

© Евтушенко А. С., *Козак Л. М., **Кочина М. Л., ***Лад С. Н., ****Яворский А. В.

УДК 617. 751-057-07

*Евтушенко А. С., *Козак Л. М., **Кочина М. Л., ***Лад С. Н., ****Яворский А. В.*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФАКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ЗРИТЕЛЬНОМ ТРУДЕ

КУОЗ «Харьковская городская клиническая больница №14 им. проф. Л. Л. Гиршмана»

***Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН**

Украины и МОН Украины, г. Харьков

****Харьковская медицинская академия последипломного образования**

*****Харьковский национальный медицинский университет**

Целью исследования была оценка функционального состояния человека при зрительном труде с использованием факторных моделей.

В исследовании приняли участие 70 человек в возрасте ($21 \pm 1,5$) года, являющиеся студентами ВУЗа. В качестве визуальной нагрузки испытуемым были предложены тексты, реализованные на бумажном и электронном носителе. В результате анализа результатов исследований выявлено три варианта состояния функциональных показателей зрительной системы после зрительного труда с бумажным и электронным носителями информации. Первый вариант соответствует стабильному функционированию зрительной системы (50-55% испытуемых), второй – соответствует развитию транзитной миопии (20-25% испытуемых), третий – характерен для зрительного утомления (20-25% испытуемых).

Проведенные исследования показали, что оценка функционального состояния человека при зрительном труде должна включать анализ изменения показателей зрительной системы, характеризующих зрительное восприятие на близком расстоянии, центральной нервной системы и психофизиологических показателей.

Ключевые слова: функциональное состояние, зрительный труд, зрительная система, психофизиологические показатели, факторные модели.

Работа выполнена в рамках НИР «Разработка комплексной информационной технологии многоцелевого исследования медико-биологических систем», выполняемой в Международном научно-учебном центре информационных технологий и систем НАН и МОНМС Украины, № гос. регистрации 0111U002093.

Введение. Профессиональная деятельность современного человека, обучение и досуг в большинстве случаев связаны с восприятием визуальной информации с различных носителей, что приводит к значительной вовлеченности в работу зрительной системы. В этих случаях функциональное состояние (ФС) человека существенно зависит от реакции зрительной системы на визуальную нагрузку,

выражающейся в появлении зрительного напряжения и утомления [2,6,7,8]. Эти состояния оказывают влияние не только на качество выполнения работы, но и на ФС человека в целом, что обуславливает значительный интерес к изучению различных видов деятельности, предъявляющих повышенные требования к зрительной системе человека.

Задачи профессиональной пригодности человека к разным видам деятельности неразрывно связаны с задачами профессионального отбора. Решить их можно только на основании оценки функциональных показателей организма в спокойном состоянии и при выполнении тестовых заданий, имитирующих профессиональную деятельность (характер труда, вид воспринимаемой информации, скорость ее предъявления, темп принятия решений, качество труда, наличие ошибок или ошибочных реакций и многое другое). В этой связи особую актуальность приобретает отбор адекватных методов исследования ФС и анализируемых показателей, разработка критериев, на основании которых возможно проведение качественного профессионального отбора на различные специальности.

Поскольку восприятие визуальной информации в процессе профессиональной деятельности вызывает изменения не только в зрительной системе, но и в других системах организма, для их адекватной оценки необходим комплекс методов, позволяющих выявить информативные показатели, разработать критерии профессионального отбора и оценки успешности выполнения зрительных задач.

Целью исследования была оценка функционального состояния человека при зрительном труде с использованием факторных моделей.

Материалы и методы. В данном исследовании нами были использованы показатели функционального состояния зрительной системы, такие как острота зрения (ОЗ) для дали и близи, положительные и отрицательные резервы аккомодации (Ра) для дали и близи, положение ближайших точек ясного зрения (Бт) и конвергенции (Бтк).

Зрительный труд оказывает влияние на состояние центральной нервной системы (ЦНС). Для

оценки изменения состояния ЦНС были использованы следующие показатели: функциональная подвижность нервных процессов (ФНП), количество ошибок, допущенных при проведении исследований ФНП, время запаздывания или латентный период реакции, количество выполненных задач в процессе тестирования, время выполнения коррективной пробы [3].

