

Научная статья

## ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЯРКОСТИ ЭКРАНА ИНТЕРАКТИВНОЙ ПАНЕЛИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ РИСКА ОБЩЕГО И ЗРИТЕЛЬНОГО УТОМЛЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ

М.В. Айзярова, И.Э. Александрова, И.П. Лашнева, А.М. Курганский

Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей, Россия, 119991, г. Москва,  
Ломоносовский пр., 2, стр. 1

*Цифровая трансформация современного образования способствует активному внедрению в учебный процесс интерактивных панелей (ИП), заменяющих традиционные меловые доски. Минимизация возможных факторов риска при использовании ИП предполагает и необходимость учета визуальных характеристик ее экрана. На настоящий момент в научной литературе отсутствуют результаты подобных исследований.*

*Целью настоящей работы являлось обоснование оптимального диапазона яркости экрана ИП при ее использовании на уроке для профилактики возникновения общего и зрительного утомления школьников.*

*Проанализированы научные публикации, охватывающие исследования в области гигиены зрения, светотехники, технологии отображений и т.п.*

*Проведена серия замеров яркости и коэффициента пульсации экрана работающей ИП. Установлены диапазоны яркости экрана ИП, потенциально обуславливающие различные эффекты влияния на здоровье детей. С помощью специально разработанной анкеты изучены жалобы обучающихся четвертых классов общеобразовательных школ на общее и зрительное утомление, а также факторы, обусловленные работой ИП и негативно влияющие на самочувствие респондентов. Рассчитаны величины относительного риска – вероятности появления у школьников указанных жалоб в зависимости от параметров яркости экрана ИП.*

*Обоснован оптимальный диапазон величины яркости экрана ИП, при работе в режиме которого вероятность возникновения жалоб школьников на общее и зрительное утомление значимо меньше. Контроль и коррекция режима яркости интерактивной панели на уроке позволят снизить риски нарушения здоровья обучающихся.*

*Необходимо продолжение исследований по обоснованию оптимальных визуальных характеристик экрана интерактивных панелей на основе изучения показателей функционального состояния организма ребенка.*

**Ключевые слова:** профилактика, интерактивная панель, яркость экрана, коэффициент пульсации, жалобы, нарушение самочувствия, безопасные условия.

Цифровая трансформация современного образования способствует активному внедрению электронных устройств в учебный процесс, начиная с младших классов. Традиционные меловые доски повсеместно заменяют на цифровые модели. Последнее поколение электронных досок – интерактивная панель (ИП), представляющая собой самостоятельное устройство: сенсорный дисплей, который работает на собственном программном обеспечении.

Использование интерактивных панелей на уроках в современной школе становится рутинной

практикой. Учитывая, что панель – это электронное средство коллективного использования (для целого классного коллектива), все большее число школьников встречается с ней в процессе обучения.

Применение ИП предполагает наличие неоспоримых преимуществ в визуализации информации перед традиционными средствами обучения. Наряду с этим в современных научных исследованиях показано влияние использования электронных технологий на формирование нарушений зрения, функционирование нервной, сердечно-сосудистой систем и т.д. [1–13].

---

© Айзярова М.В., Александрова И.Э., Лашнева И.П., Курганский А.М., 2023

**Айзярова Марина Викторовна** – младший научный сотрудник лаборатории комплексных проблем гигиены детей и подростков (e-mail: 9855123020@mail.ru; тел.: 8 (495) 917-10-60; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0381-3253>).

**Александрова Ирина Эрнестовна** – доктор медицинских наук, заведующий лабораторией комплексных проблем гигиены детей и подростков (e-mail: accialex@yandex.ru; тел.: 8 (495) 917-10-60; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8664-1866>).

**Лашнева Ирина Павловна** – кандидат медицинских наук, лаборант-исследователь лаборатории комплексных проблем гигиены детей и подростков (e-mail: iplash@mail.ru; тел.: 8 (495) 917-48-31; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4115-2847>).

**Курганский Александр Михайлович** – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории комплексных проблем гигиенической оценки и экспертизы (e-mail: kurgansk@yandex.ru; тел.: 8 (495) 917-48-31; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7688-586X>).

Возрастает напряженность учебного процесса [14]. Электронные средства обучения способствуют повышению зрительной концентрации, существенно увеличивая длительность работы органа зрения. В ряде научных публикаций, касающихся эргономики в связи с электронными устройствами, в основном акцентируется внимание на гигиене зрительной работы [15–18]. В ранее проведенных исследованиях показано возникновение ряда жалоб на нарушение самочувствия; общее и зрительное утомление школьников и при использовании интерактивных панелей на уроке [19]. Кроме того, в литературе представлены данные, свидетельствующие о негативных изменениях параметров микроклимата в динамике уроков с применением ИП [20], неблагоприятной динамике умственной и зрительной работоспособности обучающихся при нерегламентированном использовании ИП на уроке [21]. По мере накопления опыта применения этих электронных средств в учебном процессе проведение исследований по изучению их влияния на организм школьника остается актуальным.

Среди приоритетных направлений изучения стоит вопрос оптимальных визуальных характеристик экрана ИП. Важными параметрами являются яркость экрана и пульсация яркости экрана панели, которая оказывает не менее негативное влияние на самочувствие и здоровье обучающегося, чем пульсация общей освещенности рабочего места, по той причине, что школьник вынужден внимательноглядеться и вчитываться в представляемую на панели информацию. Наличие пульсаций яркости, как правило, приводит к быстрой утомляемости органов зрения и отделов мозга, отвечающих за восприятие и анализ зрительной информации<sup>1</sup>. Существенно снизить коэффициент пульсации дисплея панели можно путем повышения яркости подсветки экрана. В свою очередь, слишком высокая яркость также оказывает неблагоприятное влияние на организм пользователя [22].

