно-цветовых характеристик объектов, объемов и устойчивости цветовой памяти испытуемых лиц. Показано что в настоящее время комплексные методики, позволяющие выполнить такие исследования, недостаточно развиты и потому практически не используются. В связи с этим обоснована актуальность разработки соответствующих методик инструментальных исследований, а также тренинга цветовой памяти, в том числе с использованием адаптивных режимов. Потенциально возможные технические решения для проведения исследований и тренинга рассмотрены по двум основным направлениям: 1) чисто программные средства для автономных и сетевых ПЭВМ, ноутбуков, компьютерных планшетов, смартфонов; 2) автономные аппаратно-программные решения на основе собственных микропроцессоров, дисплеев, динамики и пр. Сравнены достоинства и недостатки этих двух направлений (подходов) к тестированию/тренингу, а также их разновидностей. Предложены показатели для количественных оценок рассматриваемых в статье характеристик восприятия цвета и яркости объектов, цветовой памяти испытуемых лиц. Охарактеризованы факторы, влияющие на корректность (адекватность) получаемых при тестировании значений этих показателей. Подробно описаны предлагаемые методики исследований, варианты их программной и аппаратно-программной реализации, функциональные возможности и ограничения, способы обработки результатов. Обоснована возможность (целесообразность) исследования устойчивости цветовой памяти с применением различных «помех», воздействующих на сенсорные системы испытуемых лиц. Проанализированы вопросы накопления результатов тестирований испытуемых лиц в компьютерных базах данных; подходы к обработке совокупностей таких данных – в том числе на основе методов, относимых к классу Data Mining. Такая обработка может иметь два основных направления: оценка динамики изменения показателей одного испытуемого во времени; анализ показателей для групп испытуемых, выделяемых по определенным критериям.

Ключевые слова: восприятие цветов, точность восприятия, запоминание цветов, показатели объема памяти, показатели устойчивости памяти, влияние помех, профотбор, диагностика заболеваний, базы данных, data mining

Графическая аннотация (Graphical annotation)



METHODS AND TECHNICAL SOLUTIONS FOR ASSESSING HUMAN TEST SUBJECTS' PERCEPTION ACCURACY OF OBJECTS BRIGHTNESS AND COLOR CHARACTERISTICS, VOLUMES AND STABILITY OF THEIR COLOR MEMORY

The article was received by editorial board on 15.04.2019, in the final version – 22.05.2019.

Brumshteyn Yury M., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

Cand. Sci. (Engineering), ORCID <http://orcid.org/0000-0002-0016-7295>; https://elibrary.ru/author_profile.asp?authorid=280533; e-mail: brum2003@mail.ru

Ramazanova Leah Sh., Astrakhan State Medical University, Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

Doct. Sci. (Medicine), Professor of Department of Ophthalmology, e-mail: ram-l@list.ru

Molimonov Dmitry A., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

student, e-mail: dmolimonov@mail.ru

Tishkova Antonina S., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

student, e-mail: tonya_tishk@mail.ru

Nezhnikov Ratibor I., Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation,

student, e-mail: nezhnikov1998@gmail.com

Authors specify professions and situations in which issues of human subjects assessment of perception accuracy of brightness and color characteristics of objects, volumes and stability of color memory are important. It is shown that nowadays integrated techniques allowing to carry out such researches are underdeveloped and therefore hardly applied. In this regard, the relevance of development of corresponding techniques of instrumental investigations as well as the relevance of color memory training, including the training involving use of the adaptive modes, is substantiated. Potentially feasible technical solutions for carrying out researches and training are considered in two main directions: 1) purely software solutions for autonomous and network PC's, laptops, computer tablets, smartphones; 2) autonomous hardware and software solutions on the basis of researchers' own microprocessors, displays, loudspeakers and so forth. Merits and demerits of these two directions (approaches) to the testing/training, as well as of their variations, are compared. Indicators for quantitative estimates of the characteristics of perception of color and brightness of objects, as well as of color memory of human test subjects, considered in this article are suggested. Authors characterize the factors affecting accuracy (adequacy) of the values of these indicators obtained during the testing. This article describes in detail suggested techniques of researches, options for their software and software-hardware implementation, functionality and restrictions, ways of results processing. The feasibility (expediency) of conducting color memory stability research involving application of different "noises" affecting human test subjects sensor systems

is substantiated. Authors analyze issues concerning accumulation of the human test subjects testing results in computer databases; approaches to processing such data sets – including on the basis of the methods belonging to the class “data mining”. Such processing can have two main directions: assessment of change dynamics over time for the indicators of one human test subject; analysis of indicators for groups of human test subjects selected according to certain criteria.

Keywords: color perception, perception accuracy, storing of colors, memory capacity indicators, memory stability indicators, noises influence, professional selection, diagnosis of diseases, databases, data mining

Введение. Общеизвестно, что зрение обеспечивает для человека большую часть информации об окружающем его мире, происходящих в нем процессах. Поэтому вопросам исследования характеристик (показателей) зрения человека, и в том числе процессов цветовосприятия, в литературе уделяется значительное внимание [3, 8, 12, 13, 15, 23, 36]. Для решения конкретных задач по этому направлению разрабатываются специальные устройства [1], экспериментальные методики [6, 7, 25].

Однако некоторые виды показателей зрения (ПЗ) слабо обеспечены методиками исследований, а также техническими средствами реализации таких методик. К таким направлениям относятся, в частности, следующие: оценки точности восприятия яркостно-цветовых характеристик (ЯЦХ) объектов и одновременного (параллельного) воспроизведения их на объектах-аналогах; определение «объемов» оперативной цветовой памяти испытуемых (ЦПИ); оценки устойчивости ЦПИ во времени, в частности при наличии внешних воздействий на испытуемых по различным сенсорным каналам.

Оценки указанных ПЗ могут быть важны для решения следующих задач. 1. Диагностика (выявление) некоторых видов заболеваний, в том числе глаз и центральной нервной системы [7, 22], некоторых других заболеваний, включая алкогольную зависимость [27]. 2. Исследования динамики изменения показателей зрения, в том числе в процессе лечения заболеваний, в рамках реабилитационных процессов после заболеваний и травм [7]. 3. Задачи профессионального отбора и/или оценки профессиональной пригодности [6, 7]. 4. Использование цветов в учебном процессе для оценки психофизиологического статуса студентов [28]; для развития способностей цветовосприятия у учащихся [30]. 5. Для определения необходимости, направлений и объемов реализации мер поддержки бытовой деятельности для некоторых категорий лиц. 6. При визуальной оценке характеристик качества для ряда объектов, включая пищевые [18, 21, 35] и непищевые товары [2, 20, 32], некоторые виды расходных материалов, в том числе моторные топлива [11]. Для этого направления с целью повышения точности оценок могут использоваться следующие подходы: *ба*) экспертное оценивание группами экспертов [9] вместо оценивания одним человеком. При этом могут делаться количественные оценки степени согласованности мнений экспертов [26]; *бб*) инструментальные методы (например, [14]). Однако они сложнее в технической реализации, обычно требуют использования специального оборудования [19, 36] (в том числе и лабораторного). Отметим, что методы оценки цвета прозрачных и непрозрачных объектов отличаются. В частности, для прозрачных объектов можно использовать спектрофотометр с монохроматором и получить график зависимости коэффициента пропускания объекта от длины волны. С точки зрения дальнейшей обработки такой график будет представлять собой набор пар значений «длина волны – коэффициент пропускания». Методы количественной оценки цветовых различий при восприятии цифровых изображений имеют определенную специфику [34]. 7. При оценке качества архитектурных объектов [24, 29], дизайнерских решений их интерьеров [4, 10]. 8. Некоторые задачи, связанные с обеспечением «гигиены труда» [5] и пр. 9. Задачи обеспечения эффективности деятельности человека-оператора в составе человеко-машинных систем автоматизированного управления [31, 33]; при управлении оператором сложными техническими системами на основе оперативно получаемой визуальной информации [16]. При этом точность и скорость восприятия информации человеком-оператором могут иметь критическое значение. Поэтому использование «цветовых выделений» для разных видов данных достаточно распространено. 10. Задачи оценки влияния особенностей освещения на риски для зрения [17], а также на восприятие объектов, включая их заметность для наблюдателей, воспринимаемые ими цвета и пр. Отметим, что в последнее время особое внимание уделяется использованию светодиодов – как при непрерывном, так и при импульсном освещении отдельных объектов или помещений в целом [17, 37].

Для улучшения ПЗ человека возможно также проведение тренинговых мероприятий на основе рассматриваемых далее методик, стандартных и специально разработанных аппаратно-технических и программно-технических средств. Особенностью тренинговых режимов обычно является следующее: оперативное отображение получаемых результатов – чтобы тренирующийся мог сразу же скорректировать свои действия; в некоторых случаях – отображение подбираемых им параметров по ходу выполнения тестовых заданий (ТЗ); иногда – отображение правильных вариантов ответов по ТЗ наряду с фактическими (также в порядке организации «обратной связи» тренинговой системы с испытуемым).

Поэтому целями данной публикации являются систематизация информации по теме статьи и разработка комплексных подходов к исследованию ПЗ, включая следующее: системы количественных показателей для оценки ПЗ; аппаратно-технических и программно-технических решений для обеспече-

ния получения таких оценок; направлений обработки полученных результатов (для отдельных физических лиц и/или их групп, выделенных по заданным критериям).

Общая характеристика видов и особенностей объектов по теме статьи. Прежде всего отметим, что объекты, в отношении которых в рамках проводимых экспериментов для испытуемых может быть необходимо оценивать (и/или запоминать) их цвета и/или яркости, могут быть двух основных типов: самосветящиеся и несамосветящиеся, т.е. воспринимаемые за счет отраженного излучения.

К самосветящимся объектам мы отнесем следующее: светодиоды (СД) – белого свечения, цветные монохромные, двухцветные, RGB-светодиоды; сигнальные неоновые лампочки; миниатюрные лампы накаливания; малогабаритные лампы дневного света, в том числе использующие подсветку люминофора ультрафиолетовым излучением; объекты, испускающие свет за счет остаточной фосфоресценции (в период после окончания засветки); изображения на экранах «активных» мониторов/дисплеев, т.е. использующих светящиеся пиксели. В случае самосветящихся объектов условия внешнего освещения также могут оказывать определенное влияние на точность восприятия цвета и яркости, особенно если интенсивность свечения этих объектов невысокая.

Существенно, что восприятие ЯЦХ самосветящихся объектов может значительно меняться при переходе от длительных периодов их подсветки к кратковременным («импульсным»). При этом необходимо учесть, что три вида колбочек (воспринимающих красный, зеленый, синий цвета) и располагающихся в глазах человека, имеют различные минимальные по длительности «пороги» восприятия свечения. Поэтому, в частности, может значительно меняться характер цветовосприятия для «смеси» цветов в случаях таких длительностей свечения, при которых «пороги» превышены только для одного или двух базовых цветов (БЦ) – красного, зеленого или синего.

К несамосветящимся мы отнесем все объекты, зрительное восприятие которых возможно за счет использования внешних источников освещения (подсветки), включая естественное и искусственное освещение. В эту группу мы включаем, в частности, монохромные жидкокристаллические мониторы, использующие отраженный свет; различные архитектурные объекты; предметы одежды и быта; пищевые продукты (для них цвет может быть важен с точки зрения оценки их качества, пригодности употребления в пищу). Характеристики внешнего освещения для таких объектов значительно влияют на условия их восприятия, включая воспринимаемый цвет и субъективно воспринимаемую «яркость». Это особенно касается случаев кратковременной подсветки таких объектов. Поэтому для объективной оценки цвета ряда объектов разрабатываются инструментальные методы, использующие стандартизованные условия освещения.

