

EDN: <https://elibrary.ru/ntqtij>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-5-310-320>

УДК 616-053-2-036:12-02.613.865

© Коллектив авторов, 2024

Сериков В.В.¹, Юшкова О.И.¹, Капустина А.В.¹, Жбанкова О.В.¹, Немаева А.В.¹, Богданова В.Е.¹, Форверц А.Ю.¹, Афанасьева Ю.Ф.²**Физиологическая оценка зрительного утомления у работников, использующих компьютерные дисплеи**¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», 31, пр-т Будённого, Москва, 105275;²ЗАО Санаторий «Родник», ул. Профинтерна, 50, Кисловодск, Ставропольский край, 357700

Введение. Применение различных типов компьютерных дисплеев не только в трудовой, но также и в учебной и повседневной деятельности обуславливает необходимость изучения особенностей функционального состояния организма при зрительно-напряжённом труде с использованием электронных устройств визуального отображения информации.

Цель исследования — оценить уровень зрительной нагрузки и напряжённости труда, особенностей зрительного утомления в трудовой деятельности с использованием компьютерных дисплеев для разработки мер профилактики утомления.

Материалы и методы. Исследования физиологических особенностей формирования зрительного утомления включали оценку утомления в зависимости от суммарного экранного времени работы, типа изображения информации (буквенно-цифровая и графическая). Проведено офтальмологическое обследование и динамическое наблюдение за функциональным состоянием зрительного анализатора. Используемый комплекс физиологических методов включал: определение объёма аккомодации (ОА), времени восприятия последовательного контраста (ВВПК). В исследовании приняли участие работники пяти профессиональных групп: переводчики, редакторы, операторы, телеграфисты, раскладницы тканей, использующих в своей работе компьютерные дисплеи (всего 131 человек). Контрольная группа представлена работниками, выполняющими аналогичную работу с помощью бумажных носителей информации.

Результаты. Показано, что у операторов в процессе трудовой деятельности особенности формирования функционального состояния тесно взаимосвязаны с величиной рабочей нагрузки, определяемой по суммарной за смену продолжительности фиксации взгляда на экране и типу изображения информации. Наиболее неблагоприятные физиологические реакции отмечались при непрерывной работе с компьютерным дисплеем с буквенно-цифровой информацией более 2 часов. Выявлена зависимость между развитием утомления, степенью физиологических сдвигов и суммарным временем фиксации взгляда на компьютерном дисплее при различном типе изображения информации.

Ограничения исследования. Имеются ограничения, обусловленные особенностями сбора (получения) физиологических данных.

Заключение. Проведённые исследования послужили основанием для нормирования времени работы с экраном дисплея различного типа изображения информации (Руководство Р.2.2.2006-05), разработки рекомендаций по профилактике зрительного утомления у профессиональных пользователей компьютерного дисплея.

Этика. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «НИИ МТ» (протокол № 4 от 14.04.2021 г.)

Ключевые слова: зрительно-напряжённый труд; компьютерные дисплеи; суммарное время использования экрана компьютера; зрительный анализатор; физиологические показатели; субъективное состояние; зрительное утомление; нормирование зрительной нагрузки; профилактика

Для цитирования: Сериков В.В., Юшкова О.И., Капустина А.В., Жбанкова О.В., Немаева А.В., Богданова В.Е., Форверц А.Ю., Афанасьева Ю.Ф. Физиологическая оценка зрительного утомления у работников, использующих компьютерные дисплеи. *Мед. труда и пром. экол.* 2024; 64(5): 310–320. <https://elibrary.ru/ntqtij> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-5-310-320>

Для корреспонденции: Капустина Ангелина Владимировна, e-mail: ft-matuhin@mail.ru

Участие авторов:

Сериков В.В. — концепция и дизайн исследования;
 Юшкова О.И. — написание текста, редактирование;
 Капустина А.В. — сбор и обработка материала, написание текста;
 Жбанкова О.В. — обработка материала, редактирование;
 Немаева А.В. — теоретические расчёты, статистическая обработка данных;
 Богданова В.Е. — редактирование текста статьи;
 Форверц А.Ю. — сбор и обработка материала, редактирование;
 Афанасьева Ю.Ф. — сбор и обработка материала.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Дата поступления: 17.04.2024 / Дата принятия к печати: 06.05.2024 / Дата публикации: 20.06.2024

Vasily V. Serikov¹, Olga I. Yushkova¹, Angelina V. Kapustina¹, Olga V. Zhabankova¹, Anastasia V. Nemaeva¹,
 Valentina E. Bogdanova¹, Anna Yu. Forwerts¹, Yulia F. Afanasieva²

Physiological assessment of visual fatigue in workers using computer displays

¹Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonnogo Ave., Moscow, 105275;

²JSC Sanatorium "Rodnik", 50, Profintern St., Kislovodsk, Stavropol region, 357700

Introduction. The use of various types of computer displays not only in work, but also in educational and daily activities makes it necessary to study the features of the functional state of the body during visually strenuous work using electronic devices for visual display of information.

The study aims to assess the level of visual stress and work intensity, the features of visual fatigue in work using computer displays to develop measures to prevent fatigue.

Materials and methods. Studies of the physiological features of the formation of visual fatigue included an assessment of fatigue depending on the total screen time, the type of information image (alphanumeric and graphical). Specialists conducted an ophthalmological examination and dynamic monitoring of the functional state of the visual analyzer. The authors applied a set of physiological methods: determination of the volume of accommodation (VA), time of perception of sequential contrast (TPSC). The study involved employees of five professional groups: translators, editors, operators, telegraph operators, fabric distributors using computer displays in their work (a total of 131 people). The control group is represented by employees who perform similar work using paper media.

Results. It is shown that for operators in the process of their work, the features of the formation of a functional state are closely interrelated with the amount of workload determined by the total duration of fixing the gaze on the screen and the type of information image per shift. The researchers observed the most unfavorable physiological reactions when continuously working with a computer display with alphanumeric information for more than two hours. They also revealed a relationship between the development of fatigue, the degree of physiological shifts and the total time of fixing the gaze on a computer display with various types of information images.

Limitations. There are limitations due to the peculiarities of collecting (receiving) physiological data.

Conclusion. *The conducted research served as the basis for rationing the time spent working with the display screen of various types of information images (Manual p.2.2.2006-05), developing recommendations for the prevention of visual fatigue in professional users of computer displays.*

Ethics. The study was approved by the local Ethics Committee of the Izmerov Research Institute of Occupational Health (Protocol No. 4 dated 04/14/2021)

Keywords: *visually strenuous work; computer displays; total time of computer screen use; visual analyzer; physiological indicators; subjective state; visual fatigue; normalization of visual load; prevention*

For citation: Serikov V.V., Yushkova O.I., Kapustina A.V., Zhbankova O.V., Nemaeva A.V., Bogdanova V.E., Forverts A.Yu., Afanasyeva Yu.F. Physiological assessment of visual fatigue in workers using computer displays. *Med. truda i prom. ekol.* 2024; 64(5): 310–320. <https://elibrary.ru/ntqtj> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-5-310-320> (in Russian)

For correspondence: *Kapustina Angelina Vladimirovna*, e-mail: ft-matuhin@mail.ru

Contribution:

- Serikov V.V.* — the concept and design of the study;
- Yushkova O.I.* — writing, editing;
- Kapustina A.V.* — collecting and processing material, writing text;
- Zhbankova O.V.* — material processing, editing;
- Nemaeva A.V.* — theoretical calculations, statistical data processing;
- Bogdanova V.E.* — editing the text of the article;
- Forverts A.Yu.* — collection and processing of material, editing.
- Afanasyeva Yu.F.* — collection and processing of material.

