

УДК: 612,84-003,96:681,3



РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРИБОРА

Л.Ф. Сайковская

ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, lily_s_f@mail.ru

Предложен способ и устройство для оценки функционального состояния организма в условиях напряженного зрительного труда, приведена схема устройства и результаты исследования частотных характеристик зрительной системы, полученные с его помощью.

**ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС,
КРИТИЧЕСКАЯ ЧАСТОТА СЛИЯНИЯ МЕЛЬКАНИЙ**

Введение

Компьютеры стремительно внедряются в производство, обучение и быт. Значительно облегчая получение и обработку информации, они оказывают негативное влияние на организм человека [1]. Работа профессиональных пользователей персональных компьютеров (ПК) требует повышенных умственных усилий и большого нервно-эмоционального напряжения, решения в ограниченное время сложных задач, высокой концентрации внимания и особой ответственности выполнения производственного задания. Высокие требования к зрительной системе, нервное напряжение, а также монотонный характер труда и вынужденная рабочая поза вызывают большое количество жалоб работающих на повышенное общее и зрительное утомление. Кроме того, у людей, постоянно пользующихся компьютером, отмечается целый ряд функциональных перестроек зрительной системы (например, астиопия, уменьшение объема абсолютной аккомодации, нарушения частотно-контрастной чувствительности, ложная близорукость с тенденцией развития истинной), которые, с одной стороны, обеспечивают максимально возможную адаптацию к специфическому зрительному труду, с другой – приводят к формированию донозологических и патологических состояний [2].

В связи с вышеизложенным, актуальной задачей является разработка способов и устройств для оценки функционального состояния организма человека в условиях напряженного труда, например, при работе за компьютером.

Исходя из доминирующей роли центральной нервной системы (ЦНС) во всех процессах в организме, при исследовании функционального состояния человека в процессе работы с ПК, в первую очередь необходимо контролировать состояние ЦНС. Динамика параметров, характеризующих ее состояние, отображает индивидуальные особенности процессов регулирования в организме в ходе адаптации к нагрузке. При работе с ПК на первое место большинство исследователей ставят его негативное влияние на зрительную систему,

что обусловлено особенностями изображения на экране монитора и характером зрительного труда [1, 2]. Причем помимо необходимости разглядывать мелкие объекты общение с монитором доставляет зрительной системе и еще одно неудобство: внимание оператора почти постоянно направлено в центр экрана, и основная нагрузка приходится на центральную зону сетчатки. Утомлению способствует в значительной мере и то, что снижается работа мышц глазного яблока, а следовательно, и циркуляция крови в сетчатке [1].

Существуют различные методы оценки зрительного утомления. Основываясь на применении традиционного набора методик исследования зрительных функций, зрительное утомление наиболее полно изучено в части мышечного компонента его развития.

В настоящее время наиболее информативными для исследования сенсорного утомления зрительной системы считаются следующие показатели: критическая частота слияния мельканий (КЧСМ), пороги контрастной, электрической и цветовой чувствительности, время моторного ответа на сенсорный зрительный раздражитель, динамика образов и устойчивость ясного видения [3–5].

Одной из широко используемых временных характеристик зрительной системы является критическая частота слияния световых мельканий – частота перехода от видимости мельканий к ощущению их субъективного слияния. КЧСМ является многофакторным индикатором психофизиологического состояния, отражающим текущий уровень активации ЦНС, зависит от лабильности (функциональной подвижности) нервных процессов и чувствительна к изменению психического состояния человека.

Уменьшение значения КЧСМ свидетельствует о развитии утомления ЦНС и организма в целом, увеличение – о наличии возбуждения или стресса [6, 7].

Метод КЧСМ применяется в офтальмологии, офтальмоэргономике, экспериментальной психологии, физиологии и гигиене труда и спорта и был

предложен также для исследования зрительного утомления человека.

Однако в настоящее время в Украине не выпускаются современные устройства, позволяющие проводить исследование и регистрацию КЧСМ как в ручном, так и в автоматическом режимах. Таким образом, целью данной работы является разработка автоматизированного прибора, пригодного для проведения исследований КЧСМ в динамике зрительного труда, а также показать возможность оценки функционального состояния человека при помощи полученного устройства.

1. Материалы и методы

Для исследования динамики КЧСМ у пользователей ПК нами был разработан автоматизированный прибор, включенный в комплекс для диагностики функционального состояния человека [8]. Его структурная схема представлена на рис. 1. Электрическая принципиальная схема данного устройства приведена на рис. 2.