Отметим, что наряду с RGB-моделью при задании цветов объектов применяются и иные, например HLS (рис. 1).



Рисунок 1 – Расширенные варианты выбора цвета текста в текстовом редакторе MsWord 2003

В данной статье мы будем иметь в виду исследование ПЗ человека главным образом с использованием самосветящихся объектов. При этом предполагается применение тестов, включающих в себя серии ТЗ. Для программного управления «стимулами», применяемыми в ТЗ, предусматривается возможность использования трех основных подходов: 1) воспроизведение стимулов с «детерминированными» характеристиками в отношении цвета, яркости, длительности и пр.; 2) выбор характеристик стимулов в каждом ТЗ случайным образом в заданных диапазонах значений; 3) адаптивный подход, при котором характеристики последующих ТЗ выбираются с учетом результатов по предыдущим ТЗ в том же тесте и, возможно, предыдущих тестах.

Исследования точности восприятия ЯЦХ и цветовой памяти испытуемых могут быть важны, в частности, в следующих случаях.

1. Оценки возможности (целесообразности) выполнения физическими лицами производственных функций для некоторых категорий профессий. Например, для водителей автотранспорта при медицинском обследовании достаточно подтверждения факта различения ими ограниченного количества цветов, используемых для представления знаков управления дорожным движением; трех цветов в светофорах; цветов габаритных и «поворотных» огней автомобилей и пр. В то же время для художников-дизайнеров и архитекторов, проектирующих различные виды объектов, нужны более «тонкие» оценки качества цветоторазличения ими объектов. Высокие требования к цветоразличению, а также хранению в памяти пространственной и цветовой информации об объектах, предъявляются к художникам; лицам, профессионально работающим в сфере декоративно-прикладного искусства, конструирования моделей одежды, осуществляющим визуальный контроль качества продукции, исходного сырья и пр.

2. Изучение влияния общего физического и умственного утомления в отношении точности восприятия ЯЦХ объектов и цветовой памяти. Такие оценки могут быть важны, в частности, для операторов человеко-машинных систем управления, использующих «цветные мнемосхемы» управляемых объектов, представленные на мониторах ПЭВМ и/или на крупноразмерных демонстрационных табло. Отметим также важность оценок утомляемости операторов при работе со схемами расположения объектов в пространстве, представленными на дисплеях. При этом информативны еще и скорости реакций испытуемых на «цветовые стимулы».

3. Изучение влияния искусственно созданных «стрессовых ситуаций» (нехватка времени на ответы, наличие интенсивных помех и пр.) на точность цветовосприятия и характеристики ЯЦП испытуемых.

4. Оценка изменений точности цветовосприятия после интенсивной внешней засветки органов зрения человека. Определение продолжительности (эффекта последействия) таких изменений после указанной засветки. Это направление также может иметь «прикладные аспекты», в том числе в отношении водителей транспорта при организации ночного движения.

5. Изучение процессов восприятия испытуемыми наличия и направленности плавных изменений ЯЦХ объектов во времени; «пороговых» значений для скоростей таких плавных изменений, которые могут непосредственно восприниматься испытуемыми.

6. Аналог «4», но изменения ЯЦХ объектов носят дискретный характер. При этом ставятся задачи оценки «порогов» различий восприятия для сочетаний «яркость-цвет». Прикладное значение таких исследований может состоять в определении минимально допустимых порогов указанных различий, обеспечивающих уверенную реакцию испытуемых на изменения характеристик свечения объектов.

7. Инструментальная диагностика наличия некоторых видов заболеваний глаз, центральной нервной системы и пр.; оценка степени выраженности симптомов таких заболеваний, в том числе полуколичественная оценка.

8. Исследование динамики изменения показателей цветовосприятия и цветовой памяти по ходу процесса лечения (в том числе и медикаментозного) непосредственно органов зрения человека, а также головного мозга, в котором расположен так называемый «зрительный анализатор». Сюда же мы отнесем и исследование процессов реабилитации зрения со временем, происходящих без использования целенаправленных лечебных воздействий на пациентов.

9. Выявление наличия и динамики изменений характеристик цветового зрения и цветовой памяти испытуемых в результате целенаправленного тренинга, в частности с использованием некоторых инструментальных средств, которые будут рассмотрены далее.

Форма объектов. В типичных случаях формы объектов, используемых в процессе проведения экспериментов, могут представлять собой простейшие геометрические фигуры (круг, квадрат, эллипс и пр.). Однако возможны и некоторые усложненные варианты: кольца; квадраты с удаленными внутренними частями, сектора кругов (с разными положениями биссектрис) и пр.

Если в качестве объектов используются символы, несущие содержательную информацию (буквы, цифры, некоторые иные символы), или пиктограммы, то нагрузка на «зрительный анализатор» пользователя возрастает. Причина – он должен такие объекты не только увидеть, но и распознать – путем сопоставления с базой образов, хранимых в его памяти. При этом по времени процесс распознавания может быть более длительным, чем восприятие изображения (это особенно существенно при кратковременной демонстрации объектов).

В случае если в некоторых ТЗ требуется воспроизвести не только цвет символа, но и правильно выбрать его форму, то задача для испытуемого усложняется. Например, это касается правильного задания (установки) при ответе эксцентриситета эллипсов, показанных в виде зрительных стимулов.

Виды исследуемых объектов. В простейшем случае такие объекты являются двумерными (плоскими) – это дает возможность использовать для их воспроизведения максимально широкую номенклатуру технических средств. Однако в общем случае возможно применение при тестировании вещественных объемных (т.е. 3D) объектов, в том числе с некоторыми частями, подвижными друг относительно друга.

Отметим, что подсветка 3D-объектов возможна не только снаружи (извне), но и изнутри их – для прозрачных или полупрозрачных объектов.

Положение и подвижность объектов исследований.

1. Простейшим вариантом являются статические объекты, расположенные во фронтальной плоскости. Для кругов и колец, имеющих одинаковую цветность и яркость по всему полю, их восприятие инвариантно по отношению к поворотам. Однако если такие различия в отношении поворотов есть, то перед испытуемым может ставиться дополнительная задача в отношении запоминания «углового положения» объектов.

При этом для букв, цифр, пиктограмм помимо демонстрации в «нормальном» положении возможно представление их с различными поворотами, причем не только на 90° , 180° (Upside-Down), 270° .

2. Для плоских объектов, расположенных во фронтальной плоскости, с использованием программных средств в процессе демонстрации возможно задание некоторых перемещений (линейных; по прямоугольной, шестиугольной, круглой траектории; с «отражением» от границ экрана и пр.). Кроме того, возможно использование «вращений» плоских объектов во фронтальной плоскости, а также программных имитаций трехмерных вращений.

3. Для дисплеев с дискретно изменяемыми положениями в пространстве (например, с использованием шаговых двигателей) возможно задание наклонных положений не только во фронтальной плоскости, но и в сагиттальной, а также комбинаций наклонов в этих двух плоскостях.

4. Кроме того, для дисплеев по п. 3 возможно задание их плавных вращений. Например, для малогабаритного автономного устройства на основе двухстрочного дисплея с 16 позициями в строке можно организовать его вращение (в процессе демонстрации символов) вокруг горизонтальной оси, проходящей в сагиттальной плоскости; вращательно-реверсивное движение и пр. Это усложняет восприятие визуальных стимулов испытуемыми, так как такое восприятие может осуществляться по двум основным типам: а) символы воспринимаются только в период нахождения их вблизи фронтальной плоскости, т.е. фактически «приведенное к нормальным условиям восприятия» время демонстрации падает; б) символы воспринимаются испытуемыми большую часть демонстрируемого времени, но затем «мысленно» приводятся к расположению во фронтальной плоскости – это требует дополнительной нагрузки на «зрительный анализатор», кратковременную память испытуемых – в ней осуществляются операции «мысленного вращения».

Общая характеристика направлений исследований зрения по теме статьи.

А. Методики для обнаружения дефектов зрения человека в отношении правильности (точности) цветовосприятия. Сейчас они разработаны преимущественно для выявления дальтонизма или отсутствия восприятия испытуемыми одного из трех БЦ: красного, зеленого, синего [7]: **a1**) при массовых медицинских обследованиях для этой цели применяются в основном таблицы Рабкина [6, 7] стандартного размера, напечатанные на бумаге; **a2**) возможно также использование компьютеризованных аналогов таких таблиц и тестов Ишихары [7]; **a3**) для более «тонких» исследований точностей цветовосприятия испытуемых может применяться «перетаскивание» объектов на мониторах ЭВМ с целью их цветового «ранжирования» [7] при помощи мыши (по технологии drag and drop). На ноутбуках для этой цели может использоваться перемещение пальцев испытуемых на «тач-пэдах» или вращение «трэк-боллов». На смартфонах и компьютерных планшетах (они имеют сенсорные экраны) «перетаскивание» объектов можно реализовать с помощью движений пальцами по дисплеям. При этом для экранов небольшого размера могут быть использованы специальные стилусы, что даст возможность работать с объектами небольших размеров.

Б. Исследование восприятия ЯЦХ светящихся объектов, в том числе с достаточно ограниченными временами их предъявления (демонстрации) испытуемым. По этому направлению исследований каких-либо общераспространенных методик нет. Однако есть экспериментальные методики на основе использования очков с фотозатворами.

На практике может быть особенно важным определение нижнего порога яркости светящихся объектов по отношению к фону, в том числе в специально затемненных помещениях. Для конкретных испытуемых такие «пороговые яркости» для разных цветов могут существенно различаться. Кроме того, эти пороги могут меняться в зависимости от длительности демонстрации стимулов испытуемым.

Оценки точности распознавания (восприятия) цветовых отличий фрагментов изображений различных объектов могут иметь многочисленные приложения: **а)** отметим, в частности, возможности использования стеганографических методов для сокрытия текстово-числовой информации в цветных изображениях. Например, в фото лица человека скрывается информация о его фамилии, имени, отчестве; **б)** при реставрации поврежденных картин и других произведений живописи иногда требуется, чтобы специалисты с близкого расстояния могли заметить цветовые различия, а неспециалисты со средних расстояний – не могли; **в)** при эксплуатации человеко-машинных систем важно обеспечить восприятие человеком-оператором [33] кратковременно появляющихся изображений на экранах дисплеев.

С методической точки зрения при компьютерной реализации вариантов исследований по этому направлению существенным недостатком может быть то, что разные модели дисплеев несколько по-разному воспроизводят цветовые оттенки демонстрируемых на экранах объектов. Этот недостаток мало-

существенен, если нужно оценивать цветоразличение испытуемыми только для трех БЦ. Однако для определения качества восприятия цветовых оттенков этот недостаток может быть важен.

Отметим, что в продаже имеются специальные мониторы, предназначенные для «дизайнерских работ». Они обеспечивают хорошее качество цветовоспроизведения, но в силу дороговизны пока распространены мало. Как следствие, при проведении тестирований на «обычных» мониторах может потребоваться применение специальных средств «цветовой коррективки» тех материалов (объектов), которые воспроизводятся на экранах мониторов в ТЗ.