Funding. The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Received: 17.04.2024 / Accepted: 06.05.2024 / Published: 20.06.2024

Введение. Широкая компьютеризация рабочих мест диктует необходимость исследования зрительной трудовой нагрузки, физиологических особенностей развивающегося утомления и научного обоснования мер профилактики перенапряжения зрительного анализатора. Проблема особенно актуальна в современных условиях трудовой деятельности в связи с ранним началом использования компьютерных дисплеев в учебном процессе в школах, колледжах, вузах. Значительное распространение компьютерных дисплеев привело к тому, что характер труда человека приобрёл новую качественную специфику, обусловленную воздействием нового внешнесредового фактора [1–3]. По данным ряда исследователей число жалоб при работе на компьютерном дисплее связано с нарушением зрительной функции. При этом распространённость расстройства зрения функционального характера (астенопии), сопровождающегося повышенной утомляемостью при выполнении зрительной работы, среди пользователей видеодисплейных терминалов составляет от 55% до 81% [4].

Несмотря на многочисленные отечественные и зарубежные исследования, направленные на изучение зрительного анализатора, физиологические механизмы зрительного утомления у работников исследованы неполно. По мнению М.Е. Ланцбург [5], зрительное утомление может локализоваться в механизмах первичной организации сигнала (аппарат рефракции, аккомодации, конвергенции) и защиты рецепторных полей (зрачок, веки), механизмах первичного анализа (сетчатка) и вторичного анализа (организация сигнала), а также в механизмах окончательного анализа (подкорковые и корковые структуры). В связи

с этим зрительное утомление можно классифицировать как мышечное, сенсорное, психическое и смешанное.

Под зрительным утомлением понимают развитие функциональных изменений в структурах, обеспечивающих зрительное восприятие, приводящих к ухудшению показателей зрительной деятельности или увеличению её стоимости.

В настоящее время информация на экране компьютерного дисплея обычно представлена в двух основных видах: буквенно-цифровом и графическом. Практически существуют единичные работы, отражающие влияние различного типа информации на функциональное состояние зрительного анализатора профессиональных пользователей компьютерных дисплеев, что указывает на необходимость проведения таких исследований.

Связь зрительного утомления со временем работы с компьютерным дисплеем в течение смены обусловлена тремя составляющими, неодинаковыми по выраженности утомляющего воздействия: продолжительностью работы с экраном, клавиатурой, бумажным документом (при его наличии на рабочем месте) [6, 7]. Недостаточно изученным является вклад стажа в развитии зрительного утомления при разных видах работ.

Обзор современной научной литературы показал, что исследования состояния органа зрения у работающих с компьютерными дисплеями не обнаружили специфических изменений. Частота распространённости миопии, гиперметропии, астигматизма, пресбиопии и эмметропии не различалась в одинаковых возрастных группах лиц, использующих компьютерные дисплеи и занятых другой

зрительной работой, что подтверждено в длительных наблюдениях за работающими [8–10]. В научной литературе широко обсуждается вопрос воздействия компьютерных дисплеев на зрительные и психофизиологические функции лиц сенситивного возраста (дети и подростки) [11–14], но влияние компьютерных дисплеев на развитие приобретенной миопии у школьников с 5 по 11 класс остаётся недоказанным.

Одной из важных проблем, обсуждаемых исследователями в течение последних лет, является негативное влияние компьютеризации на состояние здоровья населения. Американской ассоциацией офтальмологов в 1998 г. выделен комплекс различных симптомов у пользователей компьютеров, смартфонов, игровых приставок и др., который получил название *computer vision syndrome (CVS)* — компьютерный зрительный синдром (КЗС). Органические поражения глаза, такие как глаукома и катаракта, длительная работа с дисплеями не вызывает. Однако при взаимодействии с компьютерными дисплеями происходит быстрое испарение защитной плёнки глаза, т. к. роговица получает недостаточно влаги [15], также может развиваться или прогрессировать уже имеющаяся близорукость. Заболевания защитного аппарата глаза (конъюнктивиты и блефариты) у пользователей компьютерных дисплеев встречаются чаще, чем у других людей. Для правильного понимания физиологического механизма возникновения КЗС необходимы дальнейшие исследования в этой области [16–18].

В настоящее время комплексные физиолого-гигиенические исследования направлены на обоснование оптимального и допустимого уровня зрительных нагрузок при работе с компьютерными дисплеями в зависимости от типа отображаемой информации на экране и изучение различных подходов к мероприятиям по профилактике перенапряжения органа зрения [7, 18, 19]. Исследователи сходятся в том, что при работе с компьютерными дисплеями нужны перерывы и увеличение объёма и интенсивности двигательной активности, при этом необходимо дополнительное научное обоснование зависимости состояния зрительного анализатора от напряжённости визуальной деятельности в динамике смены.

Цель исследования — оценить уровень зрительной нагрузки и напряжённости труда, особенностей зрительного утомления в трудовой деятельности с использованием компьютерных дисплеев для разработки мер профилактики утомления.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе института и поликлинического отделения ФГБНУ «НИИ МТ» и включало изучение физиологических особенностей формирования зрительного утомления в зависимости от уровня сенсорной зрительной нагрузки при трудовой деятельности с использованием компьютерным дисплеями. К исследованию допускались лица, не имеющие выраженной патологии зрения и признаков острых заболеваний.

Первый этап исследований включал изучение особенностей развития утомления при различной продолжительности работы с компьютерным дисплеем с учётом суммарного времени использования экрана и количества переключений взгляда. Обследуемые профессиональные группы пользователей компьютерных дисплеев: переводчики, редакторы информационного агентства, операторы ввода данных со стажем работы на дисплее от 1 до 8 лет (56 человек, из них 37 женщин и 19 мужчин). Контрольная группа включала работников, выполняющих аналогич-

ную работу с помощью бумажных носителей информации: переводчики, редакторы, корректоры (25 человек, из них 15 женщин и 10 мужчин). Средний возраст исследуемых — $31,4 \pm 2,7$ года, средний стаж работы — $8,25 \pm 1,3$; средний стаж использования дисплеев — $5,38 \pm 1,3$ года.

Второй этап исследования предполагал изучение влияния двух факторов на физиологические зрительные функции: 1) тип изображения информации (буквенно-цифровая и графическая) и 2) большая продолжительность работы с экраном, чем в первом случае (4 ч или 9 ч — против 2 ч 20 мин.). В качестве объекта исследования были выбраны две профессиональные группы операторов компьютерных дисплеев: телеграфистки, работающие с буквенно-цифровой информацией (30 женщин). Средний возраст обследуемых составил $22,7 \pm 1,1$ года, стаж — $2,6 \pm 0,1$ года. Во вторую группу вошли раскладницы края ткани (20 женщин), работа которых связана с графическим изображением информации (средний возраст $21,5 \pm 1,4$ года, стаж — $2,4 \pm 0,1$ года). Оценка уровня нервно-эмоциональных нагрузок проводилась в соответствии с Руководством [20]. Использовано однократное офтальмо-физиологическое исследование, а также психофизиологическое исследование в динамике рабочей смены: перед началом рабочей смены, через 1,5–2 часа работы, перед обеденным перерывом, через 10–20 мин. после него, перед окончанием рабочего дня при 8-часовой рабочей смене и дополнительно через 10 часов и в конце 12-часовой смены. Особое значение придавалось почасовому изучению зрительного анализатора в зависимости от продолжительности фиксации взгляда операторов на экране компьютерного дисплея: 1 час, 2 часа, 3 часа и т. д. до 9 часов чистого экранного времени.

