

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar64489>

Особенности восприятия цифровой информации операторами при различии цветовых схем стимульного материала

© О.С. Агаджанян*, И.О. Натуральников

Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург

Высокий темп развития и усложнения авиационной техники влечет за собой потребность в росте качества эргономического сопровождения. Обуславливается это тем фактом, что для безопасного осуществления деятельности летчику приходится использовать весь объем внимания, нередко на пределе возможностей. Цвет приборных шкал, контрастность подачи информации и другие условия ее восприятия могут значительно усложнить оценку показаний пилотажных приборов. Особенно это актуально с переходом большинства современных летательных аппаратов с аналогового отображения показаний приборов к цифровому. В исследовании рассмотрены особенности восприятия цифровой информации операторами авиационного профиля при разном цветовом фоне стимульного материала. Проведен анализ результатов решения операторами 3 таблиц Шульте и 3 таблиц Шульте–Горбова на объединенном аппаратном комплексе «НС–Психотест» с системой фиксации координат взгляда — стационарный айтрекинг «RED250mobile eye tracking device». При выполнении поисковой функции глаз высчитывалось количество зрительных фиксаций и время выполнения задания. Установлено, что при поиске цифровых значений на таблицах Шульте с белым фоном количество фиксаций взгляда выполнено меньше, чем при выполнении аналогичной задачи на черно-красных таблицах Шульте–Горбова. Соответственно времени на решение черно-белых таблиц тоже ушло меньше. Обнаружена тенденция, показывающая, что поиск цифровых значений, представленных в таблицах Шульте–Горбова на красном фоне, осуществлялся операторами быстрее, чем на черном фоне. Дальнейшее изучение данной темы может способствовать разработке предложений по эргономическому сопровождению летательных аппаратов, что, в свою очередь, поможет сохранить резервы внимания операторов в непрерывном потоке входящих данных (2 рис., 1 табл., библи.: 13 ист.).

Ключевые слова: айтрекинг; восприятие информации; летчики; окулография; операторы авиационного профиля; таблица Шульте; таблица Шульте–Горбова; фиксация взгляда.

Как цитировать:

Агаджанян О.С., Натуральников И.О. Особенности восприятия цифровой информации операторами при различии цветовых схем стимульного материала // Известия Российской Военно-медицинской академии. 2021. Т. 40. № 1. С. 79–83. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar64489>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar64489>

Features of digital information perception by operators with different color schemes of the stimulus material

© Oganés S. Agadzhanian*, Il'ya O. Natural'nikov

S.M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, Saint Petersburg, Russia

The rapid development of aviation technology entails the need to increase the quality of ergonomic support. This is due to the fact that for the safe implementation of activities, the pilot has to use the entire amount of attention, not rarely, at the limit of his capabilities. The color of the instrument scales, the contrast of the information feed, and other information perception conditions can significantly complicate the evaluation of the flight instrument readings. This is especially true with the transition of most modern aircraft from analog display of instrument readings to digital. The study examines the features of perception of digital information by operators of aviation profile with different color background of the stimulus material. The analysis of the results of the solution by operators of 3 Schulte tables and 3 Schulte–Platonov tables on the combined hardware complex “NS–Psychotest” with the system of fixing the coordinates of the eye-stationary eye tracking “RED250mobile eye tracking device”. When performing the eye search function, the number of visual fixations and the task completion time were calculated. It was found that when searching for digital values on Schulte tables with a white background, the number of eye fixations was less than when performing a similar task on black-and-red Schulte–Platonov tables. Accordingly, it also took less time to solve black-and-white tables. A trend was found showing that the search for digital values represented in the Schulte–Platonov tables on a red background was carried out by operators faster than on a black background. Further study of this topic can contribute to the development of proposals for ergonomic support of aircraft, which in turn will help to maintain the reserves of attention of operators in a continuous stream of incoming data (2 figures, 1 table, bibliography: 13 refs).

Keywords: aviation profile operators; eye fixation; eye tracking; information perception; oculography; pilots; Schulte–Platonov table; Schulte table.

