

## ИННОВАЦИОННЫЕ ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ЗРИТЕЛЬНОГО КОМФОРТА ЭКРАНОВ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ

*Курганский А.М.*

*ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, Москва*

*В статье дан обзор проведенных ранее исследований, а также актуальных научных направлений, касающихся факторов зрительного комфорта современных экранов различной конструкции, применяемых в цифровых устройствах различного типа. На примере экрана ридера (e-ink) дана физиолого-гигиеническая оценка удобочитаемости экрана с использованием методов оценки работоспособности, ЭЭГ, ЭКГ, ЭОГ. Рассмотрены гигиенические факторы, связанные с использованием экранов, основанных на светодиодах, таких как «синий свет», «широотно-импульсная модуляция». Обсуждаются основные проблемы, связанные с использованием систем виртуальной реальности («цифровая морская болезнь», «вергентно-аккомодационный конфликт»). Показана необходимость разработки гигиенических подходов к оценке данных инновационных факторов с целью сохранения здоровья детского населения страны.*

**Ключевые слова:** *зрительный комфорт, экраны, светодиоды, виртуальная реальность, широкоотно-импульсная модуляция.*

## INNOVATIVE HYGIENIC FACTORS OF VISUAL COMFORT OF THE SCREENS OF MODERN DIGITAL DEVICES

*Kurgansky A.M.*

*National Medical Research Center for Children's Health,  
Russia, Moscow*

*The paper provides an overview of previously conducted research, as well as current scientific directions concerning the factors of visual comfort of modern screens of various designs used in digital devices of various types. Using the example of a reader screen (e-ink) the physiological and hygienic assessment of screen readability is considered, using performance assessment methods - reading an illogical test, as well as EEG, ECG, EOG. The hygienic factors associated with the use of LED-based screens, such as "blue light" and "pulse width modulation", are considered. The main problems associated with the use of virtual reality systems, such as "digital motion sickness" and "vergence-accommodation conflict" are considered. The need to develop hygienic approaches to assessing*

*these innovative factors in order to preserve the health of the child population is shown.*

**Key words:** *visual comfort, screens, LEDs, virtual reality, pulse width modulation.*

Последние десятилетия характеризуются кардинальным изменением уклада жизни современных людей, в том числе детей, связанным с информационной революцией и последующей цифровизацией общества. Применение цифровых устройств несет в себе ряд гигиенических факторов, влияющих на здоровье, к которым можно отнести электромагнитное излучение, влияние различных экранов на зрение и влияние экранного времени на психические функции, в том числе на сон, влияние цифровых устройств на мелкую моторику и осанку.

Особую актуальность представляют исследования влияния экранов различной конструкции на зрение, поскольку, с одной стороны, на рынке постоянно появляются новые технологии конструкции экранных матриц (e-ink, AMOLED и пр.), с другой стороны, появляется значительное разнообразие цифровых устройств, в том числе различных очков виртуальной реальности. Все это свидетельствует о высокой актуальности темы гигиенической оценки экранов различной конструкции и их влияния на зрение, особенно для наиболее подверженного данному воздействию детского населения.

В лаборатории комплексных проблем гигиенической оценки и экспертизы, возглавляемой Л.М. Текшевой был проведен ряд работ, касающихся оценки влияния восприятия информации с экрана ридера: сравнивалась удобочитаемость с листа бумаги и экранов ридера и ноутбука. Исследования проводились в трех возрастных группах – младшей, средней и старшей школе. В результате исследований было показано, что удобочитаемость с экрана ридера занимает промежуточное положение между удобочитаемостью с листа бумаги и экрана компьютера по показателям скорости чтения аналогичного текста, количеству ошибок, допущенных на каждую тысячу знаков (в младшей школе умственная нагрузка нормировалась интервалами в 500 знаков) и по показателю степени сложности зрительной задачи. При этом максимальные различия в показателях умственной работоспособности между разными носителями наблюдались у детей младшей школы. У обучающихся средней школы они были менее выражены, но также достоверны. У обучающихся старшей школы данные различия были минимальны [1-3].

В дополнение к изучению умственной работоспособности были проведены физиолого-гигиенические исследования с использованием ЭЭГ, КИГ и ЭОГ. В результате физиолого-гигиенических исследований было установлено, что чтение на компьютере и ридере вызывает большее

напряжение и утомление на уровне ЦНС, нежели чтение с бумажного носителя. В соответствии с данными других исследователей, выполнение трудного зрительного задания сопровождается развитием зрительного и умственного утомления. Во время работы на компьютере отмечается усиление медленной (дельта-тета) активности и низкочастотного альфа-ритма в ЭЭГ зрительной (затылочной) коры. [1]. При сравнении ЭЭГ 28 школьников во время чтения на разных носителях обнаружено, что чтение на компьютере и ридере вызывает значимое усиление этих параметров. Во время чтения на компьютере и ридере по сравнению с чтением с листа в затылочной зоне коры возрастает относительная мощность дельта-волн (в случае компьютера – тета-волн, а также низкочастотного альфа-ритма (7–8 Гц)). Парное сравнение данных результатов позволило установить, что утомление при чтении на компьютере более выражено, чем при чтении на бумаге и ридере. Парное сравнение утомления чтения с разных источников показало, что на ридере утомление более выражено, по сравнению с бумагой.