В. Оценки характеристик яркостно-цветовой памяти (ЯЦП) испытуемых [8], т.е. их способности удерживать в памяти сочетания цветов и яркостей предъявленных на определенное время объектов (одного или нескольких). При таких исследованиях между предъявлением объектов и получением ответов от испытуемых целесообразно делать некоторую паузу по времени.

Эта пауза может использоваться для разных целей: **в1)** испытуемые просто находятся перед дисплеями, на которых ничего не отображается. Этот вариант может рассматриваться как некоторый «опорный» по отношению к последующим. В рассматриваемых далее вариантах «в2–в4» целью использования паузы является попытка «активного вытеснения» из оперативной памяти испытуемых лиц ЯЦХ объектов; **в2)** на сенсорные системы испытуемых (в том числе по визуальному каналу) в период паузы оказываются какие-то воздействия. При этом, по крайней мере, часть кратковременной (оперативной) памяти будет использоваться для обработки информации о поступающих воздействиях. Поэтому сведения о показанных ранее объектах могут в этой памяти утрачиваться или искажаться; **в3)** испытуемому в период паузы предлагается решать «в уме» какие-то несложные арифметические или арифметическо-логические задачи. Для этой цели он вынужден использовать часть своей оперативной (кратковременной) памяти. При этом запомненная ранее информация об объектах будет из оперативной памяти «вытесняться». Чем меньше у испытуемого объемы оперативной памяти, тем такое «вытеснение» более вероятно; **в4)** испытуемый во время паузы выполняет какие-то физические упражнения. Это также требует использования оперативной памяти для обеспечения необходимой последовательности движений тела и/или конечностей, управления темпом движений, их координацией и пр.

Г. Для исследования ЯЦП испытуемому одновременно предъявляется совокупность объектов с индивидуальными (различающимися) характеристиками. При этом дополнительными по отношению к пункту «В» параметрами, которые испытуемые должны будут запомнить и удерживать в памяти могут быть следующие: **г1)** местоположение каждого плоского объекта. Если объекты имеют форму, инвариантную к вращению, то местоположение определяется двумя координатами («Х» и «У») их геометрических центров. Отметим, что местоположения объектов обычно запоминаются испытуемыми «в совокупности», т.е. с учетом их расположения по отношению друг к другу. Для некоторого упрощения запоминания положений объектов может применяться демонстрация на экране монитора пространственной сетки – двумерной «разграфки»; **г2)** форма объекта (предполагается, что количество таких форм ограничено – например, соответствует списку «окружность, квадрат, шестиугольник, звездочка»; **г3)** относительные размеры продемонстрированных объектов (с сохранением их форм при масштабировании на дисплеях разного размера).

Необходимость запоминания при тестировании ЯЦХ нескольких объектов, их взаимного расположения, соотношения их размеров, безусловно, увеличивает требования к используемым объемам кратковременной (оперативной) памяти испытуемых лиц.

Д. Усложненным вариантом по отношению к «Г» является не одновременное, а последовательное предъявление объектов – например, на мониторе. При этом испытуемый должен еще дополнительно запомнить, в какой именно последовательности предъявлялись объекты. Для пункта «Д» возможны, в частности, такие подварианты: **д1)** объекты предъявляются «строго по одному» друг за другом без промежутков по времени между предъявлениями. При этом каждый объект показывается на своей «позиции», которую также нужно запомнить, а затем воспроизвести; **д2)** между предъявлениями объектов делаются небольшие паузы по времени; **д3)** объекты предъявляются «группами» фиксированного объема – например, по два или три объекта сразу; **д4)** объекты предъявляются последовательно группами, но количества объектов в группах могут изменяться в детерминированном или случайном порядке (например, от одного до трех объектов для каждого предъявления).

Е. Некоторым аналогом варианта ТЗ типа «д1» может быть вариант с плавным изменением яркости предъявляемых монохромных объектов в процессе их демонстрации на мониторе. Например, каждый из объектов может предъявляться в двух вариантах: с возрастанием яркости от нуля до заданной для него максимальной; с уменьшением яркости от максимальной до заданной. При этом в качестве ответа на ТЗ может предусматриваться (предполагаться) следующее: **е1)** испытуемый запоминает (а потом указывает в ответах) только минимальную яркость; **е2)** испытуемый запоминает (а потом воспроизводит) максимальную яркость; **е3)** испытуемый должен указывать и минимальную и максимальную яркости. Описанный в данном разделе вариант может быть также реализован с помощью светодиодов белого свечения.

Ж. Возможен и «многоцветный» аналог «Е», в котором для каждого предъявляемого объекта используется один из цветов – например, из набора цветов «красный-зеленый-синий-черный».

Важно отметить, что с точки зрения технической реализации описанных выше вариантов ТЗ сложнее, оказывается, не воспроизведение заданий на мониторах (или с помощью светодиодов – если не требуется представлять форму объектов), а организация получения ответов от испытуемых. Причина – если испытуемым надо вводить много информации (например, для ТЗ типов «Д» и «Е»), то организация удобного интерфейса может потребовать использования особых технических решений, специальных усилий от программистов. Поэтому в последующем разделе подробно рассматриваются различные варианты использования аппаратно-технических средств для практической реализации указанных выше методик.

Анализ достоинств и недостатков возможных аппаратно-технических решений для проведения исследований и тренинга по тематике статьи. Ниже мы опишем эти решения по отдельным группам (классам) устройств.

1. Применение автономных настольных (desktop) персональных ЭВМ. Достоинства использования для тестирования: а) могут применяться статичные изображения объектов с различным их расположением на мониторах, в том числе для учета межзрачкового расстояния испытуемых лиц; б) широкие возможности использования динамических изображений, т.е. объектов, перемещающихся по экрану, изменяющих в процессе демонстрации свои размеры, форму, цвет, яркость и пр.; в) использование мыши и клавиатуры дает широкие методические возможности по вводу испытуемыми ответов по ТЗ; г) на ПЭВМ есть также удобные возможности задания помех: статических и динамических помех визуального характера, звуковых помех и пр. Такие помехи могут задаваться как во время демонстрации объектов, так и в период паузы перед началом ввода ответов испытуемыми. Дополнительное достоинство использования автономных ПЭВМ – лучшие возможности обеспечения конфиденциальности результатов тестирования (особенно если лица, проходящие тестирование, хранят результаты только на личных флэш-накопителях). Однако для автономных ПЭВМ необходима инсталляция тестирующего программного обеспечения (ПО) на каждый из компьютеров. Если предполагаются какие-то обновления ПО в процессе эксплуатации (например, корректировки баз ТЗ), то это будет приводить к большим объемам дополнительной работы по сопровождению ПО, инсталлированного на совокупность ПЭВМ.

2. ПЭВМ, подключенная к локальной компьютерной сети. Достоинства: может использоваться единственная для всех пользователей копия ПО, установленная на сервер (при необходимости обновления ПО осуществляются только для этой копии); возможности накопления результатов тестирований в базах данных (БД), в том числе и в порядке «предсменного контроля»; возможности анализа динамики показателей отдельных тестируемых лиц за разные даты, сравнения показателей разных лиц и пр. Недостаток: пользователи уже не могут контролировать дальнейшее использование своих результатов тестирования.

3. ПЭВМ, подключенная к интернету. При этом для проведения тестирования/тренинга может использоваться удаленный интернет-ресурс – в «бесплатном режиме» или по модели SaaS. *Преимущества:* возможность использования актуализированных версий ПО и баз данных с тестовыми материалами, обновляемых разработчиком; широкие возможности сопоставления результатов тестирований разных физических лиц с учетом их пола, возраста и пр. (при желании пользователей сохранить конфиденциальность, они могут регистрироваться под условными фамилиями или «прозвищами»).

Этот вариант может применяться и для планового внутриведомственного (внутрикорпоративного) тестирования персонала, работающего в разных населенных пунктах; или кандидатов для приема на работу и пр. При этом все пользователи получают индивидуальные пары «логин-пароль» – при необходимости по результатам модерации индивидуальных запросов на регистрацию.

4. Использование ноутбуков вместо ПЭВМ. В этом случае возможна реализация вариантов 1–3. При этом испытуемые лица могут относительно свободно располагаться в помещениях или даже вне их; работать с привычными для них клавиатурой, мышью, дисплеем и пр. В случае личных ноутбуков обеспечивается также лучшая конфиденциальность.

5. Применение компьютерных планшетов. Если их экраны достаточно велики, то воспроизведение ТЗ не вызывает особых затруднений. Однако для планшетов приходится использовать пальцы вместо компьютерной мыши; также отсутствует «внешняя» клавиатура, а применение экранной клавиатуры может быть неудобным. Это несколько снижает методические возможности в отношении номенклатуры возможных вариантов получения ответов от испытуемых лиц. Для проведения тестирования (тренинга) подключенные планшеты может осуществляться либо к локальным компьютерным сетям (аналог пункта 2), либо к интернету (аналог пункта 3).

6. Использование смартфонов. Относительно небольшие размеры их экранов несколько ограничивают методические возможности проведения тестирований. С другой стороны, смартфонов используется значительно больше, чем настольных ПЭВМ, ноутбуков, планшетов. Поэтому потенциальное количество пользователей тестирующих программ, размещенных на интернет-ресурсах, может быть очень большим (особенно, если разработчики предусмотрели возможности переключения между языками интерфейса). Кроме того, выполнение тестов (а особенно тренинга) возможно в такие отрезки времени, которые не могут быть использованы для других целей. В связи с этим отметим, что рассматриваемые в статье тестовые программы будут конкурировать за внимание пользователей с различными компьютерными играми.

7. Использование сети терминальных станций в сочетании с некоторой «центральной» ЭВМ. Это фактически аналог «2», но несколько более дешевый. Такое решение может быть оправданным в следующих случаях: при проектировании (создании) специализированных кабинетов тестирования, в которых не предполагается применение сложных программ; если в организации уже есть терминальная сеть.

Сделаем также следующие дополнительные замечания к пунктам 1–7 данного раздела.

Для всех рассмотренных выше типов устройств существенным недостатком может быть зависимость результатов от «типа матрицы» мониторов, качества воспроизведения ими цветов; контрастности изображений на мониторах [7]. Для планшетов и смартфонов значительное влияние могут также оказывать условия внешнего освещения, особенно если работа с тестовыми (тренинговыми) программами осуществляется без выбора «подходящего» места.

Если в помещении, в котором осуществляется тестирование, имеется демонстрационная панель, то на ней в реальном масштабе времени может показываться для сравнения совокупность результатов тестируемых лиц. Это в принципе позволяет показывать общие задания и сравнивать скорости реакций на них со стороны отдельных физических лиц; проводить некоторые варианты «групповых» тестирований; реализовать некоторые «соревновательные» (игровые) режимы для групп испытуемых лиц и пр.

8. Автономные аппаратно-программные комплексы (АПК) для проведения тестирования и тренинга, не предусматривающие возможность подключения к ПЭВМ – в таких устройствах используются собственные микропроцессоры, дисплеи, динамики, устройства управления, источники питания и пр.