Кроме того, для самооценки ФС был использован тест ТРАНС (Тревожность, Работоспособность, Активность, Настроение, Самочувствие).

В исследовании влияния зрительного труда на ФС приняли участие 70 человек в возрасте ($21 \pm 1,5$) года, являющиеся студентами ВУЗа. В качестве визуальной нагрузки испытуемым были предложены тексты, реализованные на бумажном и электронном носителе. Для исключения влияния содержания текстов на ФС зрительная нагрузка представляла собой набор букв, среди которых необходимо было находить и выделять заданную букву (на бумажном носителе – зачеркивать, на экране монитора – выделять курсором).

Работа с каждым из носителей информации продолжалась 45 минут (стандартный урок или половина учебной пары) без перерыва, что соответствует санитарным нормам и правилам при работе на персональном компьютере, а также рекомендациям проведения экспертизы трудоспособности [1,3]. С каждой визуальной нагрузкой испытуемые работали в свой день.

Результаты исследования и их обсуждение. Обработка полученных данных с использованием методов описательной статистики и корреляционного анализа позволила сформировать группу

показателей зрительной системы, которые дают возможность оценить динамику ее функционального состояния при зрительном труде. К этим показателям относятся положительные Ра обоих глаз для дали, Бт обоих глаз и Бтк, характеризующие возможности аккомодации для близи. Сравнение средних значений показателей, как до нагрузки, так и после двух видов визуальной нагрузки достоверных отличий не выявило, что может быть связано с вычислением средних значений. При наличии разнонаправленных изменений показателей различия в средних нивелируются.

С целью выявления достоверных отличий нами был проведен анализ распределения показателей в зависимости от направления их изменений (**рис.**).

По **рис.** можно отметить, что зрительная нагрузка, реализованная, как на бумажном, так и на электронном носителе, вызвала рост и снижение Ра практически у одинакового количества испытуемых. Достоверные отличия выявлены только в частоте встречаемости роста показателя и стабильного его значения. Частоты встречаемости роста и уменьшения значений показателей Бт и Бтк почти сходные, они превышают частоту встречаемости стабильных значений, но полученные цифры не позволяют говорить о достоверно преобладающем направлении их изменения. Каждое из направлений изменения и их сочетания характеризуют определенную функциональную реакцию зрительной системы. Первый вариант – стабильное функционирование, при этом показатели зрительной системы не изменяются. Можно отметить, что после текстовой нагрузки на бумажном носителе Ра не изменились у 51 % испытуемых, а после работы на ПК – у 55 %.

По показателям Бт и Бтк, кроме постоянных значений, которые свидетельствуют о стабильной работе системы при адекватной ее возможностям нагрузке, существуют еще два направления изменений – рост, то есть удаление от глаз, и уменьшение – приближение к глазам. Приближение к глазам Бт и Бтк характерно для появления транзиторной миопии, удаление – для развития состояния зрительного утомления [4,5]. Оба варианта изменений наблюдались при обеих нагрузках почти в равном проценте случаев (20-25%).

Поскольку более чем у половины испытуемых не было достоверных изменений показателей можно говорить о сформированных у них механизмах адаптации к предложенным видам деятельности и адекватности визуальной нагрузки возможностям зрительной системы. Время проведения исследования составило 45 минут, что, как было указано ранее, соответствует регламентированному правилам. У остальных испытуемых за указанное время возникли состояния, сходные со зрительным утомлением или спазмом аккомодации. Полученные результаты указывают на необходимость смены деятельности, кратковременного отдыха (по регламенту – 15 минут) для восстановления нормального состояния зрительных функций. К сожалению, как показывает опыт, большинство пользователей ПК