To cite this article:

Agadzhanian OS, Natural'nikov IO. Features of digital information perception by operators with different color schemes of the stimulus material. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2021;40(1):79–83. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar64489>

Received: 28.02.2021

Accepted: 14.03.2021

Published: 23.03.2021

ВВЕДЕНИЕ

Высокий темп развития и усложнения авиационной техники влечет за собой потребность в росте качества эргономического сопровождения. Обуславливается это тем фактом, что для безопасного осуществления деятельности летчику приходится использовать весь объем внимания, нередко на пределе физиологических возможностей [1]. Для правильной оценки режима полета и пространственного положения летательного аппарата летчик вынужден постоянно считывать цифровую информацию с показаний приборов, что при ошибках эргономики приборной панели может приводить к утомлению зрительного анализатора и сопутствующему снижению резервов других функциональных систем организма [2]. Особенно сказывается на функциональном состоянии операторов сложных эргатических комплексов пренебрежение рамками физиологических возможностей человека, которое может привести к критическим ошибкам во время полета [3]. Статистические данные показывают, что человеческий фактор как причина тяжелых авиационных происшествий является решающим примерно в 80 % случаев [4]. В связи с вышеперечисленным получение новых данных о механизмах восприятия информации остается актуальным направлением для повышения уровня безопасности полетов и продуктивности операторской деятельности других профессий.

Цель — выявить особенности восприятия цифровой информации операторами при различии цветовых схем стимульного материала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 10 добровольцев в возрасте от 20 до 26 лет (10 мужчин, средний возраст $22 \pm 0,9$ года), с заключением военно-врачебной комиссии «Годен к военной службе».

Исследование проходило в 2 этапа. На первом этапе добровольцам необходимо было решить 3 различные

таблицы Шульте в кратчайшие сроки с наименьшим количеством ошибок (рис. 1). Задача состояла в последовательном поиске цифр от 1 до 25 с отметкой компьютерной мышью в одноименном квадрате. Второй этап требовал выполнения аналогичной задачи, за исключением изменения стимульного материала, которой был представлен 3 черно-красными таблицами Шульте–Горбова (рис. 2). Решение задач производилось с использованием объединенного аппаратного комплекса «НС–Психотест» и системы фиксации координат взгляда — стационарного айтрекинга «RED250mobile eye tracking device» [5]. Параметры трека глаз обработаны с помощью программного обеспечения SMI BeGaze версии 3.0.

Исследование пропускной способности зрительного анализатора сводится к измерению скорости восприятия, которую, в свою очередь, можно отождествить с количеством саккадических движений глаз и временем, затраченным на выполнение поисковой зрительной задачи [6–8]. Каждое саккадическое движение заканчивается фиксацией взгляда — именно во время нее происходит восприятие информации [9, 10]. Цветность, контрастность и другие условия могут значительно усложнить оценку показаний пилотажных приборов, что и повлияло на выбор стимульного материала для проведения исследования [11].

Сбор полученных данных и статистическая обработка выполнены в программах Microsoft Excel 2010 и IBM SPSS Statistics 26.0. с использованием непараметрического *U*-критерия Манна–Уитни для несвязанных выборок.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выявлено, что при решении таблиц Шульте операторы выполняли на 21,7 % меньше фиксаций взгляда, чем при решении таблиц Шульте–Горбова (табл. 1). Среднее время, затраченное на выполнение таблиц, также имеет статистически значимые различия. На решение таблиц Шульте уходило в среднем на 20,3 % меньше времени. При этом, если по формуле скорости посчитать среднее количество зрительных фиксаций за 1 с, интересно

14	18	7	24	21
22	1	10	9	6
16	5	8	20	11
23	2	25	3	15
19	13	17	12	4

Рис. 1. Вариант таблицы Шульте

8	20	16	10	3
2	13	22	5	14
15	6	24	17	11
9	21	18	1	7
19	4	25	23	12

Рис. 2. Вариант таблицы Шульте–Горбова

Таблица. Средние значения показателей при решении таблиц Шульте и Шульте–Горбова

Стимульный материал	Количество зрительных фиксаций	U-критерий	Время, с	U-критерий
Таблицы Шульте	132,1 ± 26,9	240,0 ($p < 0,01$)	35,0 ± 7,4	238,0 ($p < 0,01$)
Таблицы Шульте–Горбова	168,7 ± 46,9		43,9 ± 12,3	

отметить, что при решении черно-красных таблиц она будет составлять 3,84 з.ф./с, а при решении таблиц Шульте — 3,77 з.ф./с. В итоге хаотичность распределения внимания при смене цветовой схемы стимульного материала выше, а результативность существенно ниже. Полученные данные подтверждают современные представления о влиянии условий восприятия информации на его качество. Так, в литературе существует понятие о RGB-модели: чем выше контраст, тем хуже восприятие. Характеристика передачи полутонов должна быть линейна, и перепады насыщенности цвета не должны быть резкими для лучшей фиксации зрительного анализатора. В случае, когда этот параметр гамма-коррекции меньше единицы, улучшается распознавание деталей [12]. Данный феномен также можно связать с привычностью восприятия информации, отображаемой «черным по белому» [13].