Достоинства: а) возможность «малогабаритной» реализации, что позволяет использовать эти устройства в различных местах и при различных условиях. Аналогичные возможности есть и для смартфонов, однако при этом требуется либо доступ через интернет к ресурсу, на котором установлено приложение, либо предварительное скачивание приложения и установка его на смартфон; б) удобные возможности организации по ходу тестирования для АПК (или только для блока с дисплеем) различных фиксированных наклонов (по отношению к тестируемому лицу), перемещений, вращений, покачиваний и пр.; в) несколько более широкие возможности задания помех по сравнению с представленными ранее аппаратно-техническими решениями: в процессе демонстрации объектов; в период паузы после ее окончания; во время ввода испытуемыми лицами ответов; г) для тестирования могут использоваться RGB-светодиоды, допускающие плавную регулировку соотношения яркостей БЦ. Достоинства таких СД: малая стоимость и низкое энергопотребление; больший диапазон яркостей по сравнению с объектами, воспроизводимыми на мониторах ЭВМ; СД могут управляться непосредственно с микропроцессоров, так как потребляют достаточно малые токи; СД с «матывыми колбами» хорошо осуществляют «смешение» цветов. Для расширения методических возможностей могут применяться «группы» СД – это позволяет использовать ТЗ, в которых надо воспринимать и запоминать ЯЦХ для совокупности светящихся объектов.

Недостатки: а) достаточно узкие возможности по математической обработке результатов тестирования непосредственно на АПК – это особенно касается совокупностей результатов ТЗ, выполненных различными испытуемыми. Однако при необходимости результаты можно записывать на флэш-карту для последующего анализа на ПЭВМ; б) в автономных АПК могут использоваться собственные дисплеи. К сожалению, наиболее распространенные (и дешевые) жидкокристаллические сегментные монокристаллические дисплеи позволяют представить 2 строчки по 16 символов. Этого достаточно для отображения указаний для испытуемого и результатов тестирования (особенно при использовании возможностей вертикальной «прокрутки» строк). Однако для отображения визуальных стимулов такие дисплеи практически не пригодны. В то же время использование в автономных АПК цветных графических дисплеев, позволяющих представлять формы и цвета объектов, малоэффективно. Причина: если такие устройства имеют невысокую стоимость, то они обладают весьма ограниченными размерами. Если же использовать в АПК дисплеи с размерами хотя бы 5” по диагонали, то это потребует применения значительно более мощных микропроцессоров, источников питания и пр. Более подробно конструкция и функциональные возможности автономного АПК представлены в следующем разделе.

9. Автономный АПК с подключением к ПЭВМ по USB-кабелю. Такое решение дает значительно более широкие возможности в следующих отношениях: по обработке результатов тестирований в сериях тестов одного испытуемого, а также по совокупности испытуемых (за заданные временные интервалы); по управлению режимами демонстрации стимулов на АПК; может быть даже реализована цепочка биологической обратной связи – с испытуемого на ПЭВМ (это позволит программно менять режимы тестирования с учетом изменений физиологического состояния испытуемых); нет необходимости использовать собственный аккумулятор АПК, так как питание заводится с ПЭВМ.

10. Автономный АПК с беспроводным подключением к ПЭВМ. По сравнению с вариантом 9 преимущество состоит в том, что с АПК удобнее производить различные манипуляции в пространстве, в том числе и различные вращения, наклоны и пр. В то же время в АПК необходимо иметь собственный аккумулятор.

Характеристика конструкции автономного АПК. Для определенности дальнейшего изложения опишем типичное техническое решение для АПК по пункту «8» и его особенности применительно к

реализации различных типов тестирования/тренинга. При этом за основу была взята конструкция, представленная авторами ранее [7, 8].

Будем считать, что АПК состоит из двух блоков: основного блока (ОБ), имеющего форму параллелепипеда и пульта управления (ПУ) испытуемого, который связан с ОБ по кабелю. Вертикальное положение ОБ можно менять с помощью подставок – для того, чтобы размещать RGB-СД (см. ниже) на уровне глаз испытуемых (рис. 2).

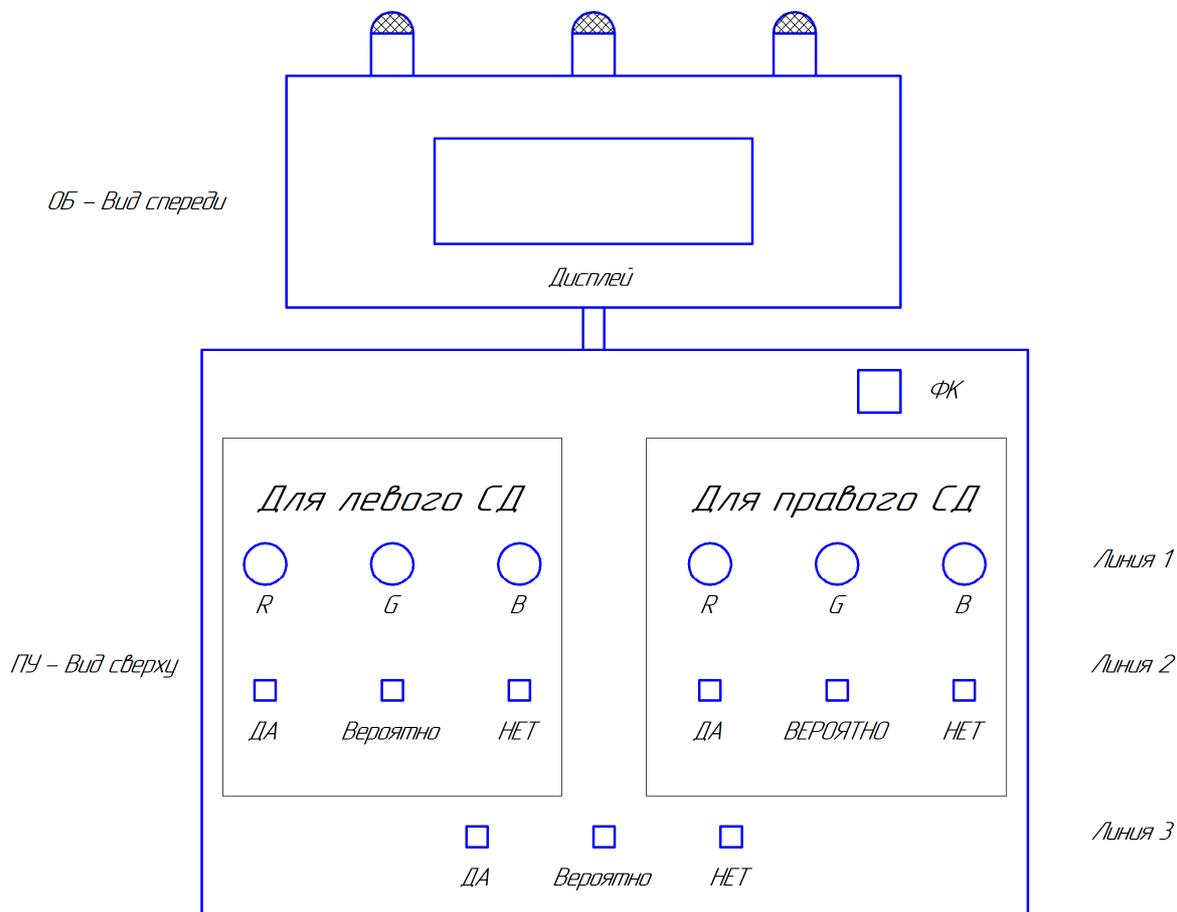


Рисунок 2 – Внешний вид основного блока и пульта управления испытуемого лица (маломощные белые СД, подсвечивающие органы регулирования и управления, на рисунке не показаны)

Основной блок. Внутри него размещено следующее. 1. Микроконтроллер (МК). Для определенности будем иметь в виду ArduinoMega – его преимущество – большое количество входов/выходов. 2. Динамик для вывода звуковых сигналов с разной тональностью, громкостью, количеством «звучаний». Однако в простейшем варианте может использоваться и «баззер», имеющий ограниченные возможности управления частотой сигналов. Цель использования динамика: сигнализация испытуемому о моментах начала и окончания выполнения ТЗ; об ошибочных действиях испытуемого при выполнении ТЗ; об окончании выполнения теста в целом.

В общем случае звуковые помехи при тестировании могут выводиться в следующих вариантах: с помощью динамика (или простейшего баззера); через стереонаушники, включая речевые команды испытуемому на выполнение неправильных действий. Для реализации последнего варианта могут использоваться либо записи «цифрового звука», либо компьютерный синтез речи на основе текста – это требует использования специальных программных средств. Питание АПК может осуществляться от собственного аккумулятора, однако возможно и получение питания от USB-порта ПЭВМ. Через этот же порт может проводиться загрузка программ в МК; передача на ПЭВМ информации с АПУ для углубленной статистической обработки (соответствует варианту «9», описанному выше).

Над верхней стенкой ОБ расположены три RGB-светодиода (СД): один посередине ширины ОБ; два – на равных расстояниях от него. Если использовать «симметрично раздвигаемые» СД, то их можно расположить на расстоянии, соответствующем межзрачковому. В то же время при необходимости прове-

дения исследований периферического зрения может использоваться дополнительная рейка большой длины, по которой симметрично относительно центра ОБ перемещаются два RGB-СД.

Кроме того, над ОБ могут размещаться дополнительные СД для задания визуальных помех.

На передней стенке ОБ размещено следующее: двухстрочный жидкокристаллический алфавитно-цифровой сегментный дисплей на 16 позиций; справа от него – два нажимных микропереключателя (НМП), предназначенных для «пролистывания» строчек на дисплее вверх и вниз. Дисплей предназначен для следующих целей: вывод указаний для испытуемого в текстовой форме; отображение текущих значений параметров, подобранных испытуемым в процессе выполнения ТЗ (в основном – при тренинге); вывод результатов по отдельным ТЗ; вывод сводок по тесту в целом. Подчеркнем, что при размерах текстов, превышающих 32 позиции (включая пробелы), может использоваться «бегущая строка» – возможно с двукратным повторением. Затем дисплей целесообразно очистить, чтобы не отвлекать внимания тестируемого динамическими объектами.

Над задней крышкой ОБ возможно вертикальное размещение (во фронтальной плоскости) цветных листов – для изменения фонов для RGB-СД, используемых при тестировании (см. далее).

В плоскости передней панели ОБ над его корпусом может размещаться частично прозрачный экран с нанесенными на него цветными объектами. Таким образом, RGB-СД размещаются между листом с фоном и частично прозрачным экраном (если один или оба таких объекта используются).

Над ОБ посередине его ширины в сагиттальной плоскости может устанавливаться вертикальная перегородка – для «отделения» изображений, видимых левым и правым глазами испытуемых.

Стереонаушники могут подключаться к МК через гнездо на боковой панели ОБ. Могут использоваться для передачи испытуемому звуковых команд, помех, создания некоторого звукового фона (например, музыки).

Пульт испытуемого – панель небольшой толщины. На ней по трем параллельным «линиям» размещены органы регулирования и управления (ОРИУ) (рис. 2).

Линия 1 – ближайшая к ОБ. На ней расположены две группы по три вращаемых переменных резистора (т.е. $2 * 3 = 6$ резисторов). Они предназначены для плавного управления яркостями каждого из БЦ (Red, Green, Blue) на левом СД (ЛСД) – резисторы с 1 по 3-й; правом СД (ПСД) – резисторы с 4 по 6-й.