Перед началом исследования у каждого испытуемого был проведён наружный осмотр органа зрения, исследование методом фокального освещения, с помощью которого осмотрели склеру, роговицу, переднюю камеру, радужную оболочку и зрачок, исследование методом проходящего света для выявления начальных изменений в хрусталике и стекловидном теле. Для исследования глазного дна применялся метод офтальмоскопии, который позволил оценить состояние сетчатки, диска зрительного нерва и сосудов глазного дна. Оценка остроты зрения проводилась с помощью таблиц оптотипов Головина–Сивцева, а цветоощущения — полихроматических таблиц Рабкина. У испытуемых не было выявлено патологических изменений в органе зрения и его функциях.

Физиологические методы включали оценку функционального состояния зрительного анализатора по показателям абсолютного объёма аккомодации (ОА), ближайшей и дальнейшей точек ясного видения, времени восприятия последовательного контраста (ВВПК) и хроматической адиспаропии (ХА) [21]. Дополнительно проводилась субъективная оценка симптомов зрительного утомления при помощи анкетирования [22].

Исследование проведено в соответствии с Международным кодексом медицинской этики (1949) и положениями Хельсинской декларации по доклиническим и клиническим исследованиям на людях и животных, принятой Всемирной медицинской ассоциацией (1964). До начала исследования все обследуемые были ознакомлены с методикой его проведения, сопутствующими рисками и подписали информированное добровольное согласие.

Использовались следующие методы вариационной статистики: сравнение результатов при помощи критерия

Вилкоксона и критерия Краскела–Уоллиса для независимых выборок, выявление различий между группами по средним значениям (по *t*-критерию Стьюдента). Применяли корреляционный анализ (коэффициент корреляции *r* — Пирсона), дискриминантный анализ. Данные обработаны при помощи статистического пакета *Statistika Base*.

Результаты. Профессиографические методы позволили охарактеризовать структуру деятельности работников, затраты времени на отдельные производственные работы, рассчитать время общей рабочей загрузки, время фиксации взора на экране дисплея. Полученные результаты представлены в *таблице*.

Общий процент рабочей загрузки в течение 8 ч работы составил у переводчиков-пользователей компьютерных дисплеев 91%, у переводчиков контрольной группы; у редакторов обеих групп — 76%; у операторов — 81%. Более значительное производительное время у переводчиков основной группы по сравнению с контрольной при одном и том же объёме работ обусловлено совмещением творческой деятельности с операторскими функциями.

По результатам исследования, длительность сосредоточения на экране (в течение всей смены) составила у переводчиков 140 мин. (2 ч 20 мин.), у редакторов 80 мин. (1 ч 20 мин.), у операторов 98 мин. (1 ч 38 мин.). Наибольшее число переключений взгляда за смену отмечено у операторов — 19 780. С бумажным текстом длительнее других работают редакторы — 4 ч в день.

Труд переводчиков в наибольшей степени сочетает в себе интеллектуальный и технический компонент. У них при меньшем (по сравнению с другими группами) объёме работ максимальное производительное время 91%. Переводчики работают с компьютерным дисплеем столько же времени, сколько операторы (5,5 ч), однако суммарное время сосредоточения взора на экране у переводчиков составляет максимальную величину — 2 ч 20 мин. Приближаются к ним по данному показателю мало стажированные операторы (2 ч).

Учёт факторов возраста и стажа работы с компьютерным дисплеем позволяют говорить о том, что мало ста-

жированные операторы смотрят на экран 120 мин. в смену, а стажированные — 72 мин. в смену, т. е. в 1,67 раза меньше. При этом наибольший объём работ наблюдается у операторов 30–40 лет, чей стаж работы с компьютерным дисплеем насчитывает 5–8 лет. Общее время работы с компьютерным дисплеем примерно одинаково в группах переводчиков и операторов — 5,5 часов.

Принимая в расчёт факторы напряжённости аналитических функций, уровень эмоциональных и интеллектуальных нагрузок, в соответствии с Руководством [20], деятельность переводчиков можно отнести к классу 3.2, редакторов и операторов 3.1, а корректоров (операторов контрольной группы) — ко 2 классу по напряжённости труда. Большое значение в формировании зрительного утомления имеет исходное функциональное состояние органа зрения. Одноразовое офтальмологическое обследование показало, что у всех лиц острота зрения с коррекцией была не ниже 0,9 дптр. Не выявлены также специфические изменения (или отклонения от возрастной нормы) зрительных функций у лиц, работающих с компьютерными дисплеями. Миопическая рефракция слабой и средней степени отмечена у 30% пользователей компьютерных дисплеев и несколько чаще (45%) у лиц контрольной группы.

Трудовая деятельность с использованием экрана компьютерного дисплея влияет на изменения рефракции в зрительной системе, т. е. на аккомодационную функцию глаза и её составляющие: ближайшую и дальнейшие точки ясного видения. Эта функция характеризует изменения в периферической системе зрительного анализатора и обусловлена способностью цилиарной мышцы к максимальному сокращению или расслаблению, соответственно уплощению или возрастанию кривизны хрусталика. Исследования аккомодации позволяют оценивать моторный компонент органа зрения.

Физиологические исследования величин изменения объёма аккомодации (ОА) выявили наибольшие различия между группами лиц, работающих с компьютерными дисплеями, и работниками контрольных групп. Полученные

Таблица / Table

Показатели загрузки рабочего дня у операторов компьютерных дисплеев
Workload indicators for computer display operators

Факторы трудового процесса	Профессиональные группы				
	Переводчики	Редакторы	Операторы	Телеграфисты	Раскладницы тканей
	Тип информации				
	Буквенно-цифровая				Графическая
Суммарное время фиксации взора на дисплее (ч, %) — за 8 ч рабочей смены	2 ч 20 мин. 29,2%	1 ч 20 мин. 16,7%	1 ч 38 мин. 20,4%	4 ч. 50%	4 ч. 33,3%
— за 12 ч рабочей смены	—	—	—	—	9 ч. 75,0%
Общий процент рабочей загрузки	7 ч 17 мин. 91,0%	6 ч. 76,0%	6 ч 28 мин. 81,0%	7 ч. 87,5%	9 ч 35 мин. 80,0%
Число переключений взгляда	8740	2590	19 780	—	—
Общая продолжительность работы с дисплеем (ч, %)	5 ч 30 мин. 70,0%	2 ч. 25,0 %	5 ч 30 мин. 70,0%	6 ч 17 мин. 78,5%	9 ч 18 мин. 77,5%

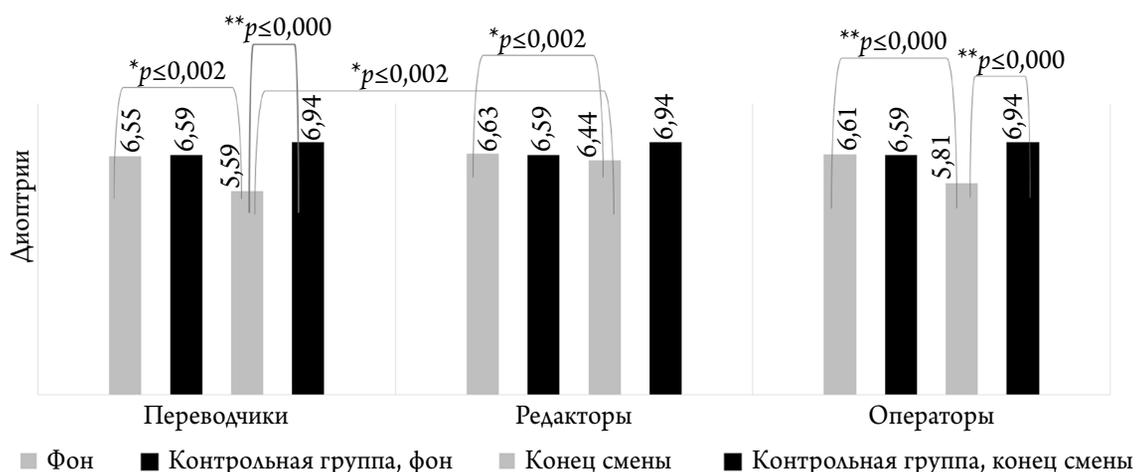


Рисунок. Сравнительный анализ показателей объёма аккомодации у переводчиков, редакторов, операторов и лиц контрольных групп.

