

УДК 629.5.058.74

DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-2-30-40

Влияние различных типов информационных дисплеев на работоспособность авиационных специалистов в эргатических системах

А.Е. Булатова¹, Е.А. Бузаева¹, Д.А. Евсевичев¹

¹Ульяновский институт гражданской авиации
им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, г. Ульяновск, Россия

Аннотация: В авиации последнего десятилетия более 70 % всех авиационных событий происходит под влиянием человеческого фактора, при этом уменьшение авиационной аварийности должно обеспечиваться с сохранением психо-психического здоровья авиационного персонала. Одним из возможных функциональных нарушений в состоянии организма человека является утомление, подробно изучаемое специалистами Международной организации гражданской авиации и описываемое в изданиях руководства по надзору за использованием механизмов контроля утомления. Данное состояние может возникнуть вследствие продолжительной работы авиационных специалистов, чья деятельность, как правило, связана с использованием информационных дисплеев. Являясь ценным ресурсом, в рамках профессиональной компетенции они позволяют им качественно выполнять свои обязанности. Тем не менее дисплеи, отличаясь по разнообразным характеристикам, включая тип матрицы, разрешение и диагональ экрана, оказывают разное влияние на работоспособность и формирование усталости у авиационного специалиста. В данной работе с помощью программного продукта, разработанного нами на языке C# в среде Unity3D, и методики оценки скорости реакции после серии экспериментов были получены эмпирические данные в виде средних значений качества выполнения тестов в зависимости от типа дисплея и его соответствующих характеристик. Это позволило сделать вывод о том, что применение LCD-дисплеев с матрицей IPS и большей диагональю экрана является более предпочтительным. Однако стоит обратить внимание и на современные LED-дисплеи, которые характеризуются более яркими и насыщенными цветами изображения по сравнению с вышеупомянутыми ЖК-дисплеями, что может быть применимо для конкретных задач авиационного персонала.

Ключевые слова: авиационный персонал, дисплей, работоспособность, утомление.

Для цитирования: Булатова А.Е., Бузаева Е.А., Евсевичев Д.А. Влияние различных типов информационных дисплеев на работоспособность авиационных специалистов в эргатических системах // Научный Вестник МГТУ ГА. 2022. Т. 25, № 2. С. 30–40. DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-2-30-40

Influence of various types of information displays on the work capacity of aviation specialists in ergatic systems

A.E. Bulatova¹, E.A. Buzaeva¹, D.A. Evsevichev¹

¹Ulyanovsk Civil Aviation Institute named after Air Chief Marshal B.P. Bugaev
Ulyanovsk, Russia

Abstract: Over the past decade more than 70% of all the aviation events have occurred due to the impact of a human factor, meanwhile the reduction of all emergencies should be ensured maintaining the neuro-mental health of aviation personnel. One of the possible functional disorders in the state of the human body is fatigue, which is studied in detail by the International Civil Aviation Organization specialists and described in the publications of the supervision manual over the use of fatigue control mechanisms. Fatigue can result from the long-term work of aviation specialists, whose activities, as a rule, are associated with the use of digital information displays. Within the framework of professional competence, these displays, being a valuable resource, allow aviation staff to perform their duties competently. Nevertheless, displays, distinguishing in various characteristics such as a type of matrix, resolution and the screen diagonal, exert varied influence on the aviation specialist's working capacity and fatigue formation. Empirical data in the form of average values of the test execution quality, depending on the type of display and its appropriate characteristics, were obtained by means of the software application developed by our team in the C# language in the

Unity3D environment and the methodology to assess the reaction rates after a series of experiments. This allowed us to draw up a conclusion that the use of LCD screens with an IPS matrix and a larger screen diagonal is preferable. However, it is worth paying attention to the cutting-edge LED displays, which are characterized by brighter and more saturated colors of the image, in comparison with the mentioned LCD screens, which can be applicable for the specific tasks of aviation personnel.

Key words: aviation personnel, display, work capacity, fatigue.

For citation: Bulatova, A.E., Buzaeva, E.A. & Evsevichev, D.A. (2022). Influence of various types of information displays on the work capacity of aviation specialists in ergatic systems. Civil Aviation High Technologies, vol. 25, no. 2, pp. 30–40. DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-2-30-40

Введение

В авиационной среде множество факторов в рабочей обстановке и окружающих условиях приводит к утомлению, которое может в значительной степени снижать работоспособность персонала [1–4]. Применительно к отрасли авиации утомление – это физиологическое состояние пониженной умственной или физической работоспособности в результате группы факторов, которое может ухудшить активность и способность человека надлежащим образом исполнять служебные обязанности, связанные с обеспечением безопасности полетов¹.

Утомление может быть преходящим и кумулятивным. Как правило, преходящее утомление испытывается здоровым организмом после определенного временного периода работы, волнения или физического напряжения, что может быть снято путем единичного сна. Кумуляция утомления возникает при непродолжительном или запоздалом отдыхе вследствие чрезмерного объема и количества работы, волнения и физического напряжения без достаточно необходимой возможности восстановления сил организма².