Линия 2 – находится дальше от ОБ, чем «линия 1». На ней расположены две группы по три НМП ($2 * 3 = 6$ НМП). Они предназначены для раздельной фиксации по ЛСД и ПСД ответов испытуемых типов «Да», «Вероятно» (Может быть), «Нет». Использование ответов типа «Может быть» позволяет реализовать «нечеткую логику», которая в ряде случаев более точно соответствует учету мнений испытуемых.

Линия 3 – расположена наиболее далеко от ОБ. На ней примерно в центре по ее ширине размещены три НМП для фиксации ответов испытуемых типов «Да»; «Может быть» (в некоторых видах ТЗ – «Равно»); «Нет», которые не «привязаны» к ЛСД или ПСД. Это позволяет задавать в ТЗ вопросы на сравнение ЯЦХ двух СД. В этом случае использование «нечеткой логики» также является полезным.

В правом верхнем углу ПУ расположена исполнительная кнопка (ИК), которую испытуемый может нажимать для передачи на МК информации о завершении им каких-то действий (например, подбора ЯЦХ СД).

На ПУ около всех описанных ОРИУ размещены соответствующие надписи. Кроме того, предполагается возможность подсветки ОРИУ на ПУ с помощью маломощных белых СД – для «прямых» указаний испытуемому, какими ОРИУ он должен пользоваться (это упрощает для него выполнение ТЗ). В случае если один и тот же ОРИУ (например, НМП) используется для ввода различных типов ответов, то целесообразно разместить около него две надписи, причем для каждой из них использовать отдельный СД для подсветки. Отметим, что может применяться подсвечивание торца прозрачного элемента, на котором нанесена надпись (такое «указание» легче воспринимается испытуемым).

Задание режимов тестирования осуществляется на основе запросов, отображаемых на дисплее. При этом используются те же ОРИУ, которые описаны выше. Однако при этом их функциональность иная, чем непосредственно при тестировании/тренинге.

Преимущества использования описанного варианта АПК.

Используются регуляторы и кнопки, которые в явной форме ассоциируются у испытуемых с RGB-СД, применяемыми для задания стимулов. В то же время при реализации ТЗ на ПЭВМ придется использовать «экранные» кнопки и «вращаемые регуляторы», которые сложнее в практическом использовании и помимо этого они будут отвлекать внимание испытуемых.

Альтернативное решение – можно назначить отдельные клавиши стандартной клавиатуры ПЭВМ тем НМП, которые описаны для АПК выше. Вращаемые переменные резисторы можно имитировать с помощью пар клавиш – например, со стрелками. Однако это потребует от испытуемых запоминания назначения таких клавиш, что будет неудобно, по крайней мере, для разовых тестирований.

Общая характеристика особенностей реализации тестов и отдельных тестовых заданий. В дальнейшем тексте статьи примем следующее. 1. Каждый тест состоит из ТЗ, выполняемых последовательно. 2. В пределах теста при необходимости могут комбинироваться ТЗ разных типов. 3. Уровни слож-

ности отдельных ТЗ могут меняться по ходу теста – если предусмотрен адаптивный режим тестирования/тренинга. 4. Количество ТЗ в тесте также может при необходимости изменяться. 5. Время тестирования в целом, а также продолжительности ответов на отдельные ТЗ могут изменяться. 6. В ТЗ, относящихся к данному разделу, предполагается одновременное наблюдение испытуемым двух или трех RGB-СД.

Примем, что в каждом из ТЗ ЯЦХ свечения RGB-СД, управляемых с МК, могут задаваться так: из предопределенной последовательности значений (детерминированный сценарий тестирования); случайным образом, но в установленных (заданных) пределах; адаптивно – с учетом результатов, полученных при тестировании по одному или нескольким предыдущим ТЗ. Кроме того, осуществляется контроль времени – по тесту в целом и по отдельным ТЗ.

В дальнейшем описании мы будем ориентироваться в основном на реализацию ТЗ с использованием АПК по пункту «9», описанном в предыдущем разделе. Необходимые отличия в реализации ТЗ с использованием других технических средств будут оговариваться особо.

Тестовые задания, направленные на определение точности восприятия и воспроизведения цвета.

Вариант 1а. Для автономного АПК левый и правый RGB-светодиоды подсвечиваются одинаковым БЦ (красным, зеленым или синим), но обязательно с разной яркостью. Перегородка над центром ОБ в сагиттальной плоскости не используется. На дисплее испытуемому задается вопрос «Какой СД горит ярче?». Ответом испытуемого является нажатие одного из четырех НМП на «линии 2» (они подсвечиваются, чтобы было понятно, что нужно нажимать). При этом испытуемый может выбрать в качестве «нечеткого» ответа НМП, соответствующие ЛСД или ПСД (соответственно 1-й или 6-й НМП при отсчете слева-направо), а в качестве нечеткого – 2-й или 5-й. Нажатие 3-го или 4-го НМП может трактоваться как ошибочное (их нецелесообразно подсвечивать).

Альтернативный вариант: с помощью одного из трех НМП, расположенных на 3-й линии, выбрать ЛСД, ПСД или указать «равенство» яркостей СД путем нажатия среднего НМП.

Время выбора ограничивается, причем оставшееся время на получение ответа от испытуемого (в секундах) может динамически отображаться на дисплее в порядке «обратного отсчета» (count down). Возможные категории ответов испытуемых: верный выбор ЛСД; ошибочный выбор ЛСД; верный выбор ПСД; ошибочный выбор ПСД; отсутствие ответа за заданное время; верный выбор «равенства яркостей»; неверный выбор равенства яркостей (последние два случая соответствуют «альтернативному варианту»). Вариант ТЗ «1а» может повторяться многократно для разных цветов и разных уровней «средней» (по двум СД) яркости светодиодов. Это позволит оценить «дифференцирующую способность» восприятия яркостей для разных цветов. Кроме того, раздельный учет ответов по правому и левому СД позволяет сделать определенные заключения о наличии «асимметрии» восприятия объектов, хотя в силу наличия саккад зрачков между ЛСД и ПСД для восприятия обоих светодиодов фактически используются оба глаза.

Вариант «1а» может быть реализован и на ПЭВМ, компьютерном планшете, ноутбуке и пр. Однако возможности проведения «яркостной калибровки» экранов (или корректировки яркостей отображаемых объектов с учетом особенностей экранов) в этом случае достаточно ограничены. Вместо трех линий ОРиУ на мониторах может отображаться только нужная линия элементов (плюс экранная ИК).

Вариант 1б. Аналог варианта 1а, но используется вертикальная перегородка в сагиттальной плоскости по центру ОБ. Это позволяет «разделить» восприятие СД левым и правым глазами.

Варианты 2а и 2б являются аналогами 1а и 1б. Однако вопрос на дисплее формулируется иначе «Левый СД горит ярче?» (или «Правый СД горит ярче?»). Ответами испытуемого являются нажатия любого из 1–3 НМП (если вопрос формулируется по ЛСД) или любого из 4–6 НМП (если вопрос формулируется по ПСД).

Вариант 3а. Сначала ЛСД и ПСД подсвечиваются одинаковым цветом с одинаковой яркостью. Затем яркость одного из СД начинает наращиваться – плавно или скачкообразно. Указание на дисплее «При появлении различий яркостей СД нажмите кнопку». Ответ испытуемого – нажатие НМП «Да» на «Линии 3». Как альтернатива может нажиматься кнопка «Вероятно» на линии 3. Это ТЗ также направлено на выявление «порога дифференциации» яркостей при неизменной цветности.

Вариант 3б. Аналог «3а», но с использованием вертикальной перегородки по центру ОБ в сагиттальной плоскости.

Вариант 4а. Аналог «3а», но яркость одного из СД начинает не наращиваться, а снижаться. Испытуемый должен обнаружить это различие и нажать НМП. Вариант «4б» отличается от «4а» использованием вертикальной перегородки над ОБ.

В совокупности пара вариантов «3а»–«4а» (или «3б»–«4б») позволяет выявить наличие некоторого «гистерезиса» восприятия порогов яркости в случаях «наращивания» яркости и ее «уменьшения».

Вариант 5а первоначально ЛСД и ПСД имеют разные яркости. Потом яркость более яркого СД начинает снижаться. Указание на дисплее «Когда яркости СД сравняются, нажмите кнопку». Ответ испытуемого: нажатие НМП «Да» на «Линии 3». Альтернатива – нажатие НМП, соответствующей «Может быть» на «Линии 3».

Варианты 6а–9а. Это аналоги вариантов 1а–4а, но используются не отдельные БЦ, а смешение двух БЦ (R-G; R-B; G-B) в равных пропорциях для ЛСД и ПСД. При этом для любых изменений яркостей СД пропорциональность яркостей БЦ сохраняется.

Варианты 10а–13а. Это аналоги вариантов 1а–4а, но используются не БЦ, а смешение трех цветов (R-G-B) в равных пропорциях для ЛСД и ПСД. При этом для любых изменений яркостей СД пропорциональность яркостей БЦ сохраняется.

Вариант 14. Целью является оценка цветоразличения испытуемых. Для обоих СД используется смесь двух БЦ с различной яркостью, но суммы яркостей (оцениваемые по сигналам подсветки с МП) для обоих СД одинаковы. Вопрос на дисплее: «Отличаются ли цвета СД?». Ответ: нажатие одного из МП на «Линии 3». В частности, может быть нажат и средний НМП, соответствующий «Может быть».

При реализации вариантов 1–14 на ПЭВМ, компьютерном планшете, смартфоне целесообразно отображать на экране только одну из «линий» с кнопками (2-ю или 3-ю) – это позволяет не использовать «подсветку» соответствующих экранных кнопок.

В нескольких последующих ТЗ предполагается подбор испытуемыми яркостей БЦ (R-G-B) с помощью переменных резисторов на «Линии 1» ПУ. Окончание подбора фиксируется нажатием ИК. При «перерасходе» испытуемым времени отведенного на ТЗ (т.е. если он не нажал исполнительную кнопку) принимаются те положения резисторов, которые имеют место в момент окончания времени. При реализации этих вариантов на ПЭВМ, компьютерном планшете, смартфоне придется реализовывать вращение «головок экранных резисторов» с помощью мыши (альтернатива – использование стрелок на клавиатуре, но с предварительным выбором вращаемого «экранного резистора» при помощи щелчка мышью).

Вариант 15а. ЛСД подсвечивается на основе сигнала, вырабатываемого МК. Эти характеристики свечения рассматриваются как «эталонные». Испытуемый должен для ПСД подобрать одинаковые (по сравнению с эталонными) ЯЦХ свечения – путем регулирования яркостей БЦ для ПСД. Оцениваемые показатели в одном ТЗ: точность подбора испытуемым яркостей по отдельным БЦ (абсолютная или относительная); интегральная характеристика отклонения подобранных яркостей БЦ от фактических ЯЦХ ЛСД; фактическая продолжительность выполнения ТЗ. Возможны и некоторые углубленные оценки информации по ТЗ – например, количество «переходов» через «эталонные яркости» для каждого из БЦ в процессе подбора. В варианте 15б для разделения «каналов восприятия» левым и правым глазом используется ширма в сагиттальной плоскости над ОБ по его центру

Варианты 16а и 16б. В качестве эталона (его ЯЦХ управляет МП) используется ПСД, а для ЛСД испытуемым осуществляется подбор ЯЦХ.

Варианты 17а и 17б. Попеременное (в «шахматном порядке») или случайное выполнение ТЗ по вариантам 15 или 16.