Примечание: статистически достоверные различия между периодами обследования (фон и в конце смены) и группами ($p \leq 0,000$; $p \leq 0,002$).

Figure. Comparative analysis of indicators of the volume of accommodation among translators, editors, operators and persons in control groups.

Note: statistically significant differences between the examination periods (background and at the end of the shift) and groups ($p \leq 0,000$; $p \leq 0,002$).

данные отражают небольшое увеличение объёма аккомодации у пользователей компьютерных дисплеев в первые часы работы. В последующие часы работы наблюдается уменьшение объёма аккомодации более значительное при большом времени фиксации взгляда на компьютерном дисплее (рисунок). Достоверное уменьшение ($p \leq 0,002$) объёма аккомодации на 0,44–1,0 дптр после 7 ч работы получено в группе переводчиков (различия с контрольной группой значимо $p \leq 0,000$).

Наблюдалось менее выраженное снижение объёма аккомодации у работников профессиональной группы редакторы, которое составило 0,19 дптр ($p \leq 0,002$), что, по-видимому, обусловлено меньшим суммарным временем использования экрана 1 ч 20 мин. против 2 ч 20 мин. у переводчиков, различия между группами статистически значимы ($p \leq 0,002$).

Как видно из рисунка, у операторов сдвиг показателя ОА к концу смены составил 0,80 дптр. ($p \leq 0,000$) и приближается к значению полученному у переводчиков. Операторы проводят за компьютерным дисплеем столько же времени, сколько переводчики (5,5 часов). Физиологические исследования величин изменений ОА выявили наибольшее различия между группами лиц, работающих с компьютерными дисплеями и контрольных групп, что наиболее характерно для переводчиков ($p \leq 0,000$) и операторов ($p \leq 0,000$).

По результатам физиологических исследований достоверное уменьшение объёма аккомодации (ОА) к концу дня получено у переводчиков и мало стажированных операторов (различия в показателях при сравнении с контрольными группами значимы), у работников при времени сосредоточения на экране 2 и более часов в смену (соответственно 140 и 120 мин.).

Подобная закономерность подтвердилась при сравнении результатов, выявленных у операторов с разным стажем работы. Так, у работников в мало стажированной группе после 7 ч работы выявлены достоверные неблагоприятные сдвиги аккомодации: уменьшение объёма на 0,42 дптр и приближение дальнейшей точки на 0,15 дптр.

При сравнении динамики аккомодации групп операторов 20–29 лет и 30–40 лет (стаж работы на дисплее: 5–8 лет) отмечена лишь тенденция к ухудшению показателей с увеличением возраста.

У редакторов и стажированных операторов подобные изменения отсутствовали. В то же время у последних лучшее время работы с компьютерным дисплеем было таким же, как у переводчиков и у мало стажированных операторов (5,5 ч), но продолжительность фиксации взгляда на экране была меньше 2 часов (72 мин.). Дискриминантный анализ позволил выделить динамику объёма аккомодации как наиболее информативный признак, разделяющий основные и контрольные группы ($p \leq 0,05$). Корреляционный анализ выявил взаимосвязь между уменьшением объёма аккомодации и увеличением времени работы с экраном ($r = -0,76$). Таким образом, наблюдалась прямая связь между неблагоприятным сдвигом объёма аккомодации в динамике смены и суммарной длительностью фиксации взгляда на экране. Причём достоверные сдвиги отмечались при продолжительности сосредоточения взгляда на экране 2 и более часов в смену.

Динамика аккомодации была неодинаковой у операторов ввода данных с различной рефракцией глаз. Операторы с миопией показали после 8 часов работы достоверное приближение дальнейшей точки на 0,16 дптр. У операторов с эметропией и гиперметропией до 2,0 дптр после 4 часов работы было выявлено достоверное удаление ближайшей точки на 0,53 дптр и после 8 часов работы — на 0,37 дптр при неизменном положении дальнейшей точки. Полученные результаты указывают на особенности характера изменений аккомодации, обусловленные разной рефракцией глаз: при миопии отмечалось приближение дальнейшей точки, при эметропии и слабой гиперметропии удаление ближайшей точки.

Результаты исследования времени восприятия последовательного контраста (ВВПК) выявили отсутствие различий в начальных значениях показателя в основных и контрольных группах. Достоверное снижение этого показателя наблюдалось у переводчиков-пользователей дис-

плевее после 3 и 7 часов работы соответственно: $1,84 \pm 0,53$ и $2,75 \pm 0,55$; $p < 0,05$. Эту группу отличает наибольшая рабочая нагрузка: 91% рабочего времени. Наблюдалась прямая корреляционная связь между ВВПК и увеличением рабочей нагрузки: $r = -0,87$ ($p \leq 0,05$).

По результатам исследований, выделен фактор, от которого зависит степень развития утомления при различных видах работ с компьютерными дисплеями: суммарное время фиксации взора на экране в течение смены. С этим фактором связаны неблагоприятные изменения объёма абсолютной аккомодации и субъективных оценок утомления. Действие этого фактора можно объяснить влиянием на человека особенностей изображения на экране компьютерного дисплея (самосветимость, дискретность во времени и пространстве, блёскость).

При анализе результатов исследования обращает на себя внимание более значительная выраженность субъективных показателей утомления по сравнению с объективными. Характерными являются жалобы на покраснение век и глазных яблок, слезотечение, жжение, песок в глазах, размытость предметов, повышенную чувствительность к свету, диплопию, боли в области лба, редко отмечается временная потеря зрения, а также светобоязнь. Очевидно, чувство дискомфорта, которое отражает объективные изменения в состоянии зрительной системы, может вызываться, с одной стороны, факторами трудового процесса. С другой стороны, чувство дискомфорта в значительной степени определяется состоянием здоровья в целом и психологическими причинами. Множественностью причин, обуславливающих жалобы работников, объясняется неоднократно описанное в литературе противоречие между сохранением функциональных показателей в течение рабочего дня в пределах физиологической нормы и большим числом астенопических жалоб, высоким уровнем заболеваемости, трудностями в подборе кадров на зрительно-напряжённые работы с компьютерным дисплеем [23]. Многочисленность случаев подобного рассогласования вызвала предположение, что структура и выраженность субъективных симптомов утомления может служить критерием утомительности зрительно-напряжённого труда [4, 24–26].

В настоящем исследовании установлено, что после 3 и 7 часов работы средние субъективные оценки зрительного утомления у переводчиков-пользователей компьютерных дисплеев и операторов были достоверно выше, чем в контрольных группах. Однако у редакторов-пользователей компьютерных дисплеев в конце работы оценка зрительного утомления была достоверно ниже, чем в контрольной группе. Среди лиц, работающих с дисплеями, наблюдались в конце дня самые высокие значения по шкалам зрительного и общего утомления в группе переводчиков, различия с двумя другими группами пользователей компьютерных дисплеев достоверны. Выявлена прямая корреляция между ростом субъективных оценок зрительного и общего утомления и увеличением суммарного за смену времени сосредоточения на экране: $r = 0,77$ ($p \leq 0,05$).