Поэтому одной из важных позиций в профилактике возникновения общего и зрительного утомления и риска переутомления школьников является использование ИП в оптимальном режиме яркости. Преимуществом интерактивной панели является

корректируемый режим яркости экрана в зависимости от условий освещения. Яркость экрана ИП может самостоятельно настраивать и регулировать в течение урока, например, педагог.

О своевременности исследования свидетельствуют результаты научных работ, охватывающих проблемы влияния экрана цифровых средств, в том числе яркости экрана, на самочувствие, зрение и т.п. пользователей. Однако эти данные касаются преимущественно экрана монитора, т.е. условия работы значительно отличаются от таковых при применении ИП. Кроме того, все исследования проведены со взрослыми испытуемыми [23–28].

С учетом вышеизложенного вопрос оптимальных визуальных характеристик экрана интерактивной панели при ее использовании на уроке, в частности параметров яркости, определяющих риски появления жалоб на нарушение самочувствия, является крайне актуальным.

**Цель исследования** – обоснование оптимального диапазона яркости экрана интерактивной панели при ее использовании на уроке для профилактики возникновения общего и зрительного утомления школьников.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- обосновать диапазоны яркости экрана ИП, потенциально обуславливающие различные эффекты влияния на самочувствие школьников;
- определить количество жалоб на нарушение самочувствия учащихся при работе с ИП в обоснованных диапазонах яркости;
- оценить риски возникновения жалоб школьников на общее и зрительное утомление в зависимости от различной яркости экрана интерактивной панели.

**Материалы и методы.** Были проведены замеры коэффициента пульсации от экрана и яркости экрана работающей ИП.

Измерения проведены в 30 школьных учебных кабинетах, оборудованных ИП марки Irbis. Измерения проводились согласно требованиям ГОСТ 33393-2015, ГОСТ 24940-2016, ГОСТ 26824-2018<sup>2</sup>. Для исключения влияния естественного освещения

<sup>1</sup> Пульсации освещённости и яркости [Электронный ресурс] // НОЧУ ДПО «ЭкоСфера». – URL: <https://ekosf.ru/stati/pulsacii/> (дата обращения: 12.09.2022).

<sup>2</sup> ГОСТ 33393-2015. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности: межгосударственный стандарт / принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации 12 ноября 2015 г. № 82-П; введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 ноября 2015 г. № 2079-ст с 01.01.2017 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127444> (дата обращения: 07.10.2022); ГОСТ 24940-2016. Методы измерения освещенности: межгосударственный стандарт / принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации 31 августа 2016 г. № 90-П; введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 октября 2016 г. № 1442-ст с 01.04.2017 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200140599> (дата обращения: 07.10.2022); ГОСТ 26824-2018. Методы измерения яркости: межгосударственный стандарт / принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации 20 декабря 2018 г. № 114-П; введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 апреля 2019 г. № 133-ст с 01.09.2019 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200164032> (дата обращения: 07.10.2022).

на результаты измерений исследования проводились в вечернее время суток, окна были оборудованы плотными затеняющими устройствами (рулонными шторами). Контрольные точки измерения располагались равномерно на всей рабочей поверхности ИП. Измерения проводились одномоментно двумя приборами: прибор комбинированный «eЛайт», исполнение 2, 63221-16; прибор комбинированный, тип ТКА-ПКМ (09). Диапазон измерения приборов: освещенность – (10...200 000) лк; коэффициент пульсации – (1...100) %, яркости – (10...200000) кд/м<sup>2</sup>; погрешность приборов – 8 %.

#### Этапы проведения измерений:

- санитарно-гигиеническая оценка учебных помещений (в плане создания оптимального светового режима);
- измерение уровня искусственной освещенности от системы общего освещения, измерение фонового освещения от естественных источников (окна);
- замеры яркости и коэффициента пульсации от экрана ИП.

На каждой ИП замеры проведены в 13 контрольных точках при настроенных значениях яркости от 25 до 155 кд/м<sup>2</sup> с шагом в 5 кд/м<sup>2</sup>. Всего было проведено 10 350 измерений яркости от экрана ИП и 10 350 измерений коэффициента пульсации от экрана ИП. Определены зависимости значений коэффициента пульсации от настроенной яркости экрана ИП, обоснованы диапазоны яркости экрана ИП.

Для оценки влияния применения ИП, работающей с различной яркостью экрана, на нарушение самочувствия детей изучили их жалобы.

Проведено медико-социологическое исследование 330 обучающихся четвертых классов двух городских общеобразовательных школ, функционирующих на основе типовых педагогических программ. Выбор указанной возрастной группы обусловлен тем, что ИП активно используются уже в младшей школе, учащиеся которой наиболее чувствительны к воздействию факторов риска. Использование интерактивных панелей на уроках осуществлялось максимально в соответствии с действующим санитарным законодательством. По завершении использования ИП выключалась или переводилась в «спящий» режим. Анкетирование проводилось в очном формате. Анкета включала вопросы, связанные: а) с выявлением факторов, обусловленных работой ИП, негативно влияющих на самочувствие респондентов; б) выявлением жалоб на возникновение общего и зрительного утомления обучающихся. Критериями включения испытуемых в исследование являлись следующие: обучение в четвертых классах образовательных организаций;

использование в учебном процессе ИП; наличие письменных информированных согласий от родителей на проведение исследований. Критерии исключения: выраженные нарушения зрения; несоответствие критериям включения.