Прибор для исследования КЧСМ построен на основе импульсного генератора с возможностью регулирования частоты импульсов, нагрузкой которого являются четыре тест-объекта (светодиоды разного цвета: красного, синего, зеленого и желтого). Диаметр светового источника составляет 10 мм, дискретность изменения частоты — 0,5 Гц. В существующих в настоящее время устройствах для исследования КЧСМ обычно используются

три цветовых стимула (красный, синий, зеленый). Нами введен дополнительный стимул желтого цвета, что позволяет исследовать особенности функционального состояния оппонентных полей сетчатки в динамике зрительного труда [3].

Суть метода состоит в том, что сетчатка по-разному воспринимает пульсирующий световой сигнал: если частота пульсаций невелика — глаз видит серию вспышек — мельканий, а при большой частоте сигнал воспринимается как ровное свечение. Таким образом, увеличивая частоту пульсаций, можно установить ее граничное значение, за которым глаз перестает различать мелькания. Это значение и называется КЧСМ [4,5]. Исследование КЧСМ является психофизическим методом оценки активности ряда процессов (электрофизиологических, энергетических, биохимических и других), обеспечивающих зрительное восприятие по высокочастотным каналам зрительной системы. КЧСМ характеризует функциональное состояние зрительного анализатора в целом (особенно чувствительна она при патологии сетчатки и зрительного нерва), не зависит от остроты зрения и рефракции, снижается с возрастом [5,9,10]. Кроме того, у разных людей величина КЧСМ при одних и тех же условиях различна, аналогично отличается и динамика показателя [11].

В ходе исследования последовательно, сначала на один, затем на другой глаз испытуемого воздействовали импульсами синего (460 нм), зелено-

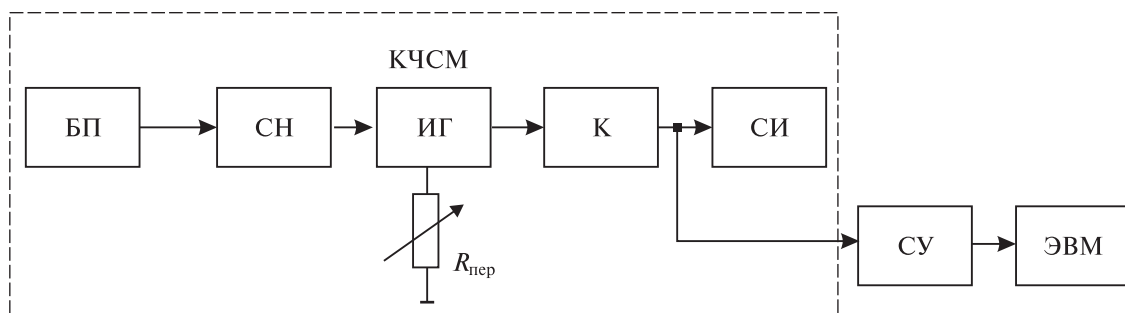


Рис. 1. Структурная схема автоматизированного прибора для исследования КЧСМ: БП — блок питания, СН — стабилизатор напряжения, ИГ — импульсный генератор, К — ключ, СИ — светоизлучатели, СУ — согласующее устройство

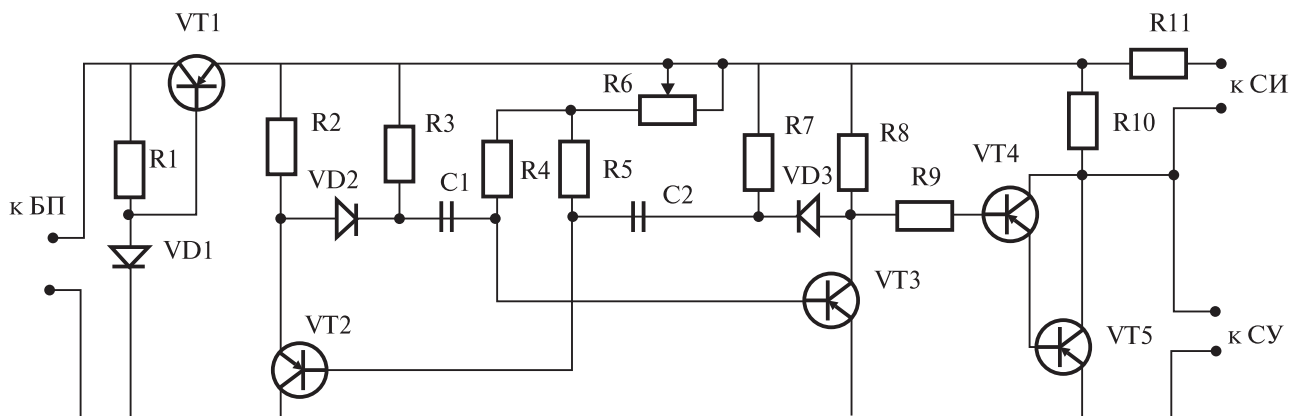


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная автоматизированного прибора для исследования КЧСМ

го (525 нм), желтого (575 нм) и красного (622 нм) цветов, частоту которых плавно увеличивали от 1 до 60 Гц. Во время проведения эксперимента, вращая регулятор частоты мельканий от меньшей частоты к большей, подбирается такая частота цветового стимула, при которой испытуемый начинает воспринимать мелькающий тест-объект как непрерывный. Исследование повторяют трижды для каждого глаза и вычисляют среднюю величину критической частоты слияния мельканий.