В группе операторов после 3 часов работы выявлена жалоба на резь в глазах. После 7 ч работы во всех основных группах респондентов отмечается покраснение глаз. В группе переводчиков и операторов наблюдаются неприятные ощущения в висках. Характерно, что степень выраженности симптома (покраснение глаз) в 2,4 раза выше у переводчиков, чем у операторов. В контрольных группах отдельные симптомы утомления отсутствовали. Из от-

дельных симптомов утомления только операторами после 3 ч работы выделена жалоба на резь в глазах. После 7 ч работы резь в глазах отмечена во всех основных группах, покраснение глаз у переводчиков и операторов, неприятные ощущения в висках — у операторов. В контрольных группах отдельные симптомы утомления отсутствовали.

По результатам исследований выявлена взаимосвязь между увеличением времени сосредоточения на экране компьютерного дисплея и ростом субъективных оценок утомления. Наиболее широкий спектр отдельных симптомов утомления выявлен при наибольшем числе переключений взгляда (у операторов ввода данных). Помимо факторов, определяемых спецификой работы с компьютерным дисплеем (длительность фиксации взора на экране и число переключений взгляда), на рост субъективных оценок утомления могут оказывать влияние эмоционально-личностные особенности пользователей компьютерных дисплеев (тревожность, ипохондрическая и депрессивная акцентуация).

На втором этапе исследований представляло интерес сравнить уровень развития утомления у пользователей компьютерных дисплеев и представителей других зрительно-напряжённых профессий, принимая во внимание, что работа с экраном компьютерного дисплея 2 и более часов за смену вызывает напряжение органа зрения. Полученные результаты позволили по критерию сенсорных и нервно-эмоциональных нагрузок напряжённости труда отнести работу телеграфисток к классу 3.1, раскладчиц тканей — к классу 2 [20].

Сравнивая показатели, характеризующие функцию аккомодации у специалистов, работающих с компьютерным дисплеем (телеграфистки, буквенно-цифровой тип изображения) и (раскладчицы тканей, графический тип изображения информации на экране монитора), можно отметить, что в первую половину рабочего дня ОА снижается на одну и ту же величину ($0,38-0,4$ дптр). Однако это снижение аккомодации обусловлено: у телеграфисток — за счёт приближения самой дальней точки ясного видения; а у раскладчиц — за счёт удаления ближайшей точки ясного видения. Аналогичная тенденция (приближение самой дальней точки) была отмечена у работников других профессиональных групп. Наблюдалось достоверное приближение самой дальней точки (псевдомиопия) у переводчиков и редакторов основных групп на $0,21-0,25$ дптр и контрольных групп на $0,17-0,19$ дптр. Изменения величины ближайшей точки были недостоверны ($p \geq 0,05$).

У пользователей компьютерных дисплеев буквенно-цифрового (телеграфистки) и графического (раскладчицы) типа изображения информации во вторую половину рабочего дня объём аккомодации снижался. У раскладчиц через 10 часов работы показатели объёма аккомодации сохранялись на том же уровне, что и к 4 и 8 часам смены. Т. е. можно отметить установившееся «плато», после которого к концу смены (к 12 ч работы), объём аккомодации продолжал достоверно снижаться. В конце смены у лиц обеих групп уровни объёма аккомодации практически одинаковы, но у телеграфисток они достигают данной величины через 8 ч работы, а у раскладчиц — только через 12 ч работы.

Изучение функционального состояния зрительного анализатора, (по времени восприятия последовательного контраста — ВВПК и хроматической адиспаропии — ХА) свидетельствует о том, что у пользователей обеих групп под влиянием работы с компьютерным дисплеем в тече-

ние рабочего дня (за различные отрезки времени) развивается зрительное утомление. По мнению Коваленко В.В., Гавриловой Л.М. [25] снижение показателя ВВПК на 15% по сравнению с исходной, рассматривается как критерий зрительного утомления.

Показатели ВВПК (время восприятия последовательного контраста) у группы телеграфисток в начале рабочего дня составляло $10,23 \pm 0,52$ сек., в конце рабочего дня $9,13 \pm 0,40$ сек. ($p \leq 0,05$); а в группе раскладниц соответственно — $9,85 \pm 1,0$ сек. и $7,95 \pm 0,36$ сек. ($p \leq 0,05$). Показатель ХА (хроматическая адиспаропия) у телеграфисток в начале рабочего дня составлял $13,30 \pm 0,90$ сек. и снижался до $10,77 \pm 0,30$ сек. в конце рабочего дня; у раскладниц соответственно — от $14,45 \pm 0,84$ сек. до $11,58 \pm 0,39$ сек. ($p \leq 0,05$). В проводимом нами исследовании время восприятия последовательного контраста у телеграфисток (после 8 часов работы) снижается на 20,53%; а у раскладниц после 10 часов работы снижается на 15,74%; после 12 ч работы — на 19,29%. Изменение величины ХА выявлено на статистически значимом уровне, что также может быть расценено как развитие зрительного утомления в динамике рабочего дня. Таким образом, показатели ВВПК и ХА, характеризующие процесс развития зрительного утомления, снижаются в обеих группах с увеличением времени фиксации взора на экране компьютерного дисплея. Полученные результаты подтверждаются расчётом корреляционных связей. Однако развитие процессов зрительного утомления в группе операторов (работающих с буквенно-цифровым изображением) происходит раньше по времени, чем у работающих с графической информацией на экране компьютерного дисплея. Это связано с тем, что визуальные стимулы воспринимаются с помощью системы символов. Телеграфистки, обрабатывая текст телеграмм, воспринимают значительно больше символов, чем раскладницы, работающие с деталями кроя. Поэтому для телеграфисток характерны более ранние и выраженные изменения в зрительном анализаторе, чем у раскладниц. Таким образом, нагрузка на орган зрения (при одинаковой продолжительности работы с компьютерным дисплеем), выше у операторов, работающих с буквенно-цифровой информацией, чем у операторов компьютерных дисплеев с графическим изображением информации.

Для решения проблемы нормирования зрительной нагрузки в ходе исследования была измерена величина изменения абсолютного объёма аккомодации через 1 ч и 2 ч 30 мин. работы. Величина изменений абсолютного объёма аккомодации оказалась одинакова в обеих группах работников. Рост показателей изменений в группах начинает появляться только через 3 ч фиксации взора на экране дисплея. Зрительное утомление проявляется в снижении временных показателей ХА и ВВПК на 17,9% у телеграфисток и на 14,3% у раскладниц. Выраженное зрительное утомление у телеграфисток наблюдается уже при 4-часовой фиксации взора на экране компьютерного дисплея. В то же время временные показатели у раскладниц, достоверно начинают снижаться после 7 ч работы с компьютерным дисплеем. В этом случае абсолютные значения и изменение изучаемых параметров зрительного анализатора у раскладниц (после 7 часов работы с графической информацией), соответствуют аналогичным показателям у телеграфисток (после 4 часов работы с буквенно-цифровой информацией).

Дополнительно был проведён парный корреляционный анализ взаимосвязи между показателями ОА, ВВПК,

ХА и временем фиксации взора на экране во всех группах работников. Согласно полученным результатам, у телеграфисток высокая взаимосвязь между показателями ОА, ВВПК, ХА и временем фиксации взора на экране наблюдалась в интервале от 2 до 4 часов ($r=0,803$, $r=0,789$, $r=0,788$, $p \leq 0,01$), а у раскладниц в интервале от 7 до 9 часов ($r=0,787$, $r=0,810$, $r=0,781$, $p \leq 0,01$) после начала работы. Анализ корреляционных связей показывает, что время фиксации взора на экране компьютерного дисплея оказывает наибольшее влияние на характер и глубину физиологических изменений в органе зрения. У тех, кто работает с буквенно-цифровой информацией, физиологические изменения формируются за более короткий промежуток времени, чем у работающих с графическим типом отображения информации.