Вариант 18. По сигналам с МК подсвечивается центральный СД. Испытуемый должен подобрать ЯЦХ свечения для ЛСД и ПСД (с использованием шести переменных резисторов на 1-й линии). Помимо показателей, приведенных для вариантов 15 и 16 (соответствуют ЛСД и ПСД «по отдельности»), появляются дополнительные: «рассогласование» подобранных испытуемым ЯЦХ для ЛСД и ПСД; различия в длительностях подбора ЯЦХ для ЛСД и ПСД и др. (эти различия можно оценить по моментам начала и конца изменения яркостей каждого из БЦ для ЛСД и ПСД).

Вариант 19. Задание на «мониторинг и подстройку цвета». Для ЛСД осуществляется непрерывное свечение, причем яркости по двум БЦ находятся на одном уровне, а яркость по третьему БЦ плавно изменяется в некоторые периоды времени вокруг того же уровня. Для ПСД яркости двух БЦ устанавливаются аналогичными ЛСД, а яркостью третьего БЦ (того, яркость которого меняется на ЛСД) испытуемый может управлять с помощью соответствующего переменного резистора.

При обнаружении испытуемым изменения ЯЦХ ЛСД испытуемый старается поддерживать аналогичную ЯЦХ для управляемого им БЦ на ПСД. При этом он может реагировать на изменения ЯЦХ ЛСД с запаздыванием, ошибочно обнаруживать изменения ЯЦХ; неточно воспроизводить на ПСД изменения ЯЦХ на ЛСД и пр.

Определяемые в ТЗ показатели: а) пороги реакции (пороги обнаружения) испытуемого на изменения яркости по каждому из БЦ. Они могут быть различны для процессов увеличения и уменьшения яркости, зависят от уровня яркости других двух БЦ и др.; б) доли ошибочных попыток изменения яркости ПСД при неизменной яркости ЛСД; в) среднеинтегральные значения для модулей различий изменяемых яркостей БЦ на ЛСД и ПСД – это показатель характеризует точность «сопровождения» испытуемым изменяемых ЯЦХ ЛСД.

Вариант 20. Аналог варианта 19, но МК управляет ПСД, а испытуемый – ЛСД.

Вариант 21. Аналог варианта 19, но МК управляет центральным RGB-СД, а испытуемый в режиме сопровождения устанавливает аналогичные ЯЦХ для ЛСД и ПСД. В этом случае появляются дополнительные показатели качества «сопровождения», связанные с рассогласованиями ЯЦХ ЛСД и ПСД.

Описанные варианты тестирования с некоторыми модификациями могут быть использованы и для тренинга. Эти модификации возможны в основном в следующих направлениях:

а) тренирующийся получает результаты выполнения каждого ТЗ сразу после его окончания. Это позволяет ему учесть допущенные недочеты и постараться их исправить на следующих ТЗ;

б) результаты подбора ЯЦХ СД высвечиваются на дисплее в процессе подбора в дискретные моменты времени. Это позволяет испытуемому скорректировать свои действия по подбору;

в) сложность ТЗ по ходу теста меняется – исходя из результатов, полученных в предыдущих заданиях (одном или большем количестве) и времени, фактически затраченного на их выполнение. Это позволяет динамически адаптировать сложность ТЗ к возможностям испытуемых лиц.

Методики оценки яркостно-цветовой памяти испытуемых. Наверное, наиболее известным вариантом тестирования цветовой памяти испытуемых является следующий. Перед испытуемым располагают несколько объектов одинаковой формы и размера, но разного цвета (для определенности будем иметь в виду совокупность кубиков с 8–12 цветами без текстур и рисунков). После демонстрации этих кубиков в течение определенного времени испытуемого просят отвернуться и затем переставляют все или часть кубиков в другом порядке. Затем совокупность кубиков с измененной последовательностью демонстрируют испытуемому и просят восстановить их правильный (прежний) порядок. Оценка осуществляется исходя из количества допущенных ошибок в размещении кубиков. Автоматизация обработки результатов этого теста возможна путем размещения кубиков на площадках, способных «различать» коды, расположенные на одной из сторон кубиков. Например, это могут быть токопроводящие контактные площадки или магнитные прямоугольники (при наличии на «рабочей» стороне кубика направляющего ключа, который обеспечивает размещение кубика определенным образом). Описанный тест можно реализовать и на ПЭВМ, причем для перемещения объектов можно использовать технологии типа Drag and Drop.

Однако в указанном тесте не предусмотрены возможности подбора цветов отдельных объектов, что снижает его функциональные возможности. Впрочем, этот недостаток можно уменьшить, если испытуемому продемонстрировать 10–12 кубиков, а затем предложить ему выбирать подходящие кубики из набора, содержащего 40–50 кубиков с разными цветовыми оттенками.

С целью обеспечения «функциональной полноты тестирования» ниже описываются иные подходы. В них управление визуальными стимулами производится путем изменения ЯЦХ свечения светодиодов, а получение ответов от испытуемых осуществляется позже прекращения воздействия стимула. Поэтому испытуемый должен запомнить и удержать в кратковременной памяти ЯЦХ стимулов (на период паузы), а затем воспроизвести их по памяти. Ответ испытуемого: «нажатие одного из НМП, затем ИК» или «подбор ЯЦХ управляемого им СД, затем также нажатие ИК».

Управление сложностью ТЗ, рассматриваемых в данном разделе, может обеспечиваться за счет следующих решений: а) использования для подсветки СД только одного БЦ; смеси двух БЦ с различными яркостями; смеси трех БЦ с различными яркостями; б) изменения длительности подсветки СД при воспроизведении стимула; в) изменения длительности паузы между окончанием времени воспроизведения стимула и началом подбора (выбора) испытуемым ответов; в) наличием и интенсивностью помех, задаваемых в период воспроизведения стимула, паузы и во время выбора ответа испытуемыми; г) ограничением времени на выбор (подбор) ответа испытуемым.

Вариант 22. На определенное время подсвечивается ЛСД с выбранными ЯЦХ (взятыми из детерминированного сценария тестирования или определенными случайным образом в заданном диапазоне значений). Затем делается пауза. Далее испытуемый должен за период времени, не превышающий заданный, установить ЯЦХ того же ЛСД, аналогичные тому, которые были в воспроизведенном стимуле. При обработке результатов целесообразно учитывать следующее: отклонения (с учетом знаков) по каждому БЦ для подобранных испытуемым ЯЦХ ЛСД от того, что было задано в стимуле; длительность свечения стимула (эта длительность может влиять на точность восприятия и качество запоминания ЯЦХ); количества «реверсов» при вращении переменных резисторов в процессе подбора ЯЦХ; длительность паузы между заданием стимула и началом подбора ответа испытуемым; наличие и интенсивность помех во время паузы, характер таких помех (визуальный, звуковой и пр.).

Вариант 23. Аналог 22, но подсвечивается ПСД и затем ЯЦХ подбираются именно для него.

Вариант 24. Варианты 22 и 23 используются либо в «шахматном порядке», либо со случайным выбором последовательности.

Вариант 25. Аналог 22, но подсвечивается центральный СД, затем делается пауза. Потом испытуемый должен подобрать ЯЦХ центрального СД, ЛСД или ПСД.

Вариант 26. Аналог 22, но одновременно подсвечиваются ЛСД и ПСД с разными ЯЦХ. Затем делается пауза, после которой испытуемый должен подбирать ЯЦХ обоих СД.

Вариант 27. Аналог 25, но подсветка ЛСД и ПСД осуществляется раздельно по времени (без паузы по времени между ними).

Вариант 28. Для ЛСД (или ПСД) производится несколько периодов свечения СД (с равными промежутками по времени, но с разными ЯЦХ свечения) – в типичных случаях, от 2-х до 4-х. Испытуемый должен запомнить эти ЯЦХ и последовательно воспроизвести их на том же ЛСД (или ПСД). Таким

образом, в данном ТЗ он должен будет нажимать исполнительную кнопку несколько раз (по числу периодов свечения СД).

Вариант 29. На центральном СД воспроизводится четное количество периодов свечения СД (с равными промежутками по времени, но с разными ЯЦХ свечения) – 2, 4 или 6. После паузы по времени испытуемый должен запомнить им ЯЦХ для нечетных периодов воспроизводить (последовательно) на ЛСД, а для четных периодов – на правом. Это задание более сложное, чем предыдущее – в силу необходимости не только хранения ЯЦХ в памяти, но и некоторого манипулирования ими.

Вариант 30. На центральном СД воспроизводится стимул с плавно изменяющейся в процессе свечения ЯЦХ светодиода. Испытуемый должен запомнить начальную и конечную ЯЦХ свечения, а затем воспроизвести их. Поскольку заранее испытуемый не знает длительности свечения, то он должен удерживать в памяти не только начальную ЯЦХ, но и текущую. После паузы испытуемый должен на ЛСД воспроизвести начальную ЯЦХ, а на ПСД – конечную. Обработка ответов в отношении точности воспроизведения цвета предполагается раздельная для «начального» и «конечного» ЯЦХ. Таким образом, можно выявить некоторые различия в отношении качества их запоминания.

В отношении тренинга испытуемых (развития их яркостно-цветовой памяти) можно сделать те же замечания, что и в предыдущем разделе.

Накопление результатов тестирования и их последующая обработка. Как уже отмечалось ранее, при использовании автономных АПК возможности накопления и углубленного анализа данных являются достаточно ограниченными. Передача данных с таких АПК на ПЭВМ позволяет обеспечить возможности анализа, по крайней мере, в следующих направлениях.

1. По одному испытуемому для совокупности ТЗ в пределах одного теста. При этом могут быть выявлены следующие три периода: «вработывания» – когда показатели по ТЗ постепенно улучшаются; стабилизации – показатели примерно одинаковы; утомления – показатели ухудшаются. Выявление момента начала периода утомления (при отсутствии помех и их наличии) особенно важно для оценки профессиональных качеств операторов человеко-машинных систем.

2. По одному испытуемому для совокупности тестов, пройденных в разное время. При этом целями могут быть следующие: оценка результатов проведения тренингов цветовосприятия или цветовой памяти; определение динамики улучшения состояния пациентов после заболеваний или травм; оценка изменений результатов тестирования до начала и после окончания смены.

3. Результаты могут оцениваться также для совокупностей (групп) испытуемых, результаты по тестированиям которых хранятся в базе данных специальной информационной системы. Эти группы могут выбираться по определенным критериям, причем разным для разных целей. В частности, могут решаться такие задачи: определение средних значений и показателей вариации для результатов тестирований в выбранных группах; оценки статистической значимости различий результатов тестирований для «выборки с попарно не связанными вариантами» и пр.