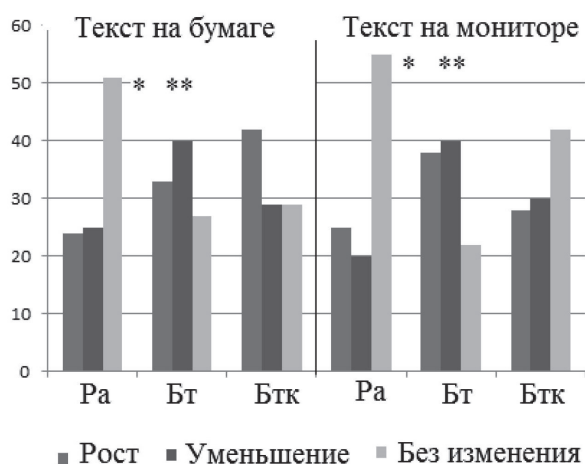


Рис. Распределение показателей зрительной системы в группы в зависимости от частоты встречаемости характера изменения. * – различия в частоте встречаемости роста и отсутствия изменений показателя достоверны ($p < 0,05$); ** – различия в частоте снижения и отсутствия изменения показателя достоверны ($p < 0,05$).

Таблица 1

Структура факторных моделей ФС при разных видах визуальной нагрузки

Условия регистрации	Фактор	Факторная нагрузка	Показатель	Вклад фактора, %	Вклад факторов, %
До нагрузки	Фактор качества	-0,9	К-во ошибочных реакций	35	57
		0,9	Время запаздывания		
		0,4	Количество выполненных задач		
	Фактор работоспособности	0,8	Время корректурной пробы	22	
		0,8	Работоспособность		
Работа с бумажным носителем информации	Фактор качества	-0,9	К-во ошибочных реакций	44	67
		0,9	Время запаздывания		
		-0,4	Работоспособность		
		0,7	СНП		
		0,4	Количество выполненных задач		
	Фактор работоспособности	0,8	Время корректурной пробы	23	
		0,5	Работоспособность		
		-0,6	Количество выполненных задач		
Работа с электронным носителем информации	Фактор качества	-0,9	К-во ошибочных реакций	35	58
		0,9	Время запаздывания		
		0,6	Количество выполненных задач		
	Фактор работоспособности	0,8	Время корректурной пробы	23	
		0,8	Работоспособность		

не соблюдают регламентированные санитарными нормами перерывы, что к концу работы приводит к стойким зрительным астениям.

С использованием показателей, характеризующих состояние ЦНС, самооценки (работоспособность определялась в соответствии с тестом ТРАНС) и качества выполнения зрительных задач (количество ошибочных реакций, время запаздывания, время выполнения корректурной пробы, количество выполненных задач) для этой же группы испытуемых были построены факторные модели функционального состояния испытуемых (табл. 1).

Первый фактор во всех моделях назван нами фактором «качества», его вклад в общую дисперсию составляет от 35% до 44%, второй фактор – «работоспособности» – вносит меньший вклад в общую дисперсию (от 22% до 25%). Суммарный вклад факторов в общую дисперсию составляет от 57% до 67%, что указывает на значительный вклад случайной составляющей. В построенных факторных моделях учитывались только показатели ЦНС и показатели, характеризующие качество выполнения тестовых задач до и после зрительного труда, но не учитывались показатели зрительной системы.

Таблица 2

Структура факторных моделей ФС до и после зрительного труда с бумажным носителем информации

Условия регистрации	Фактор	Факторная нагрузка	Показатель	Вклад фактора, %	Вклад факторов, %
До нагрузки	Аккомодационно-конвергентный фактор	0,9	БтOD	40	73
		0,9	БтOS		
		0,9	Бтк		
	Фактор состояния ЦНС	0,9	К-во ошибочных реакций	33	
		-0,9	Время запаздывания		
		0,5	Работоспособность		
		0,6	СНП		
Работа с бумажным носителем информации	Аккомодационно-конвергентный фактор	0,9	БтOD	43	77
		0,9	БтOS		
		0,9	Бтк		
	Фактор качества	-0,9	К-во ошибочных реакций	34	
		0,9	Время запаздывания		
		-0,7	СНП		

Таким образом, представленный набор показателей позволяет охарактеризовать динамику ФС, но не является специфичным для его оценки именно при зрительном труде.