Поскольку прибор с помощью согласующего устройства подключен к ПК, полученные в результате исследования КЧСМ данные заносятся в его память.

Под нашим наблюдением находилась группа пользователей из 54 человек в возрасте $21,6 \pm 0,4$ года. Определение КЧСМ было проведено в стандартных условиях до и после выполнения различных тестовых заданий на компьютере. В качестве тестовых заданий были использованы: работа с текстом, реализованным на компьютере, игры на компьютере «DX Ball» и «Пасьянс».

Каждый вид тестовых заданий на компьютере выполнялся испытуемыми в разные дни. До и после выполнения тестового задания испытуемого просили отметить момент полного слияния мель-

каний. КЧСМ—тест повторяли 2–3 раза и учитывали только те данные, которые совпадали при повторном исследовании.

2. Результаты и их обсуждение

Результаты исследования КЧСМ при различных видах нагрузки представлены в таблицах 1, 2 и 3.

В табл. 1 представлены результаты исследования КЧСМ до и после работы с текстовым тестом, реализованным на компьютере.

По данным, приведенным в табл. 1 очевидно, что достоверные изменения в показателях КЧСМ до и после работы имеются для желтого, зеленого и синего цветов. Значения КЧСМ для синего и красного цветов достоверно различаются как до, так и после работы. Очевидно, что наблюдается достоверный рост показателей для зеленого, синего и желтого цветов.

Можно отметить, что между показателями правого и левого глаз существует небольшая разница, которая увеличивается после работы. Такие различия характерны для многих функциональных показателей организма, поскольку рост асимметрии является признаком развития утомления.

В табл. 2 представлены результаты исследования КЧСМ до и после игры «DX Ball». По данным,

Таблица 1

Результаты исследования КЧСМ до и после работы с текстом

Цвет	Красный		Желтый		Зеленый		Синий	
Глаз	Правый	Левый	Правый	Левый	Правый	Левый	Правый	Левый
До	35,8 ± 0,6	36,3 ± 0,4	38,1 ± 0,6	39,6 ± 0,5	40,9 ± 0,8	42,1 ± 0,9	37,8 ± 0,8**	39,0 ± 0,5**
После	35,3 ± 0,7	37,1 ± 0,8	39,5 ± 0,6*	38,1 ± 0,9*	41,3 ± 0,7*	41,2 ± 0,8*	41,1 ± 0,9**	39,3 ± 0,4**

*различия между показателями до и после работы на компьютере достоверны ($P < 0,05$);

** различия между показателями КЧСМ для красного и синего цветов, как до, так и после работы достоверны ($P < 0,05$)

Таблица 2

Результаты исследования КЧСМ до и после игры «DX Ball»

Цвет	Красный		Желтый		Зеленый		Синий	
Глаз	Правый	Левый	Правый	Левый	Правый	Левый	Правый	Левый
До	37,3 ± 0,4	36,2 ± 0,5	39,7 ± 0,6	39,0 ± 0,2	41,4 ± 0,2	41,8 ± 0,3	38,2 ± 0,3	39,4 ± 0,5**
После	38,4 ± 0,3	37,1 ± 0,2	43,3 ± 0,2*	41,6 ± 0,2*	43,2 ± 0,3*	44,1 ± 0,2*	39,3 ± 0,2**	41,2 ± 0,2* **

* различия между показателями до и после игры достоверны ($P < 0,05$);

** различия между показателями КЧСМ для красного и синего цветов после работы достоверны ($P < 0,05$)

Таблица 3

Результаты исследования КЧСМ до и после игры «Пасьянс»

Цвет	Красный		Желтый		Зеленый		Синий	
Глаз	Правый	Левый	Правый	Левый	Правый	Левый	Правый	Левый
До	37,3 ± 0,4	36,0 ± 0,4	39,7 ± 0,6	39,0 ± 0,2	41,6 ± 0,2	42,0 ± 0,3	38,7 ± 0,2	39,0 ± 0,5**
После	38,3 ± 0,2	37,3 ± 0,4	42,3 ± 0,2*	42,1 ± 0,2*	43,3 ± 0,4*	44,2 ± 0,4*	39,1 ± 0,6	41,3 ± 0,6* **

* различия между показателями до и после игры достоверны ($P < 0,05$);

** различия между показателями КЧСМ для красного и синего цветов после работы достоверны ($P < 0,05$)

представленным в табл. 2, очевидно, что после игры отмечается достоверное повышение значения КЧСМ на желтый, зеленый и синий цвета. Причем после игры, также как и после работы с текстом, значения КЧСМ для красного и синего цветов достоверно различаются, что не согласуется с литературными данными [12].