Выводы. 1. Задачи оценки точности восприятия цветовых и ЯЦХ объектов могут быть важны для многих профессий, а также в бытовой деятельности. 2. Оценки цветовой памяти испытуемых могут быть важны для определения профессиональной пригодности персонала; для оценки психофизиологического состояния операторов человеко-машинных систем; для оценки результатов лечения заболеваний; протекания процессов реабилитации после заболеваний и травм. 3. Для оценки характеристик восприятия ЯЦХ объектов и цветовой памяти испытуемых могут быть использованы различные технические средства, включая ПЭВМ, компьютерные планшеты, смартфоны, полностью автономные АПК; АПК, работающие в комбинации с ПЭВМ. 4. Предложенные в данной статье варианты ТЗ дают возможность расширить функциональные возможности тестирования цветовосприятия и цветовой памяти испытуемых. 5. Описанные в данной статье варианты тестирования могут быть реализованы не только на АПК, но и на других технических средствах, включая ПЭВМ. 5. При этом использование смартфонов и компьютерных планшетов может дать следующие преимущества: применение всегда актуальной базы ТЗ и методов тестирования, размещенных на сервере разработчика; возможности централизованного накопления результатов (вероятно с полной или частичной анонимизацией пользователей) и анализа данных для больших групп тестируемых лиц; более широкие возможности тренинга в периоды времени, которые неудобно использовать для других целей (например, при поездках на транспорте, а также в периоды кратковременного отдыха – как альтернатива несложным «компьютерным играм»).

Библиографический список

1. Патент на полезную модель RUS 82107. Устройство для диагностики цветоощущений / Э. А. И. Айду, К. В. Голубцов, В. В. Максимов, В. Г. Трунов. – 10.12.2008.
2. Арискина К. А. Качественная и количественная оценки цвета керамических материалов / К. А. Арискина, Р. А. Арискина, А. Г. Николаев, А. М. Салахов // Вестник Технологического университета. – 2017. – Т. 20, № 5. – С. 20–22.
3. Архипов О. П. Многокритериальный выбор тестового множества при исследовании цветовосприятия / О. П. Архипов, З. П. Зыкова // Информационные технологии. – 2011. – № 2. – С. 67–73.

4. Бавбеков Р. И. Цветовые характеристики и использование цвета в интерьере / Р. И. Бавбеков // Инновации в науке. – 2016. – № 7 (56). – С. 17–21.
5. Бакуткин В. В. Объективное исследование цветовосприятия в гигиене труда / В. В. Бакуткин, В. А. Зеленов, И. В. Бакуткин // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 9. – С. 17.
6. Брумштейн Ю. М. Методы исследования дифференцирующей способности зрительного аппарата человека в отношении восприятия яркостей объектов / Ю. М. Брумштейн, Т. Х. Куаншкалиев, Л. Ш. Рамазанова, А. Е. Бамбышева // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине – 2015 : матер. Всерос. школы-семинара / под ред. проф. Д. А. Усанова. – Саратов : Саратовский источник, 2016. – С. 205–207.
7. Брумштейн Ю. М. Аппаратно-программные решения для исследования точности восприятия и запоминания человеком яркостно-цветовых характеристик светящихся объектов / Ю. М. Брумштейн, Т. Х. Куаншкалиев, Д. А. Молимонов, Л. Ш. Рамазанова // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине / под ред. проф. Д. А. Усанова. – Саратов : Саратовский источник, 2017. – С. 77–80.
8. Брумштейн Ю. М. Цветовая память испытуемых: анализ методик исследований и способов обработки результатов / Ю. М. Брумштейн, Д. А. Молимонов // Математические методы в технике и технологиях. – 2018. – Т. 5. – С. 72–76.
9. Веретов Л. А. Экспертная методика оценки цветообразования для пищевых добавок и мясных продуктов / Л. А. Веретов // Мясная индустрия. – 2013. – № 3. – С. 32–35.
10. Веркина К. О. Психологическое воздействие цвета на человека в решении внутреннего архитектурного пространства / К. О. Веркина // Центральный научный вестник. – 2019. – Т. 4, № 3 (68). – С. 25–26.
11. Вишняков А. В. Оценка влияния изменения эксплуатационных показателей моторного масла на его цвет / А. В. Вишняков, Л. А. Бердников // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса : материалы 5-й Международной научно-практической интернет-конференции / под общ. ред. А. Н. Новикова. – 2016. – С. 8–14.
12. Володина С. Ю. К вопросу о восприятии цвета человеком / С. Ю. Володина, Л. А. Пятко, И. Ф. Шарагина // Современная наука: актуальные проблемы и перспективы развития : материалы и доклады Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 321–327.
13. Высоцкая Т. А. Цветовосприятие и цветоощущение : учебное пособие / Т. А. Высоцкая, С. Ю. Дегтярева ; Забайкальский гос. гуманитарно-пед. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. – Чита, 2006.
14. Гвоздев С. М. Метрологическая оценка световой среды на основе фотометрического контроля и диагностики восприятия визуальной информации оператора / С. М. Гвоздев, К. С. Маков, В. А. Сторожева // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2008. – Т. 42, № 6-1. – С. 48–50.
15. Данилова М. В. Цветовые категории и цветоразличение / М. В. Данилова, Д. Д. Моллон // Экспериментальная психология. – 2010. – Т. 3, № 3. – С. 39–56.
16. Жаринов И. О. Оценка меры различия цветов и оттенков в цветовых пространствах, применяемых в авионике / И. О. Жаринов, О. О. Жаринов, А. В. Шукалов, П. П. Парамонов // Молодёжь и современные информационные технологии : сборник трудов XII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск : Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2014. – С. 251–252.
17. Капцов В. А. Восприятие цвета при светодиодном освещении – риски здоровью / В. А. Капцов, В. Н. Дейнего // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 2. – С. 16–25.
18. Квасников А. А. Комплексный подход к оценке цвета новых варёных колбас «Мальва» и «Лиановская» / А. А. Квасников, Л. В. Молоканова // Товарознавчий вісник. – 2012. – № 5. – С. 271–276.
19. Квашук А. Н. Количественная оценка цветовых характеристик шкурки норки цветового типа сапфир / А. Н. Квашук // Технические науки – от теории к практике. – 2013. – № 18. – С. 161–166.
20. Кожина А. И. Основы теории и практика использования количественной оценки показателей цвета в меховом производстве / А. И. Кожина, А. И. Сапожникова, А. С. Окутин // Дизайн и технологии. – 2018. – № 64 (106). – С. 23–30.
21. Козырев И. В. Исследование цветовых характеристик мышечной и жировой тканей и мраморности говядины / А. И. Кожина, А. И. Сапожникова, А. С. Окутин // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2017. – Т. 11, № 11. – С. 128–131.
22. Кузнецова С. О. Особенности искажения цветовосприятия при депрессивных расстройствах / С. О. Кузнецова, С. Е. Строгова // Актуальные вопросы современной науки : сборник статей по материалам XVII Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2018. – С. 142–145.
23. Леонова А. Ю. Влияние фонового окружения на восприятие и различные яркости и цвета у человека : дис. ... канд. биол. наук / А. Ю. Леонова. – Москва, 2000.
24. Мигалина И. В. О критериях оценки цвета в архитектуре / И. В. Мигалина // Наука, образование и экспериментальное проектирование : материалы Международной научно-практической конференции. – 2012. – С. 412–413.
25. Миронова М. В. Экспериментальные исследования на предмет цветовосприятия / М. В. Миронова // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2010. – № 48. – С. 176–182.
26. Никоноров А. В. Применение принципа согласованности оценок в задаче идентификации моделей цветовоспроизведения / А. В. Никоноров, С. Б. Попов, В. А. Фурсов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2002. – Т. 4, № 1. – С. 159–164.
27. Перегуда С. Н. Нейропсихологическое исследование факторов восприятия цвета при алкогольной зависимости / С. Н. Перегуда // Коллекция гуманитарных исследований. – 2016. – № 3 (3). – С. 77–91.
28. Рослякова Е. М. Психофизиологический статус студентов в зависимости от цветовосприятия / Е. М. Рослякова, А. Г. Бисерова, А. С. Игибаева, Н. С. Байжанова, А. С. Алипбекова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12-8. – С. 1529–1532.
29. Седова Ю. А. Восприятие цвета в архитектуре / Ю. А. Седова, У. Урнухбаяр // Символ науки. – 2018. – № 5. – С. 154–156.

30. Сердюкова М. В. Развитие способности цветовосприятия у учащихся общеобразовательной школы / М. В. Сердюкова // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Психологические науки. – 2008. – № 4. – С. 79–86.
31. Сидорчук Д. С. Комплексирование радиолокационных изображений и оптических снимков в видимом и тепловом диапазонах с учетом различий в восприятии яркости и цветности / Д. С. Сидорчук, В. В. Волков // Сенсорные системы. – 2018. – Т. 32, № 1. – С. 14–18.
32. Толмачев В. С. Анализ методов определения показателя цвета льняного сырья / В. С. Толмачев, Т. О. Кузьмина // Товарознавчий вісник. – 2011. – № 3. – С. 310–319.
33. Учаев Д. Ю. Анализ и управление рисками, связанными с информационным обеспечением человеко-машинных АСУ технологическими процессами в реальном времени / Д. Ю. Учаев, Ю. М. Брумштейн, И. М. Ажмухадедов, О. М. Князева, И. А. Дюдиков // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2016. – № 2 (34). – С. 82–97.
34. Хорунжий М. Д. Метод количественной оценки цветов различий при восприятии цифровых изображений / М. Д. Хорунжий // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2008. – Т. 6, № 1. – С. 81–89.
35. Шидловская В. П. Цвет молока и молочных продуктов и его роль в оценке их качества / В. П. Шидловская // Переработка молока. – 2010. – № 1 (123). – С. 60–61.
36. Юстова Е. Н. История развития и современное состояние цветowych измерений / Е. Н. Юстова // Мир измерений. – 2009. – № 12. – С. 6–12.
37. Kornaga V. I. Research of visual perception by the eye of man of brightness of permanent and impulsive light signal of light-emitting diodes / V. I. Kornaga, A. V. Rybalochka, V. M. Sorokin // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2014. – № 1 (27). – С. 81–87.