К числу причин, способствующих аккумуляции утомления вследствие рабочей нагрузки у пилотов, следует отнести часы работы, время отдыха между полетными сменами и такие специфические факторы, как время начала предполетной подготовки, задержки с вылетом, метеорологические условия, качество и объем радиосвязи, турбу-

лентность атмосферы, личные проблемы, а также компоновку кабины воздушного судна³. Для специалистов-диспетчеров также можно отметить влияние на утомление таких факторов, как время работы и отдыха, объем радиообмена, личные факторы и компоновка рабочего места оператора [5].

Важным компонентом при формировании эргатических систем, то есть систем взаимодействия «человек – машина», являются не только средства управления, но и информационные дисплеи [6].

Пилотские кабины воздушных судов проектируются таким образом, чтобы члены летного экипажа могли осуществлять свою работу не только в нормальных, но и в критических условиях, например при пиковой рабочей нагрузке. Основная часть данных поступает через орган зрения, следовательно, ограничения зрения в части остроты, размеров и полей периферического зрения, а также цветоощущений должны рассматриваться в контексте доступа к визуальной информации внутри и за пределами кабины воздушного судна.

Очень важны расположение и работа органов управления и приборов, которые должны быть в пределах досягаемости экипажа и обеспечивать легкое считывание показаний. Это позволяет пилотам получать необходимую информацию без помех (сенсорное восприятие) и эффективно использовать все органы управления (функция исполнения).

Рабочая нагрузка диспетчеров обслуживания воздушного движения подвержена значительным колебаниям [7]. Она зависит от такой группы факторов, как интенсивность

¹ Doc 9966: Manual for the oversight of fatigue management approaches. 2nd ed. // ICAO, 2016. 202 p.

² Doc 8984: Manual of civil aviation medicine 3rd ed. // ICAO, 2012. 580 p.

³ Medical manual 12th ed. // IATA, 2020. 102 p.

воздушного движения, сложность маршрутов обслуживания воздушного движения, скорости отдельных воздушных судов и так далее. При выполнении работы от авиадиспетчеров требуются хорошая нервно-мышечная координация, достаточная острота зрения для чтения на расстоянии, а большое количество цветокодированной информации обуславливает необходимость хорошего цветовосприятия [8]. Как и диспетчерам обслуживания воздушного движения, так и пилотам требуется умение распределять свое внимание на выполнение нескольких задач одновременно [9].

В среде авиационных специалистов постоянно ведется работа по улучшению эксплуатируемых технических средств и включает в себя следующие мероприятия: совершенствуются кресла и оборудование для радиообмена, проводится модернизация приборов и индикаторов, включая информационные дисплеи.

Примерно 80 % полетной информации воспринимается пилотами визуально⁴. Более того, работа авиадиспетчеров и некоторых других специалистов напрямую связана с дисплеями. На сегодняшний день к основным существующим типам дисплеев относятся следующие [10].

1. ЭЛТ (CRT) – Cathode-Ray Tube – дисплей с электронно-лучевой трубкой.

2. ЖК (LCD) – Liquid Crystal Display – жидкокристаллический дисплей.

3. LED (OLED) – Organic Light-Emitted Diode – светодиодный дисплей с органическими светодиодами.

4. ELD (TFEL) – Electroluminescent Display (включая Thin Film Electroluminescent Display) – электролюминесцентный дисплей, включая дисплей тонкопленочного типа.

5. EPD – Electronic Paper Display – дисплей на базе электронной бумаги.

6. SED (FED) – Surface Conduction-electron Emitter Display (Field Emission Display) – дисплей с электронной эмиссией.

7. IMOD – Interferometric Modulator Display – дисплей на основе применения интерферометрической модуляции.

Как правило, в авиационной среде используются LCD-дисплеи. В небольшой части органов обслуживания воздушного движения еще имеются устаревшие CRT-мониторы. Они могут выполнять функцию отображения метеорологической обстановки или выступать в качестве резервного устройства. К основным LCD-мониторам, необходимым для работы авиадиспетчеров, относятся модели фирмы NEC, такие как SpectraView Reference 302 с диагональю 30', MultiSync PA302W с диагональю 29', MultiSync PA242W с диагональю 24.1', MultiSync 2190UXp с диагональю 21.3', MultiSync 175M с диагональю 17' [11].

Чаще всего кабина современного воздушного судна также оборудована LCD-дисплеями, однако здесь характеристики бортовых дисплеев или дисплейных модулей должны соответствовать ряду еще более жестких требований, связанных с особенностями эксплуатации, включая широкий температурный диапазон, наличие повышенной вибрации, изменение уровня давления воздуха в кабине, а также преломление и отражение солнечного света [12]. В кабинах могут устанавливаться различные дисплеи таких фирм, как Image Quest Technologies, Honeywell и MOOG Component Group, Arnav System, Rockwell Collins, а также Garmin.

Полная или частичная потеря работоспособности авиационным специалистом является признаком серьезного авиационного инцидента, что может представлять серьезную угрозу для обеспечения безопасности полетов⁵. Следовательно, крайне важно своевременно ее обнаружить, поэтому цель данной работы – определить зависимость работоспособности авиационного специалиста от такого внешнего фактора, как информационные дисплеи. Являясь источником всевозможной информации, дисплей позволяет авиационному персоналу выполнять различные функ-

⁴ Medical guide for pilots, fitness to fly // ICAO, 2018. 175 p.

⁵ Doc 9859: Safety management manual. 4th ed. // ICAO, 2018. 149 p.

пии. Существует большое множество дисплеев с различными характеристиками, следовательно, эффективность выполнения персоналом служебных функций также может отличаться в зависимости от применяемого типа монитора.

Для достижения цели были поставлены несколько задач, включая выбор методики проведения экспериментальной части; создание программного продукта, состоящего из специальных тестов, направленных на оценку уровня подготовки; проведение серии экспериментов с группой испытуемых; сбор и анализ полученных результатов исследования. Ожидается, что выполнение поставленных задач позволит определить зависимость и составить рекомендации для применения дисплеев с учетом повышения работоспособности авиационного персонала.

Методика исследования

К профессионально важным качествам, необходимым для успешной деятельности пилота или авиадиспетчера, можно отнести хорошую скорость реакции. Реакция на движущийся объект – разновидность сенсомоторной реакции, когда необходимо совершить движение в определенный момент времени, соответствующий положению движущегося объекта [13].

С учетом анализа литературных источников было установлено, что существует множество методик для оценки скорости реакции, при этом оценка результатов может происходить различным образом, включая вычисление средней величины ошибок запаздывания и упреждения, процента точных, упреждающих и запаздывающих реакций, а также среднеарифметического значения всех типов ошибок [14].

В данной работе использовался автоматизированный вариант оценки реакции человека на движущийся объект. Нами был написан специализированный программный продукт на языке C# в среде разработки Unity3D. Подобное тестирование является неотъемлемой частью программы прохождения врачебно-

летной экспертной комиссии, регламентируется требованиями Федеральных авиационных правил⁶ и используется при оценке уровня подготовки будущих авиационных специалистов.

В исследовании приняли участие пять человек в возрасте 20 лет. Все участники имели нормальное зрение, проблемы с цветовым восприятием отсутствовали. Суть исследования заключалась в том, чтобы отобразить зависимость работоспособности авиационного персонала от типов информационного дисплея. Расстояние между дисплеями и участниками эксперимента было одинаковым и составляло 60 см. Количество повторений в попытках испытуемых равнялось 20. Участникам перед началом серии экспериментов давалась установка исключительно на точность реагирования, таким образом, при выполнении тестов преждевременность или запаздывание реакции были произвольными. При этом нарастание количества преждевременных реакций говорит о состоянии повышенной возбудимости, а увеличение числа запаздывающих реакций является признаком преобладания процессов торможения в центральной нервной системе. Преобладание точных ответов свидетельствует об уравновешенных основных нервных процессах [15]. Алгоритм работы программы по описанной методике представлен на рис. 1, а интерфейс программы тестирования показан на рис. 2.

Тестирование в программе представляет собой методику, предназначенную для оценки точности динамического глазомера и баланса основных нервных процессов. В тесте 1 по центру экрана располагается цель – круг красного цвета. Испытуемому предлагается остановить движущийся прямолинейно по экрану слева направо объект в виде вертикальной черты синего цвета в момент пересечения с целью. Место появления объекта на

⁶ Федеральные авиационные правила «Медицинское освидетельствование летного, диспетчерского состава, бортпроводников, курсантов и кандидатов, поступающих в учебные заведения гражданской авиации», приказ МИНТРАНСА от 22.04.2002, № 50, 2002. 109 с.

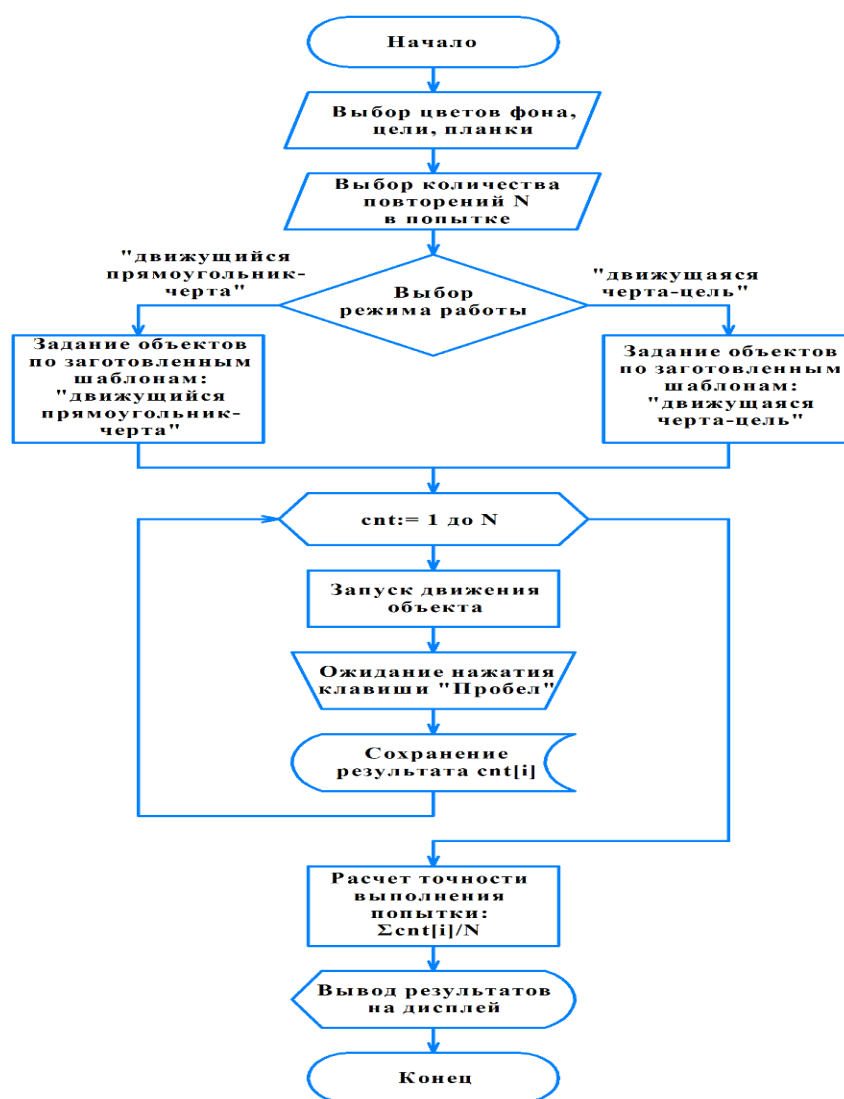


Рис. 1. Алгоритм методики тестирования
Fig. 1. Algorithm of the test methodology

экране и начало его движения задаются автоматически, а отклик (остановка планки) осуществляется с помощью клавиши «пробел» на клавиатуре. В тесте 2 была поставлена аналогичная задача, но в качестве движущегося объекта выступал прямоугольник, а в качестве цели – вертикальная черта. В обоих тестах программа считает отклонение остановленного движущегося объекта от центрального положения цели. Значение берется по модулю и переводится в проценты, где 100 % соответствуют точному попаданию в цель, а 0 – непопаданию в цель.

Требования, предъявляемые к дисплеям, используемым на рабочем месте, описаны в

нормативных документах^{7,8,9}. Два описанных теста на скорость реакции выполнялись групп-

⁷ ГОСТ Р 29.05.008-96 Система стандартов эргономических требований и эргономического обеспечения. Рабочее место диспетчера служб управления воздушным движением. Общие эргономические требования. М.: Госстандарт России, 1996. 15 с.

⁸ ГОСТ Р ИСО 9241.3-2003 Эргономические требования при выполнении офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (ВДТ). Часть 3. Требования к визуальному отображению информации. М.: Госстандарт России, 2003. 39 с.

⁹ ГОСТ Р ИСО 9241.8-2007 Эргономические требования при выполнении офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (ВДТ). Часть 8. Требования к отображаемым цветам. М.: Госстандарт России, 2008. 28 с.

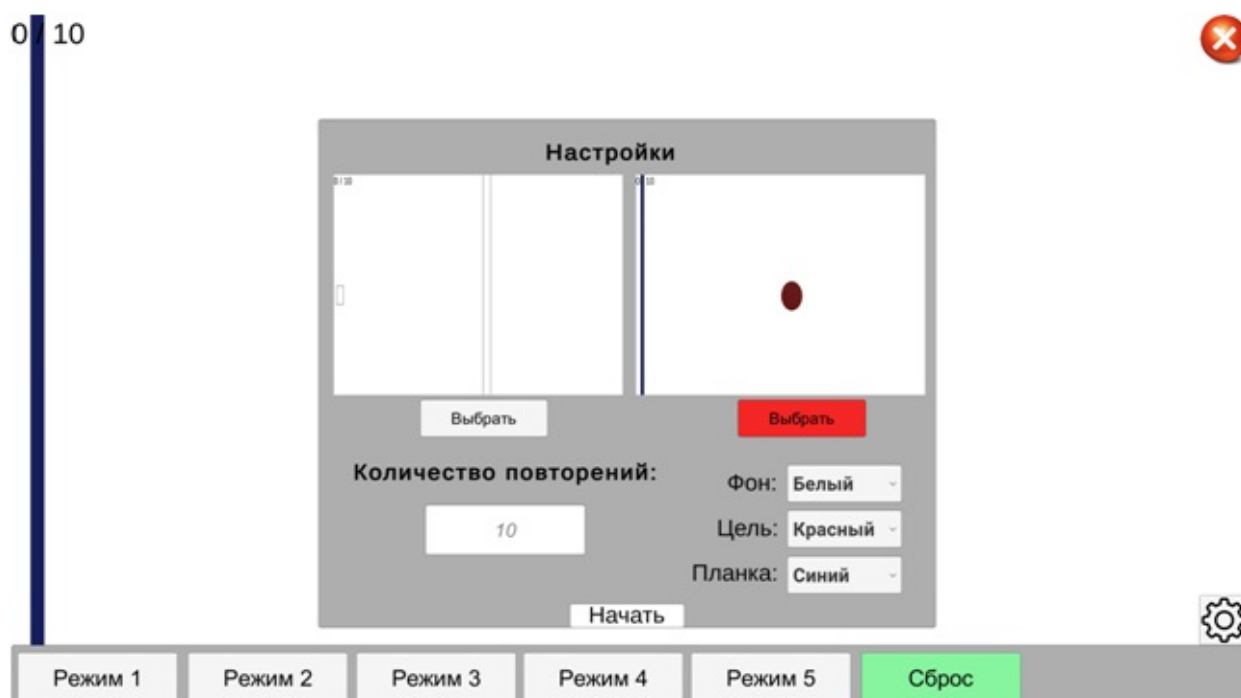


Рис. 2. Интерфейс программы тестирования
Fig. 2. Interface of the test program

Таблица 1
Table 1

Характеристики дисплеев, используемых в серии экспериментов
Displays performance used in the experiment series

Характеристики дисплея	Номер дисплея			
	1	2	3	4
Тип матрицы	LCD (IPS)	LCD (IPS)	LED	LCD (тип TN)
Диагональ экрана (дюйм)	15,6	13,3	32,0	32,0
Разрешение	1920 × 1080	1920 × 1080	1920 × 1080	1440 × 900
Частота обновления (Гц)	59	59	60	75

пой испытуемых на различных типах информационных дисплеев с отличающимися характеристиками, отображенными в табл. 1. Все типы дисплеев, используемые в серии экспериментов, соответствуют нормативным требованиям, исключая дисплей 2 с худшими характеристиками.

Стоит отметить, что в программе реализована возможность изменения цветов фона, цели и планки. Данная особенность будет актуальна при исследовании цветовой чувствительности испытуемого, но для текущего

эксперимента параметры для всех испытуемых были выбраны одинаковые.

Результаты серии экспериментов

Фрагмент результатов эксперимента на дисплее 1 из серии экспериментов на четырех типах дисплеев представлен в табл. 2. Аналогично были получены и сгруппированы данные по остальным типам дисплеев. Как уже отмечалось, количество повторений в попыт-

Таблица 2
Table 2

Результаты эксперимента с использованием дисплея 1
The experiment results using display №1

Тест на реакцию 1					
Номер испытуемого	Номера попыток				Среднее значение, %
	1	2	3	4	
1	74,70	82,35	76,80	81,60	78,86
2	85,30	86,55	82,55	84,15	84,64
3	82,05	86,20	84,10	83,05	83,85
4	73,17	78,55	72,25	77,70	75,42
5	78,60	70,10	78,00	70,05	74,19
Тест на реакцию 2					
Номер испытуемого	Номера попыток				Среднее значение, %
	1	2	3	4	
1	79,45	78,55	86,90	81,55	81,61
2	80,35	82,95	82,55	86,15	83,00
3	83,55	74,45	80,45	88,05	81,63
4	81,40	85,70	80,45	86,80	85,59
5	71,10	77,45	81,90	71,35	75,45

Таблица 3
Table 3

Средние значения качества выполнения тестов в зависимости от типа дисплея
Average values of the test execution quality depending on the type of display

Тип дисплея	Тест 1	Тест 2	Общее среднее значение, %
LCD (IPS), 15,6'	82,69	82,96	82,83
LCD (IPS), 13,3'	78,55	70,96	74,76
LED, 32,0'	80,87	80,35	80,61
LCD (TN), 32,0'	77,14	77,40	77,27

ках испытуемых равнялось 20. Итоговый результат каждой попытки высчитывался как среднее арифметическое значение.

Средние значения качества выполнения тестов, выраженные в процентах, в зависимости от типа информационного дисплея показаны в табл. 3.

Зависимость качества выполнения тестов от типа используемого информационного дисплея показана на рис. 3.

Обсуждение полученных результатов

В результате серии экспериментов было установлено следующее.

1. Наибольший процент качества выполнения тестов был отмечен на LCD-дисплее с матрицей IPS-типа с диагональю экрана 15,6'.

2. При увеличении диагонали экрана среди LCD (IPS) дисплеев качество выполнения тестов возрастает. Тем не менее увеличение диагонали экрана может быть актуальным лишь до определенных пределов, так как далее начинается процесс рассеяния внимания авиационного специалиста, что подтверждают результаты дисплеев 1 и 3. Наиболее оптимальным средним значением диагонали можно считать 20' (модели MultiSync RA242W 24.1', MultiSync 2190UXp 21.3', применяемые на рабочих местах авиадиспетчеров в центрах обслуживания воздушного

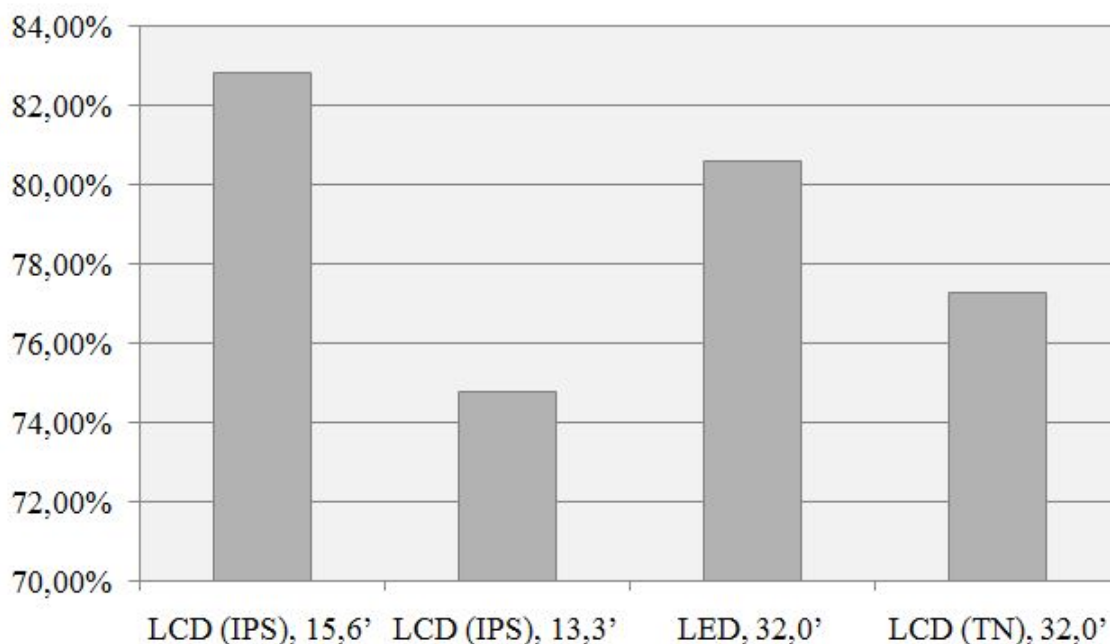


Рис. 3. Зависимость качества выполнения тестов от типа информационного дисплея
Fig. 3. Dependence of the test execution quality on the type of information display

движения). Увеличение диагонали экрана на рабочем месте пилота может быть неактуальным в связи с особенностями размеров и компоновки кабины воздушного судна.

3. Разрешение экрана у первых трех типов экранов больше, чем у четвертого, и практически во всех экспериментах качество выполнения тестов у LCD (TN) дисплея было хуже, несмотря на наибольшее значение частоты обновления среди остальных дисплеев.

4. При равной диагонали экрана (32,0') преимущество у LED-дисплеев, так как в данном случае качество выполнения заданий выше, чем у LCD-дисплеев.

Заключение

Исходя из полученных результатов, стоит отметить, что применяемые информационные дисплеи оказывают непосредственное влияние на деятельность авиационных специалистов, при этом использование LCD-дисплеев с матрицей IPS и большей диагональю экрана является более предпочтительным. Тем не менее наиболее оптимальным средним значением диагонали можно считать 20'. Также

стоит обратить внимание и на LED-дисплеи, которые характеризуются более яркими и насыщенными цветами изображения по сравнению с ЖК-дисплеями, что может быть применимо для конкретных задач авиационного персонала, например в деятельности службы авиационной безопасности при проверке багажа, грузов и почты. Несмотря на учет в нормативных документах яркостных показателей, контрастности, угла обзора и других характеристик, следует оценивать и учитывать технологию изготовления экрана, которая определяет время отклика, разрешение и однородность структуры.

Список литературы

1. Banks S. Effects of fatigue on teams and their role in 24/7 operations / S. Banks, L.B. Landon, J. Dorrian, L.B. Waggoner, S.A. Centofanti, P.G. Roma, P.A. Van Dongen Hans [Электронный ресурс] // Sleep Medicine Reviews. 2019. Vol. 48. ID: 101216. DOI: 10.1016/j.smrv.2019.101216 (дата обращения: 25.11.2021).
2. Abd-Elfattah H.M., Abdelazeim F.H., Elshennawy S. Physical and cognitive conse-

quences of fatigue: A review // Journal of Advanced Research. 2015. Vol. 6, iss. 3. Pp. 351–358. DOI: 10.1016/j.jare.2015.01.011

3. **Wingelaar-Jagt Y.Q.** Fatigue in aviation: Safety risks, preventive strategies and pharmacological interventions / Y.Q. Wingelaar-Jagt, T.T. Wingelaar, W.J. Riedel, J.G. Ramaekers [Электронный ресурс] // Frontiers in Physiology. 2021. Vol. 12. ID: 712628. DOI: 10.3389/fphys.2021.712628 (дата обращения: 25.11.2021).

4. **Honn K.A., Van Dongen Hans P.A., Dawson D.** Working time society consensus statements: Prescriptive rule sets and risk management-based approaches for the management of fatigue-related risk in working time arrangements // Industrial Health. 2019. Vol. 57. Pp. 264–280. DOI: 10.2486/indhealth.SW-8

5. **Göker Z.** Fatigue in the aviation: An overview of the measurements and countermeasures // Journal of Aviation. 2018. Vol. 2, iss. 2. Pp. 185–194. DOI: 10.30518/jav.451741

6. **Miller M., Holley S.** Air traffic controller resource management: An approach for reducing cognitive loading and increasing situational awareness // Advances in Human Aspects of Transportation. AHFE 2021. Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Vol. 270. Pp. 535–542. DOI: 10.1007/978-3-030-80012-3_61

7. **Евстигнеев Д.А., Торосян А.А.** Феномены эмоциональной напряжённости и устойчивости при управлении воздушным движением. В сборнике научных статей: Психологические исследования в Ульяновском институте гражданской авиации / Под ред. Д.А. Евстигнеева. Ульяновск: УИ ГА, 2020. С. 71–82.

8. **Евстигнеев Д.А.** Авиационная психология: учебник для вузов. В 2-х тт. Т. 2. Ульяновск: УВАУГА (И), 2012. 220 с.

9. **Солдатов С.К.** Профессионально важные качества операторов управления воздушным движением / С.К. Солдатов, К.И. Засядько, А.В. Богомолов, А.П. Вонаршенко, А.В. Соломка // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2017. № 1 (51). С. 30–34. DOI: 10.21687/0233-528X-2017-51-1-30-34

10. **Булатова А.Е.** Разработка программы для расчета яркостных характеристик ин-

дикаторных устройств на рабочем месте авиадиспетчера / А.Е. Булатова, Д.А. Евсевичев, О.В. Максимова, М.К. Самохвалов // Радиоэлектронная техника. 2020. № 1 (13). С. 202–206.

11. **Булатова А.Е., Введенский А.В.** Применимость информационных дисплеев на рабочих местах авиационных специалистов // Интеграция науки, общества, производства и промышленности: проблемы и перспективы: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 29 мая 2021 г. С. 89–91.

12. **Brezonakova A.** The effects of back lit aircraft instrument displays on Pilots fatigue and performance / A. Brezonakova, I. Skvarekova, P. Pecho, R. Davies, M. Bugaj, B. Kandra // Transportation Research Procedia. 2019. Vol. 40. Pp. 1273–1280. DOI:10.1016/j.trpro.2019.07.177

13. **Халфина Р.Р., Галин М.Р., Минуллин А.З.** Психофизиологические особенности сенсомоторных качеств сотрудников, обеспечивающих государственную защиту // Успехи современного естествознания. 2014. № 11-3. С. 99–102.

14. **Полевщиков М.М., Дорогова Ю.А., Роженцов В.В.** Оценка реакции на движущийся объект [Электронный ресурс] // Электронный научно-образовательный Вестник «Здоровье и образование в XXI веке». 2017. Т. 19, № 7. С. 34–36. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-reaktsii-na-dvizhuschiysya-obekt/viewer> (дата обращения: 25.11.2021).

15. **Смирнова Т.М.** Система оценки психической работоспособности как важного показателя здоровья / Т.М. Смирнова, А.Ф. Быстрицкая, В.Н. Крутько, В.С. Морозов // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2005. Т. 13. С. 170–194.

References

1. **Banks, S., Landon, L.B., Dorrian, J., Waggoner, L.B., Centofanti, S.A., Roma, P.G. & Van Dongen Hans, P.A.** (2019). *Effects of fatigue on teams and their role in 24/7 opera-*

tions. *Sleep Medicine Reviews*, vol. 48. ID: 101216. DOI: 10.1016/j.smrv.2019.101216 (accessed: 25.11.2021).

2. **Abd-Elfattah, H.M., Abdelazeim, F.H. & Elshennawy, S.** (2015). *Physical and cognitive consequences of fatigue: A review*. *Journal of Advanced Research*, vol. 6, issue 3, pp. 351–358. DOI: 10.1016/j.jare.2015.01.011

3. **Wingelaar-Jagt, Y.Q., Wingelaar, T.T., Riedel, W.J. & Ramaekers, J.G.** (2021). *Fatigue in aviation: Safety risks, preventive strategies and pharmacological interventions*. *Frontiers in Physiology*, vol. 12, ID: 712628. DOI: 10.3389/fphys.2021.712628 (accessed: 25.11.2021).

4. **Honn, K.A., Van Dongen Hans, P.A. & Dawson, D.** (2019). *Working time society consensus statements: Prescriptive rule sets and risk management-based approaches for the management of fatigue-related risk in working time arrangements*. *Industrial Health*, vol. 57, pp. 264–280. DOI: 10.2486/indhealth.SW-8

5. **Göker, Z.** (2018). *Fatigue in the aviation: An overview of the measurements and countermeasures*. *Journal of Aviation*, vol. 2, issue 2, pp. 185–194. DOI: 10.30518/jav.451741

6. **Miller, M. & Holley, S.** (2021). *Air traffic controller resource management: An approach for reducing cognitive loading and increasing situational awareness*. *Advances in Human Aspects of Transportation. AHFE 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 270, pp. 535–542. DOI: 10.1007/978-3-030-80012-3_61

7. **Yevstigneev, D.A. & Torosyan A.A.** (2020). *Phenomena of emotional tension and stability in air traffic control*. V sbornike nauchnykh statey: Psikhologicheskkiye issledovaniya v Ulyanovskom institute grazhdanskoy aviatsii, in Yevstigneev D.A. (Ed.). Ulyanovsk: UIGA, pp. 71–82. (in Russian)

8. **Yevstigneev, D.A.** (2012). *Aviation psychology: a textbook for universities*. In two volumes. Volume 2. Ulyanovsk: UVAUGA, 220 p. (in Russian).

9. **Soldatov, S.K., Zasyadko, K.I., Bogomolov, A.V., Vonarshenko, A.P. & Sol-**

omka, A.V. (2017). *Professionally important skills of air traffic controllers*. *Aerospace and Environmental Medicine*, vol. 51, no. 1, pp. 30–34. DOI: 10.21687/0233-528X-2017-51-1-30-34 (in Russian)

10. **Bulatova, A.E., Evsevichev, D.A., Maksimova, O.V. & Samokhvalov, M.K.** (2020). *The development of a program for calculating the luminance characteristics of display devices at the air traffic controller's workplace*. *Radioelektronnaya tekhnika*, no. 1 (13), pp. 202–206. (in Russian)

11. **Bulatova, A.E. & Vvedenskii, A.V.** (2021). *The usage of informational displays at aviation specialists workplace*. *Integratsiya nauki, obshchestva, proizvodstva i promyshlennosti: problemy i perspektivy: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Volgograd, pp. 89–91. (in Russian)

12. **Brezonakova, A., Skvarekova, I., Pecho, P., Davies, R., Bugaj, M. & Kandra, B.** (2019). *The effects of back lit aircraft instrument displays on Pilots fatigue and performance*. *Transportation Research Procedia*, vol. 40, pp. 1273–1280. DOI: 10.1016/j.trpro.2019.07.177

13. **Khalfina, R.R., Galin, M.R. & Minulin, A.Z.** (2014). *Psychophysiological features of the sensorimotor qualities of employees providing state protection*. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya*, no. 11-3, pp. 99–102. (in Russian)

14. **Polevshchikov, M.M., Dorogova, Y.A. & Rozhentsov, V.V.** (2017). *Assessment of reaction to a moving object*. *Online Scientific & Educational Bulletin Zdorove i Obrazovanie v XXI veke*, no. 7, pp. 34–36. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-reaktsiina-dvizhuschiysya-obekt/viewer> (accessed: 25.11.2021). (in Russian)

15. **Smirnova, T.M., Bystritskaya, A.F., Krutko, V.N. & Morozov, V.S.** (2005). *The system for assessing mental performance as an important indicator of health*. *Proceedings of the Institute for Systems Analysis Russian Academy of Sciences*, no. 13, pp. 170–194. (in Russian)

Сведения об авторах

Булатова Анастасия Евгеньевна, аспирант кафедры авиационной техники Ульяновского института гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, bulatova26nastya@gmail.com.

Бузаева Елена Александровна, аспирант кафедры авиационной техники Ульяновского института гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, buzaeva6373@mail.ru.

Евсевичев Денис Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры авиационной техники Ульяновского института гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, denistk_87@mail.ru.

Information about the authors

Anastasia E. Bulatova, Postgraduate of the Aeronautical Equipment Chair, Ulyanovsk Civil Aviation Institute named after Air Chief Marshal B.P. Bugaev, bulatova26nastya@gmail.com.

Elena A. Buzaeva, Postgraduate of the Aeronautical Equipment Chair, Ulyanovsk Civil Aviation Institute named after Air Chief Marshal B.P. Bugaev, buzaeva6373@mail.ru.

Denis A. Evsevichev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Aeronautical Equipment Chair, Ulyanovsk Civil Aviation Institute named after Air Chief Marshal B.P. Bugaev, denistk_87@mail.ru.

Поступила в редакцию 27.12.2021
Принята в печать 24.03.2022

Received 27.12.2021
Accepted for publication 24.03.2022