Определены оптимальные и допустимые уровни суммарного времени фиксации взора на экране компьютерного дисплея в зависимости от типа обрабатываемой информации, которые были рекомендованы и включены в новую редакцию Руководства.

По результатам исследований разработаны меры профилактики перенапряжения органа зрения, включающие офтальмологический профессиональный отбор и медицинские осмотры лиц, работающих с компьютерными дисплеями.

Профессиональный отбор по критерию оценки состояния органа зрения имеет целью определить, удовлетворяют ли анатомическое и функциональное состояния зрительной системы человека, предполагающего работать в данной профессии, конкретным условиям труда. При составлении требований к медицинским осмотрам все варианты труда с компьютерными дисплеями были поделены на 3 типа в зависимости от вида и объёма (количество знаков) работы, а также сменного времени пользования компьютерным дисплеем.

Главными критериями оценки состояния органа зрения являются острота зрения и рефракция. Более серьёзные ограничения для лиц с близорукостью диктуются влиянием работы с компьютерными дисплеями на её прогресс, а ограничения для лиц с дальнозоркостью и астигматизмом — повышенным зрительным утомлением и склонностью к астигматизму.

Требования к остроте зрения, рефракции, аккомодации и бинокулярным функциям зависят от категории работ с компьютерным дисплеем, возраста обследуемого и того, поступает он на работу с компьютерным дисплеем (более жёсткие требования) или участвует в повторном медосмотре (менее жёсткие требования). Дополнительное требование к лицам, работающим с компьютерными дисплеями, на которых цвет несёт информационную нагрузку — наличие нормального цветоощущения.

Противопоказанием к работе служит наличие некомпенсированной глаукомы, при более напряжённой зрительной работе — склонность к повышению глазного давления, а также хронические воспалительные или аллергические заболевания защитного аппарата и оболочек глазного яблока, а также все заболевания глаз, сопровождающиеся слезотечением и светобоязнью.

Обобщение и накопление данных по проблеме зрительного утомления позволит внести дополнения в существующие нормативно-методические документы.

Проведённые исследования послужили основанием для разработки рекомендаций по оптимизации режима труда и отдыха. Стоит отметить, что зарубежные иссле-

дователи говорят о двух вариантах перерывов в динамике рабочей смены: частые микроперерывы каждые 15 минут работы или 5-минутный перерыв после каждых 30 минут работы [4].

Во время проведения регламентированных перерывов в комнате отдыха (комнате психологической разгрузки) целесообразно выполнять комплексы общеукрепляющих упражнений и специальной зрительной гимнастики (для тренировки наружных мышц глаза, улучшения кровообращения глаз, тренировки аккомодации), что согласуется с литературными данными [19].

Обсуждение. Работа за компьютерным дисплеем многофункциональна и связана с нагрузками на различные системы организма оператора. Компьютерные дисплеи широко используются в различных профессиях, начиная от операторов по вводу и съёму простой информации до переводчиков и редакторов информационных агентств. В зависимости от этого профессиональная деятельность различается по своему характеру и содержанию.

При переходе на компьютерную дисплейную технику напряжённость умственного труда в большей степени связана с усложнением функций ЦНС, предъявляющей особые требования к когнитивной сфере человека (внимание, памяти, мышлению), а также связана с высокой ответственностью оператора за выполняемую работу.

Исследованиями показано, что постоянная визуальная работа с экраном компьютерного дисплея обуславливает у оператора напряжение органов зрения, это проявляется большим числом жалоб [2]. Наиболее типичными являются покраснение век и глазных яблок, слезотечение, затуманивание зрения, жжение или боли в глазах, что характерно для астигматизма (зрительного дискомфорта) и утомления. Выделяют две причины их возникновения: техническая и режимная. Первая связана с особенностями экранного изображения, вторая причина (режимная) обусловлена временем работы с компьютерным дисплеем, т. е. длительностью наблюдения за экраном или продолжительностью фиксации взгляда на экране. При непрерывной работе с экраном компьютерного дисплея первые признаки астигматизма могут отмечаться через 40–45 минут, а через 2 часа такой непрерывной визуальной работы с экраном зрительные функции существенно снижаются.

Н.Ф. Измеров и соавторы (1998) показали, что более чем 4-часовое непрерывное пребывание перед экраном компьютерного дисплея может привести к кумуляции утомления, о чём свидетельствует сохранение дискомфорта после трудового дня и ночного отдыха. У стажированных пользователей компьютерных дисплеев при ежедневной работе более 4 часов изменялась стадийность и циклическая организация ночного сна по сравнению с лицами, не применяющими компьютерные дисплеи, или при стаже менее 2 лет работы с дисплеями. Полученные изменения свидетельствуют о некоторых нарушениях в механизмах долговременной адаптации работающих и о наличии риска возникновения нервно-психических нарушений [2].

По результатам исследований установлено влияние времени фиксации взгляда на экране и частоты переключений взгляда на изменения физиологических показателей

в динамике смены и глубину физиологических сдвигов, а также субъективную оценку утомления. Наблюдалось меньшее напряжение органа зрения при работе с графической информацией на компьютерном дисплее у раскладчиц в отличие от поступающей буквенно-цифровой информации у телеграфисток.

Определены оптимальные и допустимые уровни суммарного времени фиксации взгляда на экране компьютерного дисплея в зависимости от типа обрабатываемой информации. Оптимальный уровень для телеграфисток составляет два часа, а для раскладчиц — три часа экранного времени. Допустимый уровень соответственно составлял от двух до трех часов и от трех до пяти часов фиксации взгляда на экране. Полученные результаты нормирования времени работы с экраном компьютерного дисплея различного типа изображения информации были включены в редакцию Руководства [20].

Одной из мер профилактики развития, как общего утомления, так и утомления органа зрения является правильная организация режима труда и отдыха операторов при использовании компьютерного дисплея. Так, введение кратковременных регламентированных перерывов через 1,5–2 часа работы с экраном компьютерного дисплея позволяет предупредить раннее развитие зрительного утомления. Требования к организации режимов труда и отдыха при работе с компьютерными дисплеями были сформулированы в Санитарных правилах для пользователей видеодисплейных терминалов.

Заключение. Проведённое исследование показало влияние времени фиксации взгляда на экране и частоты переключений взгляда на субъективную выраженность утомления. Выявлено, что работа с графической информацией на компьютерном дисплее в отличие от буквенно-цифровой вызывает меньшее напряжение органа зрения.

При длительности сосредоточения взгляда на экране компьютерного дисплея менее 2 часов за смену признаки зрительного утомления достоверно не различаются с изменениями у лиц, выполняющих аналогичную работу с бумажными носителями информации. Увеличение времени использования экрана приводит к возрастанию отрицательного сдвига объёма аккомодации и наступлению утомления. Развивающаяся функциональная астигматизма может стать причиной развития патологических нарушений органа зрения, что требует внедрения комплекса профилактических мероприятий для работников различных организаций. Исследования в динамике рабочей смены и при почасовой фиксации зрительных нагрузок у работников, использующих компьютерные дисплеи с графическим типом отображения информации, позволили рекомендовать оптимальный уровень нагрузки до 3 часов, допустимый от 3 до 5 часов суммарного наблюдения за экраном компьютерного дисплея, при буквенно-цифровом типе информации, соответственно: до 2 ч и от 2 до 3 ч. По результатам исследований разработаны меры профилактики перенапряжения органа зрения, включающие офтальмологический профессиональный отбор и медицинские осмотры лиц, работающих с компьютерными дисплеями, рекомендации по оптимизации режима труда и отдыха, коррекции психоэмоционального состояния.