Была проведена оценка количества жалоб школьников на общее и зрительное утомление, возникающее при работе ИП в разных (ранее обоснованных) диапазонах яркости экрана. Номинальные данные описывались с указанием абсолютных значений, процентных долей и границ 95%-ного доверительного интервала (ДИ), рассчитанного методом Уилсона с поправкой на непрерывность.

По принципам доказательной медицины установлены величины относительного риска – вероятности появления у школьников жалоб, связанных с общим и зрительным утомлением (исходов), в зависимости от параметров яркости экрана ИП (факторов риска)<sup>3</sup>. Различия между группами показателей оценивали путем расчета относительного риска с использованием четырехпольных таблиц сопряженности. После определения границ 95%-ного доверительного интервала (не включающего единицу) сравнивали значения относительного риска с единицей: выбирали значения более «1», считая, что фактор повышает частоту исходов. Рассчитали чувствительность и специфичность метода. Степень существенности вклада, вносимого фактором риска в увеличение частоты события, определили путем расчета этиологической составляющей (EF), выраженной в процентах. Для интерпретации величины относительного риска и этиологической составляющей, учитывая непрерывное и длительное воздействие обучения на организм школьника, использовали «Оценку степени причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой»<sup>4</sup>.

**Результаты и их обсуждение.** Все учебные кабинеты, оборудованные ИП марки Irbis, были идентичны по площади (49,0–52,0 м<sup>2</sup>). В качестве источника общего искусственного освещения применялись потолочные светильники со светодиодными лампами. Санитарно-гигиеническая оценка учебных помещений выявила отсутствие перегоревших ламп, равномерность расположения светильников, отсутствие загрязнений на приборах освещения, равномерность освещения рабочей поверхности ИП, наличие затеняющих устройств на окнах.

Определили, что фоновое естественное освещение составляло менее 10 % от общего искусственного освещения. Коэффициент пульсации от системы общего искусственного освещения в обследованных помещениях, оборудованных светильниками со светодиодными лампами, был равен  $2,1 \pm 0,8$  %.

<sup>3</sup> Библиотека постов MEDSTATISTIC об анализе медицинских данных. Словарь статистических терминов [Электронный ресурс] // Медицинская статистика. – URL: [http://medstatistic.ru/theory/relative\\_risk.html](http://medstatistic.ru/theory/relative_risk.html) (дата обращения: 30.09.2022).

<sup>4</sup> Профессиональный риск для здоровья работников: руководство / под ред. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова. – М.: Тривант, 2003. – 448 с.



Рис. Изменение коэффициента пульсации (%) от экрана ИП в зависимости от настроенной яркости экрана ИП (кд/м<sup>2</sup>)

Параметры яркости экрана экспериментальным путем были разделены на три диапазона.

Первый диапазон был получен с помощью серии замеров коэффициента пульсации от ИП в зависимости от увеличения яркости экрана ИП: постепенное повышение уровня яркости экрана панели сопровождалось скачкообразным изменением коэффициента пульсации (рисунок).

Согласно рисунку, при уровне яркости, равном 115 кд/м<sup>2</sup>, коэффициент пульсации достигал минимальных величин – приближался к 20 %, и далее при повышении яркости его величина практически не менялась. Кроме того, по отзывам педагогов, имеющих достаточный стаж и опыт работы с ИП, при настроенной яркости менее 115 кд/м<sup>2</sup> наблюдалось нечеткое, бледное изображение. Это позволило говорить о диапазоне менее 115 кд/м<sup>2</sup> как о «потенциально неоптимальном».

Согласно существующим в литературе данным, диапазон субъективной яркости, которую способен воспринимать глаз (яркостная адаптация – диапазон одновременно различных субъективных уровней яркости), составляет около 10–15 кд/м<sup>2</sup> [29, 30], т.е., диапазон от 115 кд/м<sup>2</sup>, расширенный на величину яркостной адаптации, можно гипотетически считать «потенциально оптимальным» – до 125–130 кд/м<sup>2</sup>. Вместе с тем, по отзывам педагогов, имеющих значительный стаж использования ИП, настроенная яркость ее экрана выше 125 кд/м<sup>2</sup> уже являлась «дискомфортной» для глаза, поэтому именно эту цифру и определили как верхнюю границу оптимального уровня яркости.

Таким образом, параметры яркости экрана были распределены на диапазоны: менее 115 кд/м<sup>2</sup>; 115–125 кд/м<sup>2</sup> и более 125 кд/м<sup>2</sup>.

Для обоснования оптимального уровня яркости экрана ИП на уроке изучили жалобы обучающихся в процессе ее использования. Школьники были разделены на три группы (90, 100 и 140 школьников), в каждой из которых учебный процесс проходил с использованием ИП, работающей в одном из указанных выше диапазонов яркости. Группы были близки по возрастно-половому составу и условиям обучения.

Планировалось изучение жалоб учащихся после работы с панелью в заданном режиме яркости в течение одной учебной недели. Однако появление значительного количества жалоб у детей при работе ИП в настроенных режимах яркости менее 115 кд/м<sup>2</sup> и более 125 кд/м<sup>2</sup> в самом начале исследования обусловило раннее ее прекращение в этих диапазонах и проведение анкетирования.