Представляет интерес исследование факторных моделей ФС, при построении которых были использованы показатели зрительной системы совместно с психофизиологическими показателями. На первом этапе построения факторных моделей были учтены все исследованные психофизиологические показатели и показатели зрительной системы. Полученные конфигурации моделей плохо описывали исследуемую систему, поскольку вклад случайной составляющей доходил почти до 60%. В результате проведенного отбора показателей были получены модели, описывающие до 77% общей дисперсии, что указывает на их хорошее качество.

В табл. 2 представлена структура факторных моделей ФС до и после зрительного труда с бумажным носителем информации. В структуре, как до, так и после зрительного труда были выделены по два фактора. Первый фактор – «аккомодационно-конвергентный» объединяет показатели, обеспечивающие зрительное восприятие на близком расстоянии. Вклад этого фактора в общую дисперсию после зрительного труда возрастает, а конфигурация связей в факторе сохраняется, что указывает на сформированный механизм зрительного восприятия на близком расстоянии в исследуемой возрастной группе.

Второй фактор назван нами «фактором состояния ЦНС», поскольку он объединяет показатели, прямо или косвенно связанные с центральной нервной системой. Конфигурация связей в факторе указывает на однонаправленные изменения работоспособности и СНП. СНП характеризует способность нервной системы человека выдерживать большие нагрузки и раздражители, является индивидуальной особенностью, связанной с выносливостью и работоспособностью. Рост СНП и работоспособности связан с увеличением количества ошибочных реакций при снижении времени запаздывания реакции на стимул.

После визуальной нагрузки конфигурация первого фактора сохранилась, а второй фактор изменился. Конфигурация фактора «качества» указывает на проявления утомления, поскольку снижается СНП, а качество выполнения зрительных задач повышается за счет увеличения времени запаздывания. Вклад факторов в общую дисперсию в результате зрительного труда возрастает с 73% до 77%.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие **выводы**:

1. Выявлено три варианта состояния функциональных показателей зрительной системы после зрительного труда с бумажным и электронным носителями информации, первый вариант характерен для стабильного функционирования (50-55% испытуемых), второй – для транзиторной миопии (20-25%), третий – для зрительного утомления (20-25% испытуемых).

2. Зрительный труд на близком расстоянии, как с бумажным, так и с электронным носителем информации вызывает выраженные изменения не только в состоянии зрительной системы, но и в других системах организма, что должно учитываться при оценке ФС в динамике деятельности.

3. Изменение функционального состояния человека при зрительном труде может быть оценено по психофизиологическим показателям, таким как время выполнения корректурной пробы, работоспособность, количество выполненных заданий, количество допущенных ошибок, времени запаздывания при выполнении тестов. Оценка ФС человека при зрительном труде должна включать анализ изменений показателей зрительной системы, характеризующих зрительное восприятие на близком расстоянии, центральной нервной системы и психофизиологических показателей.

Перспективой дальнейших исследований является разработка информационной технологии оценки функционального состояния человека при работе с разными видами носителей визуальной информации.

Список литературы

1. Даниличев В. Ф. Современная офтальмология: руководство / В. Ф. Даниличев. – Изд. Дом «Питер», 2009. – 684 с.
2. Кочина М. Л. Анализ изменения факторных структур показателей функционального состояния человека при разных видах зрительной нагрузки / М. Л. Кочина, Л. М. Козак, А. С. Евтушенко // Вісник проблем біології і медицини. – 2013. – Вип. 1, том 1(98). – С. 41-45.
3. Шаповалов С. Л. Аккомодационная функция глаза при некоторых видах зрительной работы / С. Л. Шаповалов // Офтальмоэргономика. – М., 1976. – С. 43-52.
4. Шаповалов С. Л. Аккомодация глаза и ее нарушения [Текст]: монография / С. Л. Шаповалов, Т. И. Милявская, С. А. Игнатъев. – Изд-во МИК, 2012. – 188 с
5. Bang J. Assessment of Eye Fatigue Caused by 3D Displays Based on Multimodal Measurements / J. Bang, H. Neo, J. Choi, K. P ark // Sensors. -2014. – Vol. 14. – P. 16467-16485.
6. Sullivan J. Visual fatigue and the deiver / J. Sullivan // Report No. UMTRI-2008-50, October 2008. – 22 p. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : deepblue. lib. umich. edu/. . . /2027. . . /100999. pdf
7. Urvoy M. How visual fatigue and discomfort impact 3D-TV quality of experience: A comprehensive review of technological, psychophysical, and psychological factors / M. Urvoy, M. Barkowsky, P. L. Callet // Ann. Telecommun. – 2013. – Vol. 68. – P. 641 – 655.