Обнаружена тенденция, показывающая, что поиск цифровых значений, представленных в таблицах Шульте–Горбова на красном фоне, осуществлялся операторами быстрее, чем на черном фоне. В среднем желтые цифры на красном фоне находились добровольцами с выполнением $6,3 \pm 2,5$ фиксаций взора за $1,6 \pm 1,5$ с, в то время как на черном фоне с $7,2 \pm 2,7$ фиксациями за $1,8 \pm 1,5$ с. В данном случае, возможно, превалирует влияние именно красного фона стимульного материала. Психологи связывают это с эмоциональной реакцией на цвет, которая зависит не только от физиологических особенностей организма, но и от жизненного опыта. В ряде источников красный цвет активно-наступательного характера, оказывающий стимулирующее воздействие на мозг. Благодаря своему мощному воздействию на нервную систему красный побуждает операторов к быстрым решениям [13].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Военная психофизиология / под ред. В.Н. Сысоева. Учебник в 2 т. Т. 1. СПб.: ВМедА, 2017. 320 с.
2. Пономаренко В.А. Авиация. Человек. Дух. М.: ИП РАН «Универсум», 1998.
3. Благинин А.А. Психофизиологическое обеспечение надежности профессиональной деятельности операторов сложных эргатических систем. Дис. ... докт. психол. наук. СПб., 2006.
4. Жданько И.М., Благинин А.А., Чистов С.Д., Ляшедько С.П. Анализ авиационных происшествий по причине нарушения пространственной ориентировки и иллюзий пространствен-

ВЫВОДЫ

1. При решении черно-красных таблиц Шульте–Горбова в среднем операторы выполняют на 21,7 % больше зрительных фиксаций и затрачивают на 20,3 % больше времени, чем при выполнении таблиц Шульте с белым фоном.

2. В среднем цифры на красном фоне находились операторами быстрее с выполнением $6,3 \pm 2,5$ фиксаций взора за $1,6 \pm 1,5$ с, в то время как на черном фоне с $7,2 \pm 2,7$ фиксациями за $1,8 \pm 1,5$ с.

Полученные данные подчеркивают эргономическую значимость выбора фона для отображения цифровой информации на приборной панели от скорости восприятия которой зависит успешность деятельности, а также жизнь и здоровье летчиков. Дальнейшее изучение данной темы может способствовать разработке предложений по эргономическому сопровождению летательных аппаратов, что в свою очередь поможет сохранить резервы внимания операторов в непрерывном потоке входящих данных.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Финансирование данной работы не проводилось.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБВОУ «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» (протокол № 40 от 12.03.2021).

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

ного положения за период 2009–2013 гг. // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2018. Т. 52, № 4. Р. 55–60. DOI: 10.21687/0233-528X-2018-52-4-55-60

5. Благинин А.А., Синельников С.Н. Объединение аппаратного комплекса «НС–Психотест» и стационарного айтрекинга «RED250Mobile eye tracking device» в единый инструмент изучения распределения внимания операторов: Усовершенствование способов и аппаратуры, применяемых в учебном процессе, медико-биологических исследованиях и клинической практике // Сборник изобретений и рационализаторских предложений. Вып. 51. СПб.: ВМедА, 2020. С. 6–7.

6. Благинин А.А., Синельников С.Н., Натуральников И.О., и др. Методика айтрекинга и перспективы ее использования в подготовке специалистов авиационной медицины // Известия Российской военно-медицинской академии. 2019. Т. 38, № 4. С. 56–58.
7. Глезер В.Д., Цуккерман И.И. Информация и зрение. М.; Л., 1961. 183 с.
8. Синельников С.Н., Натуральников И.О., Благинин А.А., Агаджанян О.С. Различия в восприятии цифровой информации операторов авиационного профиля в зависимости от степени экстраверсии // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2020. Т. 72, № 4. С. 76–81. DOI: 10.17816/brmma62809
9. Баженова О.А., Соболев А.Ф. Исследование саккад — метод экспресс-диагностики полей зрения // Известия Российской военно-медицинской академии. 2019. № 1 (S1). С. 31–34.