Работа с ИП в диапазоне 115–125 кд/м<sup>2</sup> продолжалась на уроках в динамике учебной недели, после чего также были проанализированы жалобы обучающихся. Полученные результаты представлены в табл. 1. Анализ выраженности жалоб школьников показал, что такие факторы риска, как нечеткое изображение, в подавляющем большинстве случаев характерны для низкой яркости; яркий свет от экрана и повышение температуры воздуха класса – соответственно для высокой яркости. Однако эти факторы, хотя и в значимо меньшей степени, но присутствуют и при работе ИП с яркостью экрана 115–125 кд/м<sup>2</sup>. Это свидетельствует о необходимости обоснования гигиенических требований к подаваемой на экран ИП информации (контрастность, четкость, цветность, шрифт и т.д.), а также постоянного контроля и оптимизации микроклимата в динамике уроков с применением ИП [20].

Жалобы на общее утомление и усталость глаз у респондентов, использующих ИП в «неоптимальных» диапазонах яркости, распределены примерно одинаково. Головная боль, боли в глазах, слезотечение значимо чаще отмечены у детей при яркости ИП более 125 кд/м<sup>2</sup>. При работе панели в диапазоне менее 115 кд/м<sup>2</sup> школьники достоверно чаще жаловались на расплывчатость изображения и ощущения мельканий перед глазами.

В табл. 2 представлены значимые относительные риски возникновения тех или иных жалоб при работе ИП в режиме яркости менее 115 кд/м<sup>2</sup> и более 125 кд/м<sup>2</sup>, по сравнению с яркостью 115–125 кд/м<sup>2</sup>.

Полученные данные позволяют обосновать оптимальный для школьника диапазон яркости интерактивной панели на уроке. При яркости экрана ИП от 115 до 125 кд/м<sup>2</sup> риск возникновения жалоб на нарушения самочувствия регистрируется значимо меньше.

Снижение жалоб на зрительное утомление при адекватной регулировке уровней яркости, использовании экранов с антибликовым покрытием, поддержании идеальной зрительной дистанции отмечалось и в работах по оценке влияния экрана монитора компьютера у взрослых пользователей [23–25]. Перспективным направлением исследований является оценка яркости экрана интерактивных панелей в школе в зависимости от расстояния просмотра и поля зрения, о чем свидетельствуют работы, проведенные на больших светодиодных дисплеях [25].

Таблица 1

Количество жалоб учащихся при работе с ИП в различных диапазонах яркости

Вопрос анкеты	Вариант ответа	Диапазон яркости экрана ИП								
		менее 115 кд/м <sup>2</sup>			115–125 кд/м <sup>2</sup>			более 125 кд/м <sup>2</sup>		
		абс.	%	ДИ	абс.	%	ДИ	абс.	%	ДИ
Факторы, по мнению школьников, негативно влияющие на их самочувствие	Яркий свет от ИП	—	—	—	28	28,0	20,14–37,49	138	98,6	93,91–99,69
	Мелкое нечеткое изображение на экране	90	100,0	95,1–100,8	17	17,0	10,89–25,55	2	1,4	0,31–6,09
	Повышение температуры воздуха в классе	22	24,4	16,70–34,20	15	15,0	9,31–23,28	80	57,1	47,31–66,36
Жалобы обучающихся при работе с ИП	Общее утомление	89	98,9	93,99–99,81	5	5,0	2,15–11,18	134	93,1	86,38–96,63
	Головная боль	2	2,22	0,60–7,71	2	2,0	0,55–7,0	26	18,6	12,19–27,34
	Боли в глазах	12	13,3	7,77–21,84	3	3,0	1,03–8,45	71	50,7	41,06–60,29
	Расплывчатость изображения	43	47,8	37,78–58,00	3	3,0	1,03–8,45	2	1,4	0,31–6,09
	Слезотечение	11	12,2	6,95–20,55	3	3,0	1,03–8,45	70	50,0	40,38–59,62
	Ощущение мельканий перед глазами	59	65,6	55,33–74,59	4	4,0	1,57–9,84	1	0,7	0,10–4,95
	Усталость глаз	68	75,6	65,80–83,30	5	1,0	0,18–5,45	124	88,6	80,89–93,45
Число школьников, работающих с ИП, в каждом из диапазонов, <i>n</i>		90			100			140		

Таблица 2

Относительный риск возникновения жалоб школьников на общее и зрительное утомление при различной яркости подсветки экрана интерактивной панели

Жалоба	Яркость экрана ИП	Относительный риск	ДИ*	EF, %	Se	Sp
Общее утомление	Менее 115 кд/м <sup>2</sup> (по сравнению с яркостью 115–125 кд/м <sup>2</sup> )	19,8	8,41–46,48	93,9	0,95	0,99
Усталость глаз		15,1	6,38–35,79	70,0	0,93	0,81
Расплывчатость изображения		15,9	5,12–49,56	44,8	0,94	0,67
Ощущение мельканий перед глазами		16,4	6,2–43,3	61,6	0,94	0,76
Мелкое нечеткое изображение		5,8	3,8–9,1	83,0	0,84	0,99
Слезотечение		4,07	1,17–14,14	9,2	0,79	0,55
Боли в глазах		4,44	1,29–15,95	10,3	0,80	0,55
Общее утомление	Более 125 кд/м <sup>2</sup> (по сравнению с яркостью 115–125 кд/м <sup>2</sup> )	19,1	8,14–45,02	90,7	0,96	0,94
Головная боль		9,29	2,26–38,23	16,6	0,93	0,46
Усталость глаз		17,7	7,52–41,7	83,6	0,96	0,86
Слезотечение		16,6	5,40–51,43	47,0	0,96	0,58
Боли в глазах		16,91	5,48–52,14	47,7	0,96	0,58
Мешает яркий свет от доски		3,52	2,6–4,8	70,6	0,83	0,97
Повышение температуры воздуха в классе (становится «жарко»)		3,81	2,3–6,2	42,1	0,84	0,59

Примечание: \* – ДИ – доверительный интервал ( $p < 0,05$ ); EF – этиологическая составляющая; Se – чувствительность, Sp – специфичность.