Список литературы

- Izmerov N.F., Matyukhin V.V., Kotlyar N.Yu. Physiological-hygienic features of work with video display terminals (VDT). *Extended Abstracts of the Ninth Russian-Finnish Joint Symposium on Occupational Health*. Helsinki; 1994: 127–134.
- Измеров Н.Ф., Матюхин В.В., Пальцев Ю.П., Юшкова О.И. Диалог с ЭВМ опасен для здоровья. *Социальная защита. Серия «Охрана труда»*. 1998; 3: 6–13.
- Матюхин В.В., Шардакова Э.Ф., Ямпольская Е.Г., Елизарова В.В. Обоснование физиолого-эргономических мероприятий по снижению развития зрительного утомления при работе с видеодисплейными терминалами. *Анализ риска здоровью*. 2017; 3: 66–75. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.3.08>
- Parihar J.K.S., Jain V.K., Chaturvedi P., Kaushik J., Jain G., Parihar A.K. Computer and visual display terminals (VDT) vision syndrome (CVDTs). *Medical Journal Armed Forces India*. 2016; 72(3): 270–276. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2016.03.016>
- Ланцбург М.Е., Мойкин Ю.В., Розенблюм Ю.З. Зависимость степени зрительного утомления от сменной длительности работы с видеотерминалами и оценка эффективности мер его профилактики. *Гигиена труда и профессиональные заболевания*. 1992; 4: 12–15.
- Евтушенко А.С., Козак Л.М., Кочина М.А., Яворский А.В. Результаты оценки функционального состояния человека при зрительном труде. *Мир медицины и биологии*. 2015; 50(2): 39–43.
- Ямпольская Е.Г., Бухтияров И.В., Матюхин В.В., Шардакова Э.Ф., Елизарова В.В. Методические подходы к оценке работоспособности зрительного анализатора у профессиональных пользователей компьютеров. *Медицина труда и промышленная экология*. 2014; 8: 29–33.
- Filon F.L., Drusian A., Ronchese F., Negro C. Video Display Operator Complaints: A 10-Year Follow-Up of Visual Fatigue and Refractive Disorders. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019; 16: 2501. <https://doi.org/10.3390/ijerph16142501>
- Wang Y., Zhong X., Zhang Y., Tu Y., Wang L., Chen Y., Zhang C., Zhou W. Visual fatigue following long-term visual display terminal work under different light sources. *Lighting Research & Technology*. 2017; 49(8): 1034–1051. <https://doi.org/10.1177/1477153516677559>
- Muraoka T., Uchimura S., Ikeda H. Evaluating visual fatigue to keep eyes healthy within circadian change during continuous display operations. *Journal of Display Technology*. 2016; 12(11): 1464–1471. <https://doi.org/10.1109/JDT.2016.2606509>
- Догуревич О.А., Сугрובה Г.А. Влияние работы на ПЭВМ с разными видами информации на психофизиологическое состояние подростков. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки*. 2017; 20(4): 65–73. <https://doi.org/10.21685/2307-9150-2017-4-5>
- Махмадов Ш.К. Санитарно-гигиеническая оценка условий пребывания школьников на уроках информатики и их влияние на орган зрения. *Вестник Авиценны*. 2012; 1: 134–137.
- Гурылева М.Э., Галимзянова Г.З. Особенности образа жизни современных школьников с миопией: медико-социологическое исследование. *Вопросы современной педиатрии*. 2011; 10(4): 5–9.
- Чупров А.Д., Воронина А.Е., Петросян Э.А. Профилактика снижения зрения школьников младшего возраста. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2018; 216(4): 95–100. <https://doi.org/10.25198/1814-6457-216-95>
- Toomingas A., Hagberg M., Heiden M., Richter H., Westergren K.E., Tornqvist E.W. Risk factors, incidence and persistence of symptoms from the eyes among professional computer users. *Work*. 2014; 47: 291–301. <https://doi.org/10.3233/WOR-131778>
- Gowrisankaran S., Sheedy J.E. Computer vision syndrome: Are view. *Work*. 2015; 52(2): 303–14. <https://doi.org/10.3233/WOR-152162>
- Randolph S.A. Computer Vision Syndrome. *Workplace Health Saf*. 2017; 65(7): 328. <https://doi.org/10.1177/2165079917712727>
- Калянина Н.И., Никитина В.Н., Ляшко Г.Г., Плеханов В.П. Функциональное состояние зрительного анализатора у пользователей персональных компьютеров. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; (8): 484–489. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-8-484-489>
- Матюхин В.В., Шардакова Э.Ф., Ямпольская Е.Г., Елизарова В.В. Обоснование физиолого-эргономических мероприятий по снижению риска развития зрительного утомления при работе с ВДТ. *Анализ риска здоровью*. 2017; 3: 66–76. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.3.08>
- Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. М.; 2005.
- Точилов К.С. *Практикум по физиологии труда*. Л.: Наука; 1970
- Сорокин Г.А. Интегральная оценка субъективных симптомов для выявления хронического зрительного, двигательного и неспецифического переутомления работающих. *Медицина труда и промышленная экология*. 1998; 11: 15–19.
- Соколов И.А., Малькова Н.Ю. Зрительное утомление в современных условиях и пути его профилактики. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; 5: 39–43. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-5-39-43>
- Кемпи А.И. *Механизм развития функционального напряжения и утомления в прецизионных видах деятельности и меры сохранения работоспособности. Актуальные вопросы психофизиологии зрительно-напряженных работ*. М.; 1990.
- Коваленко В.В., Гаврилова Л.М. Харьковский научно-исследовательский институт гигиены труда и профзаболеваний. *Способ определения зрительного утомления*: пат. 975009 Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий СССР: МПК А61В 3/00, А61В 5/16, А61В 9/00. Бюллетень М 9 43. 1982.
- Cheng X., Song M., Kong J., Fang X., Ji Y., Zhang M., Wang H. Influence of Prolonged Visual Display Terminal Use and Exercise on Physical and Mental Conditions of Internet Staff in Hangzhou, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019; 16: 1829. <https://doi.org/10.3390/ijerph16101829>

References

- Izmerov N.F., Matyukhin V.V., Kotlyar N.Yu. Physiological-hygienic features of work with video display terminals (VDT). *Sotsial'naya zashchita. Seriya «Okhrana truda»*. Helsinki; 1994: 127–134.
- Izmerov N.F., Matyukhin V.V., Paltsev Yu. P., Yushkova O.I. Dialogue with a computer is dangerous to health. *Social protection. Series "Occupational Safety and Health"*. 1998; 3: 6–13 (in Russian).
- Matyukhin V.V., Shardaikova E.F., Yampolskaya E.G., Elizarova V.V. Justification of physiological and ergonomic measures to reduce the development of visual fatigue when working with video display terminals. *Analiz riska zdorov'yu*. 2017; 3: 66–75. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.3.08> (in Russian)
- Parihar J.K.S., Jain V.K., Chaturvedi P., Kaushik J., Jain G., Parihar A.K. Computer and visual display terminals (VDT) vision syndrome (CVDTs). *Medical Journal Armed Forces India*. 2016; 72(3): 270–276. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2016.03.016>
- Lancburg M.E., Mojkin Yu.V., Rozenblyum Yu.Z. Dependence of the degree of visual fatigue on the changeable duration of