References

1. Aydu E. A. I., Golubtsov K. V., Maksimov V. V., Trunov V. G. *Ustroystvo dlya diagnostiki tsvetooshchushcheniy Patent na poleznuyu model* [The device for diagnostics of color sensations. The Patent for the useful model]. *RUS 82107*, 10.12.2008.
2. Ariskina K. A., Ariskina R. A., Nikolaev A. G., Salakhov A. M. Kachestvennaya i kolichestvennaya otsenki tsveta keramicheskikh materialov [Qualitative and quantitative estimates of color of ceramic materials]. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University], 2017, vol. 20, no. 5, pp. 20–22.
3. Arkhipov O. P., Zykova Z. P. Mnogokriterialnyy vybor testovogo mnozhestva pri issledovanii tsvetovospriyatiya [The multicriteria choice of a test set at a color perception research]. *Informatsionnye tekhnologii* [Information Technologies], 2011, no. 2, pp. 67–73.
4. Bavbekov R. I. Tsvetovye kharakteristiki i ispolzovanie tsveta v interere [Color responses and use of color in an interior]. *Innovatsii v nauke* [Innovations in Science], 2016, no. 7 (56), pp. 17–21.
5. Bakutkin V. V., Zelenov V. A., Bakutkin I. V. Obektivnoe issledovanie tsvetovospriyatiya v gigiene truda [An objective research of color perception in occupational health]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Medicine of Work and Industrial Ecology], 2017, no. 9, pp. 17.
6. Brumshhteyn Yu. M., Kuanshkaliev T. Kh., Ramazanova L. Sh., Bambysheva A. Ye. Metody issledovaniya differentsiruyushchey sposobnosti zritel'nogo apparata cheloveka v otnoshenii vospriyatiya yarkostey ob'ektov [Methods of a research of the differentiating ability of the visual device of the person concerning perception of brightness of objects]. *Metody kompyuternoy diagnostiki v biologii i meditsine – 2015 : materialy Vserossiyskoy shkoly-seminara* [Methods of computer diagnostics in biology and medicine – 2015 : Proceedings of the All-Russian school-seminar]. Saratov, Saratovskiy istochnik Publ., 2016, pp. 205–207.
7. Brumshhteyn Yu. M., Kuanshkaliev T. Kh., Molimonov D. A., Ramazanova L. Sh. Apparato-programmnye resheniya dlya issledovaniya tochnosti vospriyatiya i zapominaniya chelovekom yarkostno-tsvetovyykh kharakteristik svetyashchikhsya ob'ektov [Hardware and software solutions for a research of accuracy of perception and storing by the person of brightness color responses of the shining objects]. *Metody kompyuternoy diagnostiki v biologii i meditsine* [Methods of computer diagnostics in biology and medicine]. Saratov, Saratovskiy istochnik Publ., 2017, pp. 77–80.
8. Brumshhteyn Yu. M., Molimonov D. A. Tsvetovaya pamyat ispytuemykh: analiz metodik issledovaniya i sposobov obrabotki rezul'tatov [Color memory of examinees: the analysis of techniques of researches and ways of processing of results]. *Matematicheskie metody v tekhnike i tekhnologiyakh* [Mathematical methods in the equipment and technologies], 2018, vol. 5, pp. 72–76.
9. Veretov L. A. Ekspertnaya metodika otsenki tsvetoobrazovaniya dlya pishchevyykh dobavok i myasnykh produktov [An expert technique of assessment of a tsvetoobrazovaniye for nutritional supplements and meat products]. *Myasnaya industriya* [Meat Industry], 2013, no. 3, pp. 32–35.
10. Verkina K. O. Psikhologicheskoe vozdeystvie tsveta na cheloveka v reshenii vnutrennego arkhitekturnogo prostanstva [Psychological impact of color on the person in a solution of internal architectural space]. *Tsentrallyy nauchnyy vestnik* [The Central Scientific Bulletin], 2019, vol. 4, no. 3 (68), pp. 25–26.
11. Vishnyakov A. V., Berdnikov L. A. Otsenka vliyaniya izmeneniya ekspluatatsionnykh pokazateley motornogo masla na ego tsvet [Impact assessment of change of operational indicators of engine oil on its color]. *Aktualnye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa : materialy 5-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii* [Topical issues of the innovative development of a transport complex : Materials of the 5-th International Scientific and Practical Internet Conference], 2016, pp. 8–14.
12. Volodina S. Yu., Pyatko L. A., Sharagina I. F. K voprosu o vospriyatii tsveta chelovekom [To a question of perception of color by the person]. *Sovremennaya nauka: aktualnye problemy i perspektivy razvitiya : Materialy i doklady*

Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Modern science: current problems and perspectives of development : Materials and Reports of the International Scientific and Practical Conference], 2018, pp. 321–327.

13. Vysotskaya T. A., Degtyareva S. Yu. *Tsvetovospriyatie i tsvetooshchushchenie* [Color perception and color sensation]. Chita, 2006.

14. Gvozdev S. M., Makov K. S., Storozheva V. A. Metrologicheskaya otsenka svetovoy sredy na osnove fotometricheskogo kontrolya i diagnostiki vospriyatiya vizualnoy informatsii operatora [Metrological assessment of the light environment on the basis of photometric control and diagnostics of the operator's visual information perception]. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina* [Aerospace and Environmental Medicine], 2008, vol. 42, no. 6-1, pp. 48–50.

15. Danilova M. V., Mollon D. D. Tsvetovoye kategorii i tsvetorazlichenie [Color categories and color discrimination]. *Ekspperimentalnaya psikhologiya* [Experimental psychology], 2010, vol. 3, no. 3, pp. 39–56.

16. Zharinov I. O., Zharinov O. O., Shukalov A. V., Paramonov P. P. Otsenka mery razlichiya tsvetov i ottenkov v tsvetovyykh prostranstvakh, primenyaemykh v avionike [Assessment of a measure of distinction of flowers and shades in the color spaces applied in avionics]. *Molodezh i sovremennyye informatsionnyye tekhnologii : sbornik trudov XII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* [Youth and modern information technologies : Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists]. Tomsk, National Research Tomsk Polytechnic University, 2014, pp. 251–252.

17. Kaptsov V. A., Deynego V. N. Vospriyatie tsвета pri svetodiodnom osveshchenii – riski zdorovyu [Perception of color at LED lighting – risks to health]. *Analiz riska zdorovyu* [Risk Analysis to Health], 2017, no. 2, pp. 16–25.

18. Kvasnikov A. A., Molokanova L. V. Kompleksnyy podkhod k otsenke tsвета novykh varenykh kolbas "Malva" i "Lianovskaya" [An integrated approach to assessment of color of the new Hollyhock boiled sausages i Lianovskaya]. *Tovarovnavchiy visnik* [Tradable Bulletin], 2012, no. 5, pp. 271–276.

19. Kvashuk A. N. Kolichestvennaya otsenka tsvetovyykh kharakteristik shkurok norki tsvetovogo tipa sapfir [Quantitative assessment of color responses of skins of a mink of color type sapphire]. *Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike* [Technical science – from the theory to practice], 2013, no. 18, pp. 161–166.

20. Kozhina A. I., Sapozhnikova A. I., Okutin A. S. Osnovy teorii i praktika ispolzovaniya kolichestvennoy otsenki pokazateley tsвета v mekhovom proizvodstve [Bases of the theory and practice of use of quantitative assessment of indicators of color in fur production]. *Dizayn i tekhnologii* [Design and Technologies], 2018, no. 64 (106), pp. 23–30.

21. Kozyrev I. V. Issledovanie tsvetovyykh kharakteristik myshechnoy i zhirovoy tkaney i mramornosti govyadiny [Research of color responses of muscular and fatty fabrics and mramornost of beef]. *Aktualnye voprosy pererabotki myasnogo i molochnogo syrya* [Topical issues of processing of meat and dairy raw materials], 2017, vol. 11, no. 11, pp. 128–131.

22. Kuznetsova S. O., Stogova S. Ye. Osobennosti iskazheniya tsvetovospriyatiya pri depressivnykh rasstroystvakh [Features of distortion of color perception at depressive frustration]. *Aktualnye voprosy sovremennoy nauki : sbornik statey po materialam XVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Topical issues of modern science : Collection of Articles on Materials of the XVII International Scientific and Practical Conference]. Ufa, 2018, pp. 142–145.

23. Leonova A. Yu. *Vliyaniye fonovogo okruzeniya na vospriyatie i razlichnyye yarkosti i tsвета u cheloveka* [Influence of a background environment on perception and different brightness and colors at the person]. Moscow, 2000.

24. Migalina I. V. O kriteriyakh otsenki tsвета v arkhitekture [About criteria for evaluation of color in architecture]. *Nauka, obrazovanie i eksperimentalnoe proektirovaniye : materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Science, education and experimental design : Materials of the International Scientific and Practical Conference], 2012, pp. 412–413.

25. Mironova M. V. Eksperimentalnye issledovaniya na predmet tsvetovospriyatiya [Pilot studies regarding color perception]. *Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Gumanitarnyye nauki* [The Bulletin of the Amur State University. Series: Humanities], 2010, no. 48, pp. 176–182.

26. Nikonov A. V., Popov C. B., Fursov V. A. Primeneniye printsipa soglasovannosti otsenok v zadache identifikatsii modeley tsvetovospriyatiya [Use of the principle of coherence of estimates in a problem of identification of models of color reproduction]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2002, vol. 4, no. 1, pp. 159–164.

27. Pereguda S. N. Neyropsikhologicheskoe issledovanie faktorov vospriyatiya tsвета pri alkoholnoy zavisimosti [A neuropsychological research of factors of perception of color at alcohol addiction]. *Kollektsiya humanitarnykh issledovaniy* [Collection of Humanitarian Researches], 2016, no. 3 (3), pp. 77–91.

28. Roslyakova Ye. M., Biserova A. G., Igbaeva A. S., Bayzhanova N. S., Alipbekova A. S. Psikhofiziologicheskiy status studentov v zavisimosti ot tsvetovospriyatiya [The psychophysiological status of students depending on color perception]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy* [The International Journal of Application and Basic Researches], 2015, no. 12-8, pp. 1529–1532.

29. Sedova Yu. A., Urnukhbayar U. Vospriyatie tsвета v arkhitekture [Perception of color in architecture]. *Simvol nauki* [Symbol of Science], 2018, no. 5, pp. 154–156.

30. Serdyukova M. V. Razvitiye sposobnosti tsvetovospriyatiya u uchashchikhsya obshcheobrazovatelnoy shkoly [Development of ability of color perception in pupils of comprehensive school]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Psikhologicheskie nauki* [Bulletin of the Moscow state regional university. Series: Psychological sciences], 2008, no. 4, pp. 79–86.

31. Sidorchuk D. S., Volkov V. V. Kompleksirovaniye radiolokatsionnykh izobrazheniy i opticheskikh snimkov v vidimom i teplovom diapazonakh s uchetom razlichiy v vospriyatii yarkosti i tsvetnosti [Integration of radar images and optical pictures in the visible and thermal ranges taking into account differences in luminance perception and chromaticity]. *Sensornyye sistemy* [Sensor Systems], 2018, vol. 32, no. 1, pp. 14–18.

32. Tolmachev V. S., Kuzmina T. O. Analiz metodov opredeleniya pokazatelya tsвета lnyanogo syrya [Analysis of methods of definition of an indicator of color of linen raw materials]. *Tovarovnavchiy visnik* [Tradable Bulletin], 2011, no. 3, pp. 310–319.

33. Uchaev D. Yu., Brumshteyn Yu. M., Azhmukhadedov I. M., Knyazeva O. M., Dyudikov I. A. Analiz i upravlenie riskami, svyazannymi s informatsionnym obespecheniem cheloveko-mashinnykh ASU tekhnologicheskimi protsessami v realnom vremeni [The analysis and risk management for the technological processes, connected with information support of human-machine ACS in real time]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2016, no. 2 (34), pp. 82–97.

34. Khorunzhiy M. D. Metod kolichestvennoy otsenki tsvetov razlichiy pri vospriyatii tsifrovyykh izobrazheniy [A method of quantitative assessment of flowers of distinctions at perception of digital images]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Informatsionnye tekhnologii* [The Bulletin of Novosibirsk State University. Series: Information technologies], 2008, vol. 6, no. 1, pp. 81–89.

35. Shidlovskaya V. P. Tsvet moloka i molochnykh produktov i ego rol v otsenke ikh kachestva [Color of milk and dairy products and its role in assessment of their quality]. *Pererabotka moloka* [Processing of Milk], 2010, no. 1 (123), pp. 60–61.

36. Yustova Ye. N. Istoriya razvitiya i sovremennoe sostoyanie tsvetovykh izmereniy [History of development and current state of color measurements]. *Mir izmereniy* [World of Measurements], 2009, no. 12, pp. 6–12.

37. Kornaga V. I., Rybalochka A. V., Sorokin V. M. Research of visual perception by the eye of man of brightness of permanent and impulsive light signal of light-emitting diodes. *Optiko-elektronni informatsiyno-energetichni tekhnologii* [Optical-Electronic Information-Energy Technologies], 2014, no. 1 (27), pp. 81–87.