**Выводы.** Таким образом, использование на уроке интерактивной панели с оптимальными визуальными параметрами экрана 115–125 кд/м<sup>2</sup> позволит снизить риски возникновения общего и зрительного утомления, уменьшить нагрузку на зрительный анализатор.

Активное развитие цифровых технологий обуславливает необходимость дальнейших исследований по обоснованию оптимальных визуальных ха-

рактеристик экрана новых электронных средств обучения на основе оценки показателей функционального состояния организма ребенка.

**Финансирование.** Исследование не имело финансовой поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Лангуев К.А., Богомолова Е.С. Гигиенические проблемы цифровой образовательной среды и пути их разрешения (обзор) // Санитарный врач. – 2022. – № 7. – С. 483–491. DOI: 10.33920/med-08-2207-05
2. Физиолого-гигиенические аспекты формирования миопии у учащихся / Н.П. Сетко, И.А.А. Ясин, Е.В. Булычева, А.Е. Апрелев // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2018. – Т. 304, № 7. – С. 18–21. DOI: 10.35627/2219-5238/2018-304-7-18-21
3. Исследование влияния мобильных устройств связи на здоровье детей и подростков / И.И. Новикова, Н.А. Зубковская, С.П. Романенко, А.И. Кондращенко, М.А. Лобкис // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2020. – Т. 14, № 2. – С. 95–103. DOI: 10.17238/issn1998-5320.2020.14.2.16
4. Шубочкина Е.И., Вятлева О.А., Блинова Е.Г. Риски ухудшения зрения и его прогрессирования у детей и подростков в современных условиях обучения и воспитания (научный обзор) // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2022. – Т. 30, № 4. – С. 22–30. DOI: 10.35627/2219-5238/2022-30-4-22-30
5. Гигиеническая оценка занятий дошкольников с использованием электронных планшетов / В.Р. Кучма, М.И. Степанова, З.И. Сазанюк, И.Э. Александрова, М.А. Поленова, И.П. Лашнева, Н.О. Березина // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 4. – С. 387–391. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-4-387-391
6. Длительность использования цифровых устройств как один из факторов риска развития миопии у школьников / О.М. Филькина, Е.А. Воробьева, Н.В. Долотова, О.Ю. Кочерова, А.И. Малышкина // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 4. – С. 76–83. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.08
7. Smartphone Overuse and Visual Impairment in Children and Young Adults: Systematic Review and Meta-Analysis / J. Wang, M. Li, D. Zhu, Y. Cao // J. Med. Internet Res. – 2020. – Vol. 22, № 12. – P. e21923. DOI: 10.2196/21923
8. Smartphone addiction may be associated with adolescent hypertension: a cross-sectional study among junior school students in China / Y. Zou, N. Xia, Y. Zou, Z. Chen, Y. Wen // BMC Pediatr. – 2019. – Vol. 19, № 1. – P. 310. DOI: 10.1186/s12887-019-1699-9
9. Brain health consequences of digital technology use / G.W. Small, J. Lee, A. Kaufman, J. Jalil, P. Siddarth, H. Gaddipati, T.D. Moody, S.Y. Bookheimer // Dialogues Clin. Neurosci. – 2020. – Vol. 22, № 2. – P. 179–187. DOI: 10.31887/DCNS.2020.22.2
10. Association of digital media use with subsequent symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder among adolescents / C.K. Ra, J. Cho, M.D. Stone, J. De La Cerda, N.I. Goldenson, E. Moroney, I. Tung, S.S. Lee, A.M. Leventhal // JAMA. – 2018. – Vol. 320, № 3. – P. 255–263. DOI: 10.1001/jama.2018.8931
11. The Relationship Between Screen and Outdoor Time With Rates of Myopia in Spanish Children / C. Alvarez-Peregrina, M.Á. Sánchez-Tena, C. Martínez-Perez, C. Villa-Collar // Front. Public Health. – 2020. – Vol. 8. – P. 560378. DOI: 10.3389/fpubh.2020.560378
12. Григорьев О.А. Гигиенические проблемы использования детьми устройств информационно-компьютерных технологий // Гигиена и санитария. – 2022. – Т. 101, № 10. – С. 1213–1221. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1213-1221
13. Режим использования мобильных электронных устройств как фактор риска развития отклонений со стороны органа зрения у школьников и студентов / О.Ю. Милушкина, Н.А. Скоблина, Ю.П. Пивоваров, С.В. Маркелова, Э. Меттини, О.В. Иевлева, А.А. Татаринчик // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 4. – С. 64–71. DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.06
14. Устинова О.Ю., Зайцева Н.В., Эйсфельд Д.А. К задаче обоснования оптимальных параметров факторов риска образовательной среды детей школьного возраста по критериям антропометрических, психологических характеристик и соматического здоровья // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 2. – С. 48–63. DOI: 10.21668/health.risk/2022.2.05
15. Роль современных информационных технологий в реализации образовательных программ для детей с нормальным состоянием зрительных функций и с офтальмопатологией / Х.П. Тахчиди, М.А. Грачева, А.А. Казакова, А.В. Стрижецкая, Н.Н. Васильева // Вестник РАМН. – 2020. – Т. 75, № 2. – С. 144–153. DOI: 10.15690/vramn1186
16. Coles-Brennan C., Sulley A., Young G. Management of digital eye strain // Clin. Exp. Optom. – 2019. – Vol. 102, № 1. – P. 18–29. DOI: 10.1111/cxo.12798
17. Риски развития болезней глаза и его придаточного аппарата у обучающихся в условиях нарушения гигиенических правил использования электронных устройств / Н.А. Скоблина, В.И. Попов, А.Л. Еремин, С.В. Маркелова, О.Ю. Милушкина, С.А. Обрубов, А.П. Цамерян // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 3. – С. 279–284. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-279-284
18. Саньков С.В. Сравнительный анализ влияния шрифтового оформления электронных текстов, представленных на ноутбуке и планшете, на состояние зрительного анализатора школьников основного общего образования // Санитарный врач. – 2020. – № 2. – С. 36–46. DOI: 10.33920/med-08-2002-05
19. Использование интерактивных панелей на уроке и самочувствие школьников / Н.О. Березина, И.Э. Александрова, М.В. Айзятова, Н.Б. Мирская // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2021. – Т. 29, № 10. – С. 22–26. DOI: 10.35627/2219-5238/2021-29-10-22-26
20. Влияние использования интерактивных панелей в процессе учебных занятий на основные параметры внутришкольной среды / М.В. Айзятова, И.Э. Александрова, Н.Б. Мирская, Н.В. Исакова, М.Г. Вершинина, А.П. Фисенко // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2021. – Т. 335, № 2. – С. 15–21. DOI: 10.35627/2219-5238/2021-335-2-15-21
21. Александрова И.Э., Айзятова М.В. Функциональное состояние организма младших школьников при использовании электронных средств обучения // РМЖ. Мать и дитя. – 2022. – Т. 5, № 2. – С. 157–163. DOI: 10.32364/2618-8430-2022-5-2-157-163
22. Исакова Е.В. Работа с компьютером и компьютерный зрительный синдром // Вятский медицинский вестник. – 2011. – № 3–4. – С. 32–35.
23. Agarwal S., Goel D., Sharma A. Evaluation of the Factors which Contribute to the Ocular Complaints in Computer Users // J. Clin. Diagn. Res. – 2013. – Vol. 7, № 2. – P. 331–335. DOI: 10.7860/JCDR/2013/5150.2760
24. Prevalence and Associated Factors of Computer Vision Syndrome Among Academic Staff in the University of Gondar, Northwest Ethiopia: An Institution-Based Cross-Sectional Study / A.H. Tesfaye, M. Alemanyehu, G. Abere, T.H. Mekonnen // Environ. Health Insights. – 2022. – Vol. 16. – P. 11786302221111865. DOI: 10.1177/11786302221111865