8. Visual fatigue monitoring system based on eye-movement and eye-blink detection / [D. Kim, S. Choi, H. Shin, K. Sohn] // In : Proc. SPIE 7863. Stereoscopic Displays and Applications. – 2011. – P. 7863031 – 7863038.

УДК 617. 751-057-07

РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ ФАКТОРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ ПРИ ЗОРОВІЙ ПРАЦІ

Євтушенко А. С., Козак Л. М., Кочина М. Л., Лад С. М., Яворський О. В.

Резюме. Метою дослідження була оцінка функціонального стану людини при зоровій праці з використанням факторних моделей.

У дослідженні взяли участь 70 осіб у віці ($21 \pm 1,5$) рік, які навчалися у ВНЗ. В якості візуального навантаження випробовуваним були запропоновані тексти, реалізовані на паперовому і електронному носіях.

В результаті аналізу результатів досліджень було виявлено три варіанти стану функціональних показників зорової системи після зорової праці з паперовим і електронним носіями інформації. Перший варіант відповідає стабільному функціонуванню зорової системи (50-55% випробовуваних), другої – відповідає розвитку транзиторної міопії (20-25% випробовуваних), третій – характерний для зорового стомлення (20-25% випробовуваних).

Проведені дослідження показали, що оцінка функціонального стану людини при зоровій праці повинна включати аналіз зміни показників зорової системи, які характеризують зорове сприйняття на близькій відстані, центральній нервовій системі та психофізіологічних показників.

Ключові слова: функціональний стан, зорова праця, зорова система, психофізіологічні показники, факторні моделі.

UDC 617. 751-057-07

The Results of Factor Models Usage for Evaluation of Man Functional State during Visual Work

Evtushenko A. S., Kozak L. M., Kochina M. L., Lad S. N., Yavorsky A. V.

Abstract. The performing of different professional tasks, education and leisure in many cases are connected to visual information's perception from the different medium. It conditions the significant involvement of visual system to the work. In these cases the problems of visual perception which are accompanied by tension and fatigue takes the centre stage in human functional state (FS).

The aim of research was evaluation of man functional state during visual work using factor models.

The test group included 88 university students with mean age $20 \pm 1,5$ years old. The texts on paper and digital medium were provided to test persons as the visual load. The acuity of vision, positive reserve of accommodation for distance, position of near point of clear vision and convergence were measured in all test persons.

The number of mistakes during FNP, time of delay and response latency, the number of completed tasks during the test and the time of correction task performing were determined as psychophysiological indexes. The psychological test for performance efficiency dynamics estimation has been used for self-assessment.

The three types of visual system's functional state were determined after the visual work with digital and paper mediums. The first type corresponded to the stable functioning of visual system (50-55% of test persons). The second type corresponded to development of transient myopia (20-25% of test persons). The third type was indicative to visual fatigue (20-25% of test persons).

It was determined that visual work on close distance both with paper and digital medium caused significant changes not only in visual system's state, but also in other systems of organism.

It is confirmed by significant growth of relevant connections between indexes which characterize the system.

The obtained results indicate the informative value of psychophysiological indexes in human FS assessment during the visual work. The time of correction task performing, the number of completed tasks and number of mistakes and response latency during the test tasks performing can be referred to such indexes. The factor analysis use and factor models design for the indexes of visual system and psychophysiological indexes together allowed confirming the high sensitivity and informative value of all these indexes in human FS assessment during the visual work.

The research had shown, that human FS assessment during the visual work must include the analysis of visual system indexes change especially that ones which describe the visual perception on close distance. The psychophysiological indexes, nervous system's state areal so have to be taken into account.

Keywords: functional state, visual work, visual system, psychophysiological indexes, factor models.

Стаття надійшла 26. 11. 2015 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування