

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЯРКОСТИ И ПУЛЬСАЦИИ ЭКРАНОВ МОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ, ИМЕЮЩИХ МАЛУЮ ДИАГОНАЛЬ ЭКРАНА

С. В. Маркелова, А. А. Татаринчик [✉], О. В. Иевлева

Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва, Россия

В настоящее время в действующих нормативно-методических документах отсутствует апробированный методический подход к гигиенической оценке яркости и пульсации мобильных электронных устройств (МЭУ) с малой диагональю экрана. Целью работы было адаптировать действующие методики измерения яркости и пульсации экранов электронных устройств, имеющих большую диагональ экрана, для гигиенической оценки яркости и пульсации экранов МЭУ, имеющих малую диагональ. Изучены конструктивные характеристики 100 МЭУ (смартфонов и планшетов), используемых студентами-медиками во время досуга и обучения, изучены пульсация и яркость их экранов. Выполнено анкетирование 173 студентов-медиков с использованием опросников, разработанных сотрудниками кафедры гигиены педиатрического факультета РНИМУ имени Н. И. Пирогова, проведена оценка остроты их зрения. Две трети студентов-медиков (67,5%) используют МЭУ с диагональю экрана больше средней (5,5–6,8 дюймов). Средняя яркость экрана каждого второго МЭУ составляет менее 50,0% от максимально возможной. Снижение яркости экрана МЭУ повышает коэффициент его пульсации (коэффициент ранговой корреляции Спирмена $-0,462 \pm 0,025$, $p \leq 0,05$), что может ухудшить условия зрительной работы. Три четверти студентов (76,0%) испытывают дефицит заряда аккумулятора в течение дня; каждый второй студент (52,2%) использует «темную» тему. На возникновение компьютерно-зрительного синдрома у студентов оказывают влияние малая диагональ экрана МЭУ (коэффициент сопряженности Пирсона $0,791 \pm 0,026$, $p \leq 0,05$) и его низкая яркость (коэффициент сопряженности Пирсона $0,781 \pm 0,027$, $p \leq 0,05$), что подтверждает положение санитарного законодательства о запрете использования смартфонов в образовательной деятельности для целей обучения. Использование предложенного методического подхода позволит повысить эффективность профилактики нарушения зрения у населения.

Ключевые слова: мобильные электронные устройства, смартфоны, планшеты, яркость экрана, пульсация экрана, методика измерения, гигиеническая оценка

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено этическим комитетом РНИМУ имени Н. И. Пирогова (протоколы № 203 от 20 декабря 2020 г. и № 209 от 28 июня 2021 г.). Исследование соответствовало требованиям биомедицинской этики и не подвергало опасности участников, для каждого участника было получено добровольное информированное согласие.

✉ **Для корреспонденции:** Андрей Александрович Татаринчик
ул. Островитянова, д. 1, г. Москва, 117997, Россия; this.charming.man@mail.ru

Статья получена: 24.07.2023 **Статья принята к печати:** 29.08.2023 **Опубликована онлайн:** 18.09.2023

DOI: 10.24075/rbh.2023.076

METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING BRIGHTNESS AND PULSATION OF SMALL-SIZED MOBILE ELECTRONIC DEVICE SCREENS

Markelova SV, Tatarinchik AA [✉], Ievleva OV

Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Today, the existing regulatory and methodological documents provide no approved methodological approach to hygienic assessment of brightness and pulsation of mobile electronic devices (MEDs) with a small screen. The study was aimed to customize the current procedures used to assess brightness and pulsation of electronic devices with a large screen for hygienic assessment of brightness and pulsation of the small-sized MED screens. The design characteristics of 100 MEDs (smartphones and tablets) used by medical students in their leisure time and during training were estimated; pulsation and brightness of the MED screens were studied. The questionnaire survey of 173 medical students was performed that involved the use of the questionnaire developed by members of the Department of Hygiene, Faculty of Pediatrics, Pirogov Russian National Research Medical University; the students' visual acuity was assessed. Two thirds of medical students (67.5%) use MEDs with the screen size exceeding the average (5.5–6.8 inches). The average brightness of every second MED is less than 50.0% of the highest possible brightness. The decrease in the MED screen brightness results in the increase of pulsation coefficient (Spearman's rank correlation coefficient -0.462 ± 0.025 , $p \leq 0.05$), which can worsen the conditions of visual work. Three quarters of students (76.0%) experience shortage of battery charge during the day; every second student (52.2%) uses the "dark" theme. The development of computer vision syndrome in students is influenced by the MED screen small size (Pearson's contingency coefficient 0.791 ± 0.026 , $p \leq 0.05$) and its low brightness (Pearson's contingency coefficient 0.781 ± 0.027 , $p \leq 0.05$), which confirms a sanitary legislation provision on prohibition of the use of smartphones in educational activities (for training). The use of the proposed methodological approach will make it possible to improve the efficiency of vision problem prevention in the population.

Keywords: mobile electronic devices, smartphones, tablets, screen brightness, screen pulsation, measurement technique, hygienic assessment

Author contribution: all authors made equal contributions to manuscript preparation.

Compliance with ethical standards: the study was approved by the Ethics Committee of the Pirogov Russian National Research Medical University (protocols № 203 of 20 December 2020 and № 209 of 28 June 2021). The study was in line with the principles of biomedical ethics and did not endanger the subjects; the informed consent was obtained for all study participants.

✉ **Correspondence should be addressed:** Andrey A. Tatarinchik
Ostrovityanov, 1, Moscow, 117997, Russia; this.charming.man@mail.ru

Received: 24.07.2023 **Accepted:** 29.08.2023 **Published online:** 18.09.2023

DOI: 10.24075/rbh.2023.076

В литературе имеются данные о влиянии на организм человека физических факторов, связанных с техническими характеристиками электронных устройств (ЭУ) [1, 2].

Ученые доказали, что быстрому утомлению зрительного анализатора способствует нерационально оформленный материал, воспроизводимый на экране ЭУ, а также другие технические характеристики ЭУ [3–7].

Наиболее доступными и распространенными средствами информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) являются мобильные электронные устройства (МЭУ — смартфоны, планшеты), имеющие существенные технические и аудиовизуальные отличия от стационарных ЭУ, особенности воздействия которых на организм изучены недостаточно.

Для снижения отрицательного воздействия ЭУ на здоровье нужны профилактические мероприятия, учитывающие разнообразие технических характеристик различных ЭУ [8, 9].

В действующих нормативно-методических документах отсутствуют методические приемы по регистрации и оценке яркости и пульсации экранов МЭУ, имеющих малую диагональ экрана.

Разработка методического подхода к оценке безопасности яркости и пульсации экранов МЭУ позволит обеспечить безопасные условия для выполнения зрительной работы и снизить распространенность функциональных нарушений и хронических заболеваний глаза среди населения.

Целью работы было адаптировать действующие методики измерения яркости и пульсации экранов ЭУ, имеющих большую диагональ экрана, для целей гигиенической оценки яркости и пульсации экранов МЭУ, имеющих малую диагональ.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В 2020–2021 учебном году выполнено анкетирование 173 студентов лечебного и педиатрического факультетов РНИМУ имени Н. И. Пирогова с использованием опросников, разработанных сотрудниками кафедры гигиены педиатрического факультета РНИМУ имени Н. И. Пирогова, имеющими следующие сертификаты специалиста: «Общая гигиена», «Гигиена детей и подростков», «Эпидемиология».

Изучены конструктивные характеристики 100 МЭУ (смартфонов и планшетов), используемых студентами-медиками для целей досуга и обучения, проведен анализ их технических характеристик, представленных производителями. Выполнены инструментальные исследования яркости (100 измерений) и пульсации их экранов (100 измерений). Исследование пульсации и яркости экранов МЭУ проводили в темное время суток или при экранированных оконных проемах, при включенном общем искусственном освещении.

Измерение яркости экрана МЭУ выполняли в соответствии с методикой [10], адаптированной под цели и задачи проводимого исследования. Исследование проводили с помощью яркомера «Аргус-02» (ФГБУ «ВНИИОФИ»; Россия) с измерительными преобразователями излучения, имеющими предел допускаемой погрешности средства измерения не более 10%. Прибор имел свидетельство о государственной поверке.

Измерение пульсации экрана МЭУ проводили с помощью люксметра-пульсметра ТКА ПКМ 08 (Научно-техническое предприятие «ТКА»; Россия) с измерительными

преобразователями излучения, имеющими предел допускаемой погрешности средства измерения не более 10%. Исследования выполняли в соответствии с методикой, представленной в руководстве по эксплуатации ТКА ПКМ 08, которая была адаптирована под цели и задачи проводимого исследования. Прибор имел свидетельство о государственной поверке средств измерений.

При проведении измерений пульсации экранов МЭУ находилось на поверхности стола. Пользователь занимал удобное положение и устанавливал комфортный для него уровень яркости экрана. Исследование выполняли в режиме работы с текстовым документом, открытым в привычном текстовом редакторе. При этом контролировали отсутствие на экране МЭУ тени от окружающих предметов, измерительного прибора и человека, проводящего измерения. Отдельно в протоколе отмечали цвет фона текстового редактора. Измеритель располагали на расстоянии 1–5 см от центра экрана. Регистрацию параметра проводили в течение 1 мин. Результат фиксировали в протоколе.

При измерении яркости экрана МЭУ объектив яркомера был экранирован от попадания в него постороннего света. При проведении измерений МЭУ находилось на поверхности стола. До проведения измерений был проведен контроль яркости рабочей поверхности стола на соответствие установленным требованиям безопасности [11]. В ходе измерения пользователь МЭУ устанавливал уровень яркости экрана на комфортную для него величину с учетом удобного положения тела и удаленности экрана от глаз. Объектив яркомера устанавливали на уровне глаз пользователя так, чтобы оптическая ось совпала с линией зрения. Пользователь открывал текст в привычном текстовом редакторе. Дополнительно фиксировали цвет фона текстового редактора. Итоговое среднее значение яркости экрана вычисляли как среднее арифметическое результатов трех прямых измерений.

Исследования проводили в учебной аудитории на кафедре гигиены педиатрического факультета РНИМУ имени Н. И. Пирогова, в которой студенты-медики использовали МЭУ для работы. Для приведения условий исследования к стандартным замеры выполняли в помещении, предназначенном для использования МЭУ в рабочем режиме, уровень освещенности в котором соответствовал гигиеническим требованиям, установленным для данного вида работ.

Измерение параметров освещенности в учебной аудитории выполняли при помощи люксметра ТКА ПКМ 43 («НТМ-Защита»; Россия), имеющего диапазон 10–200 000 лк с пределом допускаемой погрешности 8,0%. Прибор прошел поверку и имел свидетельство о государственной поверке средств измерений. Полученные в ходе измерения значения оценивали на соответствие установленным требованиям безопасности [11].

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета статистических программ Statgraphics (Statpoint Technologies; США), а также Microsoft Office Excel (Microsoft; США) и Statistica 13 PL (StatSoft; США). Применяли методы описательной статистики: средние арифметические (M), квадратические ошибки средних (m), средние квадратические отклонения (σ). Взаимосвязь между показателями изучали при помощи коэффициента сопряженности Пирсона (k), а также коэффициента ранговой корреляции Спирмена (r). В качестве критического уровня значимости принимали $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Средняя ($M \pm \sigma$) диагональ экрана МЭУ составила $5,6 \pm 0,1$ дюймов. В зависимости от диагонали экрана МЭУ были разделены на две группы — с меньшей диагональю экрана 4,7–5,4 дюймов (32,5%) и с большей диагональю экрана 5,5–6,8 дюймов (67,5%).

Небольшая диагональ экрана МЭУ затрудняла измерение его яркости и пульсации с использованием действующих нормативно-методических документов, что послужило основанием для адаптации методических приемов в соответствии с целями исследования.

Освещенность рабочей поверхности стола находилась в интервале от 300 до 500 лк, что соответствовало действующим требованиям безопасности для выполнения данного вида работ [11]. Коэффициент пульсации искусственных источников общего освещения не превышал 5%.

Средняя яркость экрана, установленная студентами-медиками на их МЭУ, оказалась равной $145,2 \pm 11,7$ кд/м², что составило менее 50,0% от 300–550 кд/м² (максимально возможной яркости, заявленной в технических характеристиках). Подобную яркость экрана регистрировали у каждого второго студента-медика ($59,0 \pm 3,0\%$). Средний коэффициент пульсации составил $8,2 \pm 1,5\%$.