10. Барабанчиков В.А. Динамика зрительного процесса и скакадические движения глаз // Психологический журнал. 2018. Т. 39, № 1. С. 46–56. DOI: 10.7868/S0205959218010051
11. Ложкин Л.Д. Цвет, его измерение и восприятие // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2012. Т. 15, № 3. С. 110–122.
12. Хорунжий М.Д. Метод количественной оценки цветов различий при восприятии цифровых изображений // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2008. Т. 6, № 1. С. 81–89.
13. Сивик Л. Цветовое значение и измерения восприятия цвета. Исследование цветковых образцов. В кн.: Проблема цвета в психологии. М.: Наука, 1993. 95 с.

REFERENCES

1. Sysoev VN. ed. *Military psychophysiology*. Textbook in 2 t. T. 1. Saint Petersburg: VMedA Publisher; 2017. (In Russ.)
2. Ponomarenko VA. *Aviation. Human. Spirit*. Moscow: IP RAN "Universum" Publisher; 1998. (In Russ.)
3. Blagin AA. *Psikhofiziologicheskoye obespecheniye nadezhnosti professional'noy deyatel'nosti operatorov slozhnykh ergaticheskikh sistem* [dissertation]. Saint Petersburg; 2006. (In Russ.)
4. Zhdan'ko IM, Blagin AA, Chistov SD, Lyashed'ko SP. Analysis of aviation accidents in consequence of spatial disorientation and positional illusions over the period of 2009–2013. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*. 2018;52(4):55–60. (In Russ.) DOI: 10.21687/0233-528X-2018-52-4-55-60
5. Blagin AA, Sinelnikov SN. Combining the hardware complex "NS-Psychotest" and stationary eye tracking "RED250Mobile eye tracking device" into a single tool for studying the distribution of operators' attention: Improvement of methods and equipment used in the educational process, biomedical research and clinical practice. *Collection of inventions and rationalization proposals*. Issue 51. Saint Petersburg: VMedA Publisher; 2020. P. 6–7. (In Russ.)
6. Blagin AA, Sinelnikov SN, Naturalnikov IO, et al. Methods of eye tracking and prospects of using it for the training of aviation medicine specialists. *Izvestia of the Russian Military Medical Academy*. 2019;38(4):56–58. (In Russ.)
7. Glezer VD, Zukkerman II. *Information and vision*. Moscow; Leningrad; 1961. (In Russ.)
8. Sinelnikov SN, Naturalnikov IO, Blagin AA, Agadzhanyan OS. Differences in the perception of digital information of aviation operators depending on the degree of extraversion. *Vestnik Rossiyskoy voyenno-meditsinskoy akadtmii*. 2020;72(4):76–81. (In Russ.) DOI: 10.17816/brmma62809
9. Bazhenova OA, Sobolev AF. Research of saccades – a method of express-diagnostics of visual fields. *Izvestia of the Russian Military Medical Academy*. 2019;1(S1):31–34. (In Russ.)
10. Barabanshchikov VA. Dynamics of the visual process and saccadic eye movements. *Psychological Journal*. 2018;39(1):46–56. (In Russ.) DOI: 10.7868/S0205959218010051
11. Lozhkin LD. Color, its measurement and perception. *Physics of Wave Processes and Radio Systems*. 2012;15(3): 110–122. (In Russ.)
12. Khorunzhiy MD. Method of scoring color difference in digital image sensing. *Vestnik Novosibirsk state university*. Series: Information Technologies. 2008;6(1):81–89. (In Russ.)
13. Sivik L. Color Meaning and Measurements of Color Perception. A Study of Color Samples. In: *The Problem of Color in Psychology*. Moscow: Nauka Publisher; 1993. (In Russ.)

ОБ АВТОРАХ

***Оганес Суменович Агаджанян**, курсант;
адрес: Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2836-3466>;
eLibrary SPIN: 1144-8363; e-mail: Ogan.es.vmeda@yandex.ru

Илья Олегович Натуральников, адъюнкт;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5627-7709>;
eLibrary SPIN: 1144-8363; e-mail: ilya.naturalnikov@yandex.ru

AUTHORS INFO

***Oganec S. Agadzhanyan**, cadet;
address: 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, 194044, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2836-3466>;
eLibrary SPIN: 1144-8363; e-mail: Oganec.vmeda@yandex.ru

Il'ya O. Natural'nikov, adjunct;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5627-7709>;
eLibrary SPIN: 1144-8363; e-mail: ilya.naturalnikov@yandex.ru