25. Measuring of perceived pixel luminance of large LED displays / X. Mou, T. Mou, Y. Jiang, N. Wan, J. Xiong // International Conference on Display Technology. – 2022. – Vol. 53, № S1. – P. 174–177. DOI: 10.1002/sdtp.15884
26. Optimum display luminance dependence on ambient illuminance / S.-R. Kim, S.-H. Lee, D.-H. Jeon, J.-S. Kim, S.-W. Lee // Opt. Eng. – 2017. – Vol. 56, № 1. – P. 017110. DOI: 10.1117/1.OE.56.1.017110
27. Optimum display luminance depends on white luminance under various ambient illuminance conditions / M. Kim, D.-H. Jeon, J.-S. Kim, B.-C. Yu, Y.-K. Park, S.-W. Lee // Opt. Eng. – 2018. – Vol. 57, № 2. – P. 024106. DOI: 10.1117/1.OE.57.2.024106
28. Investigation of the Optimum Display Luminance of an LCD Screen under Different Ambient Illuminances in the Evening / Y. Zhou, H. Shi, Q.-W. Chen, T. Ru, G. Zhou // Appl. Sci. – 2021. – Vol. 11, № 9. – P. 4108. DOI: 10.3390/app11094108
29. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.
30. Светлота и яркость: особенности восприятия в условиях одновременного контраста / В.П. Будак, А.Е. Вагина, Н.С. Епихов, П.А. Смирнов // Светотехника. – 2021. – № 2. – С. 89–94.

*Обоснование оптимальных параметров яркости экрана интерактивной панели для снижения риска общего и зрительного утомления школьников / М.В. Айзярова, И.Э. Александрова, И.П. Лашнева, А.М. Курганский // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 1. – С. 46–54. DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.05*

UDC 613.955

DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.05.eng

Read online 

Research article

## SUBSTANTIATION OF THE OPTIMUM SCREEN BRIGHTNESS PARAMETERS OF THE INTERACTIVE PANEL TO REDUCE THE RISK OF GENERAL AND VISUAL FATIGUE OF SCHOOLCHILDREN

**M.V. Ayzyatova, I.E. Aleksandrova, I.P. Lashneva, A.M. Kurgansky**

National Medical Research Center for Children's Health, 2 Lomonosovskii Ave., bldg 1, Moscow, 119991, Russian Federation

*The digital transformation of modern education contributes to the active introduction of interactive panels (IP) into the educational process, replacing traditional chalkboards. Minimizing possible risk factors when using an IP also requires considering the visual characteristics of its screen. At present, there are no results of such studies in the scientific literature. The purpose of this work was to substantiate the optimal range of IP screen brightness when it is used in the classroom to prevent general and visual fatigue of schoolchildren. We analyzed research articles describing studies in visual hygiene, lighting engineering, display technologies, etc.*