Установлено, что снижение яркости экрана МЭУ повышает коэффициент его пульсации, что может ухудшить условия зрительной работы с МЭУ (коэффициент ранговой корреляции Спирмена $-0,462 \pm 0,025$, $p \leq 0,05$).

Лишь каждый четвертый студент (24,0%) отметил, что заряда аккумулятора ему хватает на целый день. Это заставляет студентов использовать приемы экономии заряда батареи МЭУ. Каждый второй студент-медик (52,2%) использует «темную» тему, в то время как остальные (47,8%) предпочитают «светлую».

Установлено, что на возникновение компьютерно-зрительного синдрома у студентов оказывают влияние малая диагональ экрана МЭУ (коэффициент сопряженности Пирсона $0,791 \pm 0,026$, $p \leq 0,05$) и его низкая яркость (коэффициент сопряженности Пирсона $0,781 \pm 0,027$, $p \leq 0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В инструкциях к МЭУ производители приводят данные о такой конструктивной характеристике, как измеряемая в дюймах диагональ экрана.

Две трети студентов-медиков (67,5%) имеют современные модели МЭУ, диагональ экрана обычно составляет 5,5–6,8 дюймов. Еще одной характеристикой экрана МЭУ является яркость. На смартфоне она по

умолчанию установлена на 100%, однако, поскольку такая яркость быстро снижает заряд аккумулятора, пользователи часто регулируют ее вручную и понижают. Так, более половины студентов-медиков ($59,0 \pm 3,0\%$) используют яркость экрана ниже 50,0% от заявленной производителем максимально возможной.

Как известно, исходя из физических закономерностей, между яркостью экрана и коэффициентом пульсации существует зависимость. В данном исследовании для описания зависимости использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r), поскольку распределение показателей отличалось от нормального. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена составил $-0,462 \pm 0,025$ ($p \leq 0,05$). Это свидетельствует о том, что применяемая (сниженная до 50% и менее) яркость экрана повышает коэффициент пульсации, что ухудшает условия зрительной работы с МЭУ.

Также характеристикой экрана смартфона является тема оформления: «светлая» или «темная». «Светлая» тема основана на положительном полярном контрасте — темный текст на светлом фоне; «темная» тема основана на отрицательном полярном контрасте — светлый текст на темном фоне. Тема, которая может быть установлена пользователем вручную, влияет на уровень заряда аккумулятора, экономя его. Кроме того, некоторым пользователям субъективно «темная» тема нравится больше. В настоящем исследовании зафиксировано субъективное предпочтение «темной» темы экрана каждым вторым студентом-медиком (52,2%).

Полученные данные согласуются с данными других исследователей, указывающих на наличие взаимосвязи между техническими характеристиками ЭУ, изображением, воспроизводимым на его экране, и нарушением здоровья пользователя [4, 5].

Наличие взаимосвязи между возникновением компьютерно-зрительного синдрома и малой диагональю экрана МЭУ (коэффициент сопряженности Пирсона $0,791 \pm 0,026$, $p \leq 0,05$) и низкой его яркостью (коэффициент сопряженности Пирсона $0,781 \pm 0,027$, $p \leq 0,05$) подтверждает обоснованность положения санитарного законодательства о запрете использования смартфона для целей обучения.

ВЫВОДЫ

Адаптация действующих методик измерения яркости и пульсации экранов ЭУ, имеющих большую диагональ, для целей гигиенической оценки экранов МЭУ, имеющих малую диагональ, позволит объективно оценить возможный риск нарушения зрения, эффективно контролировать уровень яркости и пульсации экранов МЭУ с малой диагональю, что будет способствовать профилактике нарушения зрения у населения.

Литература

1. Григорьев Ю. Г., Самойлов А. С., Бушманов А. Ю., Хорсева Н. И. Мобильная связь и здоровье детей: проблема третьего тысячелетия. Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2017; 62 (2): 39–46.
2. Еремин А. Л. Информационная гигиена: современные подходы к гигиенической оценке контента и физических сигналов носителей информации. Гигиена и санитария. 2020; 99 (4): 351–5.
3. Степанова М. И., Сазанюк З. И., Александрова И. Э., Лапонова Е. Д., Шлумкова Т. В. Гигиенические аспекты использования ноутбука в обучении младших школьников. Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2012; (1): 47–50.
4. Кучма В. Р., Янушанец О. И., Петрова Н. А. Научно-методические основы гигиенической оценки и экспертизы цифровых образовательных контентов. Гигиена и санитария. 2021; 100 (10): 1035–42.