- work with video terminals and assessment of the effectiveness of preventive measures. *Gigiena truda i professional'nye zabolevaniya*. 1992; 4: 12–15 (in Russian).
6. Evtushenko A.S, Kozak L.M, Kochina M.L., Yavorsky A.V. Results of human functional states assessment during the visual work. *Mir mediciny i biologii*. 2015; 50(2): 39–43 (in Russian).
 7. Yampolskaya E.G., Bukhtiyarov I.V., Matiukhin V.V., Shardakova E.F., Elizarova V.V. Methodic approaches to evaluation of visual performance in professional computer users. *Med. truda i prom. ekol*. 2014; 8: 29–33 (in Russian).
 8. Filon F.L., Drusian A., Ronchese F., Negro C. Video Display Operator Complaints: A 10-Year Follow-Up of Visual Fatigue and Refractive Disorders. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019; 16: 2501. <https://doi.org/10.3390/ijerph16142501>
 9. Wang Y., Zhong X., Zhang Y., Tu Y., Wang L., Chen Y., Zhang C., Zhou W. Visual fatigue following long-term visual display terminal work under different light sources. *Lighting Research & Technology*. 2017; 49(8): 1034–1051. <https://doi.org/10.1177/1477153516677559>
 10. Muraoka T., Uchimura S., Ikeda H. Evaluating visual fatigue to keep eyes healthy within circadian change during continuous display operations. *Journal of Display Technology*. 2016; 12(11): 1464–1471. <https://doi.org/10.1109/JDT.2016.2606509>
 11. Dogurevich O.A., Sugrobova G.A. The impact of working on PC with different types of information on the psychophysiological state of adolescents. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskijregion. Estestvennye nauki*. 2017; 20(4): 65–73. <https://doi.org/10.21685/2307-9150-2017-4-5> (in Russian)
 12. Makhmadov Sh.K. Sanitary-hygienic evaluation of students stay on the informatics lessons and their effect on the vision. *Avicenna Bulletin*. 2012; 1: 134–137 (in Russian).
 13. Gurileva M.E., Galimzyanova G.G. Lifestyle peculiarities of modern myopic schoolchildren: a medico-social study. *Voprosy Sovremennoi Pediatrii*. 2011; 10(4): 5–9 (in Russian).
 14. Chuprov A.D., Voronina A.E., Petrosyan E.A. Primary school age: prevention of visual deterioration. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2018; 216(4): 95–100. <https://doi.org/10.25198/1814-6457-216-95> (in Russian)
 15. Toomingas A., Hagberg M., Heiden M., Richter H., Westergren K.E., Tornqvist E.W. Risk factors, incidence and persistence of symptoms from the eyes among professional computer users. *Work*. 2014; 47: 291–301. <https://doi.org/10.3233/WOR-131778>
 16. Gowrisankaran S., Sheedy J.E. Computer vision syndrome: Are view. *Work*. 2015; 52(2): 303–14. <https://doi.org/10.3233/WOR-152162>
 17. Randolph S.A. Computer Vision Syndrome. *Workplace Health Saf*. 2017; 65(7): 328. <https://doi.org/10.1177/2165079917712727>
 18. Kalinina N.I., Nikitina V.N., Lyashko G.G., Plekhanov V.P. The functional state of the visual analyzer users of personal computers. *Med. truda I prom. ekol*. 2019; 8: 484–489. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-8-484-489> (in Russian).
 19. Matyuhin V.V., Buhtiyarov I.V., Shardakova E.F., Yushkova O.I., Kapustina A.V. Justification of physiological and ergonomic measures to reduce the risk of visual fatigue when working with VDT. *Analiz riska zdorov'yu*. 2017; 3: 66–76. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.3.08> (in Russian)
 20. Guide on Hygienic Assessment of Factors of Working Environment and Work Load. Criteria and Classification of Working Conditions, M.; 2005.
 21. Tochilov K.S. *Workshop on occupational physiology*. L.: Science; 1970 (in Russian).
 22. Sorokin G.A. Integral assessment of subjective symptoms to detect chronic visual, motor and nonspecific overstrain in workers. *Med. truda i prom. ekol*. 1998; 11: 15–19 (in Russian).
 23. Sokolov I.A., Mal'kova N.Yu. Visual fatigue nowadays and ways of its prevention. *Med. truda I prom. ekol*. 2018; 5: 39–43. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-5-39-43> (in Russian).
 24. Kempf A.I. Mechanism of development of functional stress and fatigue in precision activities and measures to maintain efficiency. *Aktual'nye Voprosy psihofiziologii zritel'no-napryazhennyh rabot*. M.; 1990 (in Russian).
 25. Kovalenko V.V., Gavrilova L.M. Kharkov Research Institute of Occupational Hygiene and Occupational Diseases. *Method for determining visual fatigue*: Pat. 975009 USSR State Committee for Inventions and Discoveries of the USSR: IPC A61B 3/00, A61B 5/16, A61F 9/00. Bulletin M 9 43. 1982. (in Russian).
 26. Cheng X., Song M., Kong J., Fang X., Ji Y., Zhang M., Wang H. Influence of Prolonged Visual Display Terminal Use and Exercise on Physical and Mental Conditions of Internet Staff in Hangzhou, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019; 16: 1829. <https://doi.org/10.3390/ijerph16101829>

Информация об авторах:

- Сериков Василий Васильевич* докторант ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова».
E-mail: vasiliy_serikov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7523-4686>
- Юшкова Ольга Игоревна* главный научный сотрудник лаборатории физиологии труда и профилактической эргономики, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», профессор, д-р мед. наук.
E-mail: doktorolga@indox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6704-3537>
- Капустина Ангелина Владимировна* старший научный сотрудник лаборатории физиологии труда и профилактической эргономики ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», канд. биол. наук.
E-mail: ft-matuhin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8631-0074>
- Жбанкова Ольга Владимировна* докторант ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», канд. мед. наук.
E-mail: olgapt@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3588-0859>
- Немаева Анастасия Викторовна* соискатель ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова».
E-mail: nemaeva@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-9111-9263>
- Богданова Валентина Евгеньевна* научный сотрудник лаборатории физиологии труда и профилактической эргономики ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова».
E-mail: ft-matuhin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7123-4117>
- Форверц Анна Юрьевна* младший научный сотрудник лаборатории физиологии труда и профилактической эргономики ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», аспирант.
E-mail: agniiia.forverts@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3485-5221>
- Афанасьева Юлия Фёдоровна* врач-профпатолог, ЗАО Санаторий «Родник».
E-mail: paracels-sochi@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0009-0274-7427>

Information about the authors:

- Vasily V. Serikov* Doctoral Student, Izmerov Research Institute of Occupational Health.
E-mail: vasiliy_serikov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7523-4686>
- Olga I. Yushkova* Chief Researcher, Laboratory of Occupational Physiology and Preventive Ergonomics, Izmerov Research Institute of Occupational Health, Dr. of Sci. (Med.), Professor.
E-mail: doktorolga@indox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6704-3537>
- Angelina V. Kapustina* Senior Researcher, Laboratory of Occupational Physiology and Preventive Ergonomics, Izmerov Research Institute of Occupational Health, Cand. of Sci. (Biol.).
E-mail: ft-matuhin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8631-0074>
- Olga V. Zhbankova* Doctoral Student, Izmerov Research Institute of Occupational Health, Cand. of Sci. (Med.).
E-mail: olgapt@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3588-0859>
- Anastasia V. Nemaeva* Applicant for Izmerov Research Institute of Occupational Health.
E-mail: nemaeva@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-9111-9263>
- Valentina E. Bogdanova* Researcher, Laboratory of Occupational Physiology and Preventive Ergonomics, Izmerov Research Institute of Occupational Health.
E-mail: ft-matuhin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7123-4117>
- Anna Yu. Forverts* Junior Researcher, Laboratory of Occupational Physiology and Preventive Ergonomics, Izmerov Research Institute of Occupational Health.
E-mail: agniiia.forverts@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3485-5221>
- Yulia F. Afanasieva* Occupational Pathologist, CJSC Sanatorium "Rodnik".
E-mail: paracels-sochi@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0009-0274-7427>