*Our study involved measuring brightness and pulsation coefficient of a working IP screen. Ranges of IP screen brightness that could produce harmful effects on children's health have been empirically established. With the help of a specially designed questionnaire, complaints of students attending the 4<sup>th</sup> grade of secondary schools were studied to identify general and visual fatigue, as well as factors caused by the IP and negatively affecting the respondents' well-being. The relative risk values are calculated, namely a probability that these complaints would occur in schoolchildren, depending on parameters of IP screen brightness. The optimal range of IP screen brightness is justified for a working mode that significantly reduces the probability of students complaining about general and visual fatigue. Monitoring and correction of IP screen brightness mode during classes will reduce the risks of students' health disorders. It is necessary to continue research to substantiate the optimal visual characteristics of the IP screen based on investigating indicators describing the functional state of the child's body.*

**Keywords:** prevention, interactive panel, risk factors, screen brightness, fatigue.

---

© Ayzyatova M.V., Aleksandrova I.E., Lashneva I.P., Kurgansky A.M., 2023

**Marina V. Ayzyatova** – Junior Researcher at the Laboratory for Complex Problems of Hygiene of Children and Adolescents (e-mail: 9855123020@mail.ru; tel.: +7 (495) 917-10-60; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0381-3253>).

**Irina E. Aleksandrova** – Doctor of Medical Sciences, Head of the Laboratory for Complex Problems of Hygiene of Children and Adolescents (e-mail: accialex@yandex.ru; tel.: +7 (495) 917-10-60; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8664-1866>).

**Irina P. Lashneva** – Candidate of Medical Sciences, Assistant-Researcher of the Laboratory for Complex Problems of Hygiene of Children and Adolescents (e-mail: iplash@mail.ru; tel.: +7 (495) 917-48-31; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4115-2847>).

**Alexander M. Kurgansky** – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher at the Laboratory for Complex Problems of Hygienic Assessment and Examination (e-mail: kurgansk@yandex.ru; tel.: +7 (495) 917-48-31; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7688-586X>).

## References

1. Languev K.A., Bogomolova E.S. Hygienic problems of the digital educational environment and ways to solve them (review). *Sanitarnyi vrach*, 2022, no. 7, pp. 483–491. DOI: 10.33920/med-08-2207-05 (in Russian).
2. Setko N.P., Yasin I.A.A., Bulycheva E.V., Aprelev A.E. Physiological and hygienic aspects of formation of myopia in students. *ZNiSO*, 2018, vol. 304, no. 7, pp. 18–21. DOI: 10.35627/2219-5238/2018-304-7-18-21 (in Russian).
3. Novikova I.I., Zubtsovskaya N.A., Romanenko S.P., Kondrashenko A.I., Lobkis M.A. Effects of mobile phones on children's and adolescents' health. *Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovaniya*, 2020, vol. 14, no. 2, pp. 95–103. DOI: 10.17238/issn1998-5320.2020.14.2.16 (in Russian).
4. Shubochkina E.I., Vyatleva O.A., Blinova E.G. Risks of visual impairment and its progression in children and adolescents under modern conditions of education and upbringing: a scientific review. *ZNiSO*, 2022, vol. 30, no. 4, pp. 22–30. DOI: 10.35627/2219-5238/2022-30-4-22-30 (in Russian).
5. Kuchma V.R., Stepanova M.I., Sazanyuk Z.I., Aleksandrova I.E., Polenova M.A., Lashneva I.P., Berezina N.O. Hygienic evaluation of studies of preschoolers with the use of PC tablets. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 4, pp. 387–391. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-4-387-391 (in Russian).
6. Filkina O.M., Vorobyova E.A., Dolotova N.V., Kocherova O.Yu., Malyshkina A.I. Long use of digital devices as a risk factor that causes myopia occurrence in schoolchildren. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 4, pp. 76–83. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.08.eng
7. Wang J., Li M., Zhu D., Cao Y. Smartphone Overuse and Visual Impairment in Children and Young Adults: Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Med. Internet Res.*, 2020, vol. 22, no. 12, pp. e21923. DOI: 10.2196/21923
8. Zou Y., Xia N., Zou Y., Chen Z., Wen Y. Smartphone addiction may be associated with adolescent hypertension: a cross-sectional study among junior school students in China. *BMC Pediatr.*, 2019, vol. 19, no. 1, pp. 310. DOI: 10.1186/s12887-019-1699-9
9. Small G.W., Lee J., Kaufman A., Jalil J., Siddarth P., Gaddipati H., Moody T.D., Bookheimer S.Y. Brain health consequences of digital technology use. *Dialogues Clin. Neurosci.*, 2020, vol. 22, no. 2, pp. 179–187. DOI: 10.31887/DCNS.2020.22.2
10. Ra C.K., Cho J., Stone M.D., De La Cerdá J., Goldenson N.I., Moroney E., Tung I., Lee S.S., Leventhal A.M. Association of digital media use with subsequent symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder among adolescents. *JAMA*, 2018, vol. 320, no. 3, pp. 255–263. DOI: 10.1001/jama.2018.8931
11. Alvarez-Peregrina C., Sánchez-Tena M.Á., Martínez-Pérez C., Villa-Collar C. The Relationship Between Screen and Outdoor Time With Rates of Myopia in Spanish Children. *Front. Public Health*, 2020, vol. 8, pp. 560378. DOI: 10.3389/fpubh.2020.560378
12. Grigoriev O.A. Hygienic problems of using information and computer technology devices by children. *Gigiena i sanitariya*, 2022, vol. 101, no. 10, pp. 1213–1221. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1213-1221 (in Russian).
13. Milushkina O.Yu., Skobolina N.A., Pivovarov Yu.P., Markelova S.V., Mettini E., Levleva O.V., Tatarinchik A.A. Routine use of mobile electronic devices by schoolchildren and students and its correction by hygienic education. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 4, pp. 64–71. DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.06.eng
14. Ustinova O.Yu., Zaitseva N.V., Eisfeld D.A. Substantiating optimal parameters of risk factors existing in the educational environment for schoolchildren as per indicators of physical, mental and somatic health. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 2, pp. 48–63. DOI: 10.21668/health.risk/2022.2.05.eng
15. Tahchidi H.P., Gracheva M.A., Kazakova A.A., Strizhebok A.V., Vasilyeva N.N. The role of modern information technologies in the educational programs for children with normal visual functions and with ophthalmopathology. *Vestnik RAMN*, 2020, vol. 75, no. 2, pp. 144–153. DOI: 10.15690/vramn1186 (in Russian).
16. Coles-Brennan C., Sulley A., Young G. Management of digital eye strain. *Clin. Exp. Optom.*, 2019, vol. 102, no. 1, pp. 18–29. DOI: 10.1111/cxo.12798
17. Skobolina N.A., Popov V.I., Eryomin A.L., Markelova S.V., Milushkina O.Yu., Obrubov S.A., Tsameryan A.P. Risks of developing diseases of an eye and its adnexa in students in conditions of the violation of hygienic rules for the use of electronic devices. *Gigiena i sanitariya*, 2021, vol. 100, no. 3, pp. 279–284. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-3-279-284 (in Russian).
18. Sankov S.V. Comparative analysis of the font design effect of electronic texts, presented on a laptop and tablet, on the visual analyzer of schoolchildren of basic general education. *Sanitarnyi vrach*, 2020, no. 2, pp. 36–46. DOI: 10.33920/med-08-2002-05 (in Russian).
19. Berezina N.O., Alexandrova I.E., Ayzyatova M.V., Mirskaya N.B. The use of interactive panels in the classroom and health of schoolchildren. *ZNiSO*, 2021, vol. 29, no. 10, pp. 22–26. DOI: 10.35627/2219-5238/2021-29-10-22-26 (in Russian).
20. Ayzyatova M.V., Aleksandrova I.E., Mirskaya N.B., Isakova N.V., Vershinina M.G., Fisenko A.P. The impact of using interactive panels in the learning process on the main parameters of the indoor school environment. *ZNiSO*, 2021, no. 2 (335), pp. 15–21. DOI: 10.35627/2219-5238/2021-335-2-15-21 (in Russian).
21. Alexandrova I.E., Ayzyatova M.V. Functional state of the body of elementary schoolchildren when using e-learning tools. *RMZh. Mat' i ditya*, 2022, vol. 5, no. 2, pp. 157–163. DOI: 10.32364/2618-8430-2022-5-2-157-163 (in Russian).
22. Isakova E.V. Rabota s komp'yuterom i komp'yuternyj zritel'nyj sindrom [Work with a computer and computer vision syndrome]. *Vyatskii meditsinskii vestnik*, 2011, no. 3–4, pp. 32–35 (in Russian).
23. Agarwal S., Goel D., Sharma A. Evaluation of the Factors which Contribute to the Ocular Complaints in Computer Users. *J. Clin. Diagn. Res.*, 2013, vol. 7, no. 2, pp. 331–335. DOI: 10.7860/JCDR/2013/5150.2760