5. Ушаков И. Б., Попов В. И., Скоблина Н. А., Маркелова С. В. Длительность использования мобильных электронных устройств как современный фактор риска здоровью детей, подростков и молодежи. *Экология человека*. 2021; (7): 43–50.
6. Скоблина Н. А., Шпаков А. И., Маркелова С. В., Обелевский А. Г., Кузнецов О. Е. Субъективная оценка студентами влияния факторов риска на зрение при использовании электронных устройств. *Здоровье населения и среда обитания* — ЗНиСО. 2020; (4): 48–51.
7. Скоблина Н. А., Попов В. И., Еремин А. Л., Маркелова С. В., Милушкина О. Ю., Обрубов С. А. и др. Риски развития болезней глаза и его придаточного аппарата у обучающихся в условиях нарушения гигиенических правил использования электронных устройств. *Гигиена и санитария*. 2021; 100 (3): 279–84.
8. Кучма В. Р., Текшева Л. М., Милушкина О. Ю. Методические подходы к гигиенической классификации технических средств обучения. *Гигиена и санитария*. 2008; (3): 53–5.
9. Кучма В. Р., Барсукова Н. К., Саньков С. В. Комплексный подход к гигиеническому нормированию использования детьми электронных средств обучения. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2020; 64 (3): 139–49.
10. ГОСТ Р 50949-2001 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности».
11. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: [санитарные правила и нормы: утв. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 2]. М.: ТЦ «Сфера», 2021; 110 с.

References

1. Grigoriev YuG, SamoiloV AS, Bushmanov AYU, Khorseva NI. Mobile communication and children's health: the problem of the third millennium. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2017; 62 (2): 39–46 (in Rus.).
2. Eremin AL. Information hygiene: modern approaches to the hygienic assessment of content and physical signals of information carriers. *Hygiene and Sanitation*. 2020; 99 (4): 351–5 (in Rus.).
3. Stepanova MI, Sazanyuk ZI, Alexandrova IE, Laponova ED, Shumkova TV. Hygienic aspects of using a laptop in teaching younger schoolchildren. *Questions of School and University Medicine and Health*. 2012; (1): 47–50 (in Rus.).
4. Kuchma VR, Yanushanets OI, Petrova NA. Scientific and methodological foundations of hygienic assessment and examination of digital educational content. *Hygiene and Sanitation*. 2021; 100 (10): 1035–42 (in Rus.).
5. Ushakov IB, Popov VI, Skoblina NA, Markelova SV. Duration of use of mobile electronic devices as a modern risk factor for the health of children, adolescents and youth. *Human Ecology*. 2021; (7): 43–50 (in Rus.).
6. Skoblina NA, Shpakov AI, Markelova SV, Obelevskiy AG, Kuznetsov OE. Subjective evaluation of effects of vision risk factors related to the use of electronic devices by students. *Public Health and Life Environment – PH&LE*. 2020; (4): 48–51 (in Rus.).
7. Skoblina NA, Popov VI, Eremin AL, Markelova SV, Milushkina OYu, Obrubov SA, et al. Risks of developing diseases of the eye and its accessory apparatus in students in conditions of violation of hygienic rules for the use of electronic devices. *Hygiene and Sanitation*. 2021; 100 (3): 279–84 (in Rus.).
8. Kuchma VR, Teksheva LM, Milushkina OYu. Methodological approaches to the hygienic classification of technical means of training. *Hygiene and Sanitation*. 2008; (3): 53–5 (in Rus.).
9. Kuchma VR, Barsukova NK, Sankov SV. An integrated approach to hygienic rationing of children's use of electronic learning tools. *Healthcare of the Russian Federation*. 2020; 64 (3): 139–49 (in Rus.).
10. GOST R 50949-2001 "Sredstva otobrazheniya informacii individual'nogo pol'zovaniya. Metody izmerenij i ocnki e'rgonomicheskix parametrov i parametrov bezopasnosti". (In Rus.).
11. SanPiN 1.2.3685-21 "Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya": [sanitarnye pravila i normy: utv. Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossijskoj Federacii ot 28.01.2021 № 2]. М.: TC "Sfera", 2021; 110 p. (in Rus.).