В работе была оценена эмоциональная напряженность при работе с данными видами носителей информации. Степень эмоциональной напряженности отражается в уровне тета-ритма лобных областей коры, в частности сагитального лобного отведения (Fz). Относительная мощность тета-волн в сагитальном лобном отведении (Fz) при чтении на компьютере и ридере также значимо выше, чем при чтении с листа, что свидетельствует о более высоком эмоциональном напряжении при работе с этими носителями. Показатель относительной мощности тета-волн в сагитальном лобном отведении, характеризующий эмоциональное напряжение, для ридера даже выше, чем для компьютера. Не исключено, что усиление эмоционального напряжения отчасти связано с непривычностью и новизной для школьников данных устройств (особенно в случае ридера). Полученные в ЭЭГ-исследовании результаты свидетельствуют о том, что чтение на компьютере и ридере вызывает большее напряжение и утомление ЦНС, нежели чтение с бумажного носителя. По выраженности признаков утомления носители можно расположить в следующей последовательности – порядке ее убывания: компьютер–ридер–бумажный носитель.

Важно отметить, что данное исследование удобочитаемости ридеров в сравнении с экраном компьютера проводилось на IPS – экране ноутбука. В данный момент наблюдается технологический скачок и широкомасштабное внедрение LED экранов. При этом для светодиодов характерны такие дополнительные факторы воздействия на зрительный анализатор, как синий свет, а также пульсация (широкоимпульсная модуляция), не учтенные в проведенных ранее исследованиях.

В современной литературе основная проблема воздействия светодиодного освещения на орган зрения описывается воздействием синего света на меланопсиновые рецепторы [4], то есть, так называемые,

невизуальные эффекты видимого света. К данным эффектам можно отнести влияние на диаметр зрачка, когнитивные функции и режим сна – бодрствования. Важно отметить и потенциальный токсический эффект на сетчатку, вызванный кумуляцией липофусцина. Следует упомянуть о так называемом меланопсиновом кресте, когда у лампы накаливания и светодиодной лампы наблюдаются противоположные соотношения эффектов влияния на диаметр зрачка и излучение синего света. Так, при воздействии светодиодов происходит раскрытие зрачка, сопровождающееся интенсивным воздействием синего света, что потенциально оказывает негативное влияние на зрение. Данная особенность светодиодов учтена в конструкции современных экранов, имеющих функцию снижения воздействия синего света на зрение – режим защиты зрения.

Второй проблемой, связанной со светодиодами является особый вид пульсации экрана – широтно – импульсная модуляция (ШИМ) экрана. Данный вид регулирования яркости применяется в экранах большинства современных смартфонов, работающих на AMOLED экранах, а также в подсветке IPS экранов, что у чувствительной группы населения может вызывать специфические жалобы, характеризующиеся как ШИМ – синдромом, приводящем к дискомфорту или невозможности пользования устройством [5]. Важно отметить, что это проблема новая, данный параметр – частота ШИМ, не указывается в технической спецификации цифровых устройств, в связи с чем необходима разработка гигиенической методики оценки и нормирования данного фактора.

Еще одной гигиенической проблемой является внедрение устройств виртуальной реальности. Влияние устройств виртуальной реальности характеризуется двумя основными синдромами. Сенсорный конфликт заключается в том, что при использовании устройств идет рассогласование между зрительной и вестибулярной системами, что может приводить к «цифровой морской болезни». Вергентно-аккомодационный конфликт заключается в рассогласовании вергенции и аккомодации, поскольку в данных очках происходит конвергенция на объекты, расположенные в разных частях виртуального пространства, а аккомодация происходит исключительно на линзах находящихся перед глазами, что может иметь потенциальный вред для зрения. Проблема усложняется также тем, что экраны VR очков могут состоять из светодиодов, яркость которых регулируется при помощи ШИМ. По предварительной информации, в 2024 году в школах планируется создание секций по управлению дронами, многие из которых пилотируются с помощью виртуальных очков. В связи с этим необходимы гигиенические исследования по изучению влияния виртуальной реальности на здоровье школьников с целью разработки критериев безопасного использования данных технологий.

Таким образом, применение разнообразных цифровых устройств для детей и подростков требует комплексного их изучения с позиций влияния достаточно широкий круг проблем, связанных с использованием цифровых устройств, необходима активизация профилактической работы среди педагогических, медицинских и социальных работников, родителей с целью безопасного для здоровья детей использования цифровых устройств.

Список литературы:

1. Кучма, В.Р. Физиолого-гигиеническая оценка восприятия информации с электронного устройства для чтения (ридера) / В.Р. Кучма [и др.] // Гигиена и санитария. – 2013. – Т. 92, № 1. – С. 22-26.
2. Кучма, В.Р.. Гигиеническая оценка использования ридеров в начальной школе/ В.Р. Кучма [и др.] // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 3. – С. 57-60.
3. Текшева, Л.М. Гигиеническое обоснование использования ридеров в старшей школе / Л.М. Текшева, А.М. Курганский, А.О. Петренко // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2015. – № 1. – С. 40-43.
4. Скоблина, Н.А. Влияние светодиодного освещения школьных рекреаций на остроту зрения и психоэмоциональное состояние первоклассников в динамике учебного года /Н.А. Скоблина [и др.] // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2020. – № 6(327). – С.25-30.
5. Курганский, А. М. Широтно-импульсная модуляция как новый гигиенический фактор, определяющий зрительный комфорт современных экранов А.М. Курганский // Российский вестник гигиены. – 2024. – № 1. – С. 52–57.