24. Tesfaye A.H., Alemayehu M., Abere G., Mekonnen T.H. Prevalence and Associated Factors of Computer Vision Syndrome Among Academic Staff in the University of Gondar, Northwest Ethiopia: An Institution-Based Cross-Sectional Study. *Environ. Health Insights*, 2022, vol. 16, pp. 11786302221111865. DOI: 10.1177/11786302221111865
25. Mou X., Mou T., Jiang Y., Wan N., Xiong J. Measuring of perceived pixel luminance of large LED displays. *International Conference on Display Technology*, 2022, vol. 53, no. S1, pp. 174–177. DOI: 10.1002/sdtp.15884
26. Kim S.-R., Lee S.-H., Jeon D.-H., Kim J.-S., Lee S.-W. Optimum display luminance dependence on ambient illuminance. *Opt. Eng.*, 2017, vol. 56, no. 1, pp. 017110. DOI: 10.1117/1.OE.56.1.017110
27. Kim M., Jeon D.-H., Kim J.-S., Yu B.-C., Park Y.-K., Lee S.-W. Optimum display luminance depends on white luminance under various ambient illuminance conditions. *Opt. Eng.*, 2018, vol. 57, no. 2, pp. 024106. DOI: 10.1117/1.OE.57.2.024106
28. Zhou Y., Shi H., Chen Q.-W., Ru T., Zhou G. Investigation of the Optimum Display Luminance of an LCD Screen under Different Ambient Illuminances in the Evening. *Appl. Sci.*, 2021, vol. 11, no. 9, pp. 4108. DOI: 10.3390/app11094108
29. Gonzalez R.C., Woods R.E. Digital image processing, 3rd ed. New Jersey, USA, Pearson Prentice Hall, 2008, 976 p.
30. Budak V.P., Vagina A.E., Epikhov N.S., Smirnov P.A. Svetlota i yarkost': osobennosti vospriyatiya v usloviyakh odnovremennogo kontrasta [Lightness and brightness: features of perception under simultaneous contrast]. *Svetotekhnika*, 2021, no. 2, pp. 89–94 (in Russian).

Ayzyatova M.V., Aleksandrova I.E., Lashneva I.P., Kurgansky A.M. Substantiation of the optimum screen brightness parameters of the interactive panel to reduce the risk of general and visual fatigue of schoolchildren. *Health Risk Analysis*, 2023, no. 1, pp. 46–54. DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.05.eng

Получена: 18.11.2022

Одобрена: 03.02.2023

Принята к публикации: 10.03.2023