В табл. 3 представлены результаты исследования динамики КЧСМ в процессе компьютерной игры «Пасьянс». В этом случае также отмечается достоверное увеличение показателей на все четыре цвета.

Сравнивая результаты, представленные в таблицах 2 и 3, можно заметить, что как исходные, так и конечные показатели для двух видов игр сходны, наблюдается достоверный рост показателей для зеленого, синего и желтого цветов. Можно отметить, что между показателями правого и левого глаз существует небольшая разница, которая увеличивается после работы, что также свидетельствует о развитии зрительного утомления.

Выводы

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Разработанный автоматизированный прибор пригоден для проведения исследований КЧСМ в динамике зрительного труда.
2. Введение дополнительного светового стимула желтого цвета позволяет получить новую информацию о состоянии зрительной и центральной нервной системы.
3. Использование прибора в составе комплекса для диагностики функционального состояния пользователей ПК позволит получить более полную информацию о механизмах развития зрительного утомления.

Список литературы: 1. Казарян Э.Э., Мамиконян В.Р. Влияние компьютеров на соматическое здоровье и орган зрения пользователей // Рефракционная хирургия и офтальмология. - 2003. - том 3 (№1). - С. 77-81. 2. Кочина М.Л., Будянская Э.Н., Яворский А.В. и др. Возможность ультрафиолетового повреждения глаз пользователей видеодисплейных терминалов. // Клиническая и экспериментальная медицина. - 2003. - № 3-4. - С.167-171. 3. Шамшинова А.М., Волков В.В. Функциональные методы исследования в офтальмологии. - М., 1998. - С. 33-35; 187-190. 4. Алферова Ю.А. Нарушения зрительных функций в ранней диагностике глаукомы. - Автореф. дис. канд. мед. наук. - М., 1998. 5. Голубцов К.В., Курман

И.Г., Хейло Т.С. и др. Мелькающий свет в диагностике и лечении патологических процессов зрительной системы человека // Информационные процессы. - 2003. - Т. 3. - №2. - С. 114-122. 6. Владимирский Б.М., Власкина Л.А. Метод обнаружения изменений функционального состояния человека-оператора // Физиология человека. - 1987. - Т.14, № 5. - С.863-865. 7. Нетудыхатка О.Ю. Роль критической частоты слияния мельканий в оценке напряженности труда моряков // Офтальмологический журнал. - 1987. - № 5. - С. 300 - 303. 8. Кочина М.Л., Сайковская Л.Ф. Автоматизированный комплекс для диагностики функционального состояния пользователей ПК // «Радиотехника»: Всеукр. Межвед. науч.-техн. сб. - Х.: 2006. - №146. - С. 49-54. 9. Рогатина Е.В., Голубцов К.В. Критическая частота слияния мельканий в дифференциальной диагностике патологии зрительного анализатора у детей // Вестник офтальмологии. - 1997. - №6. - С.20-22. 10. Хайненкен Э. Эффекты последствий и критическая частота мельканий в зависимости от возраста // Когнитивная геронтология. - 1994. - Т. 2, №1. - С.79-83. 11. Кочина М.Л., Чумаков В.И., Сайковская Л.Ф. и др. Результаты исследования динамики функциональных показателей зрительной системы и психофизиологических показателей студентов в процессе работы на компьютере // Матер.16 Междунар. крымской конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии»: Севастополь. - 2006. - С.54-55. 12. Волков В.В., Луизов А.В., Овчинников Б.В. Эргономика зрительной деятельности человека. - Л.: Машиностроение, 1989. - 111 с.

Поступила в редколлегию 30.10.2008

УДК: 612,84-003,96:681,3

Результати дослідження частотних характеристик зорової системи з використанням автоматизованого приладу. / Л.Ф. Сайківська // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал - 2008. - № 2 (69). - С. 173-176.

В статті наведено метод та прилад для дослідження частотних характеристик зорової системи людини. Стверджується, що використання наведеного приладу в складі комплексу для діагностики функціонального стану користувачів ПК дозволить отримати більш повну інформацію про механізм розвитку зорового стомлення.

Табл. 3. Іл. 2. Бібліогр.: 12 найм.

UDK 612,84-003,96:681,3

The results of research of frequency characteristics of visual system with use of the automated complex / L.F. Saikovskaya // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. - 2008. - № 2 (69). - P. 173-176.

In work it is offered to use a method and equipment of research frequency characteristics of visual system in diagnostics of functional stays of hymen.

Tab. 3. Fig. 2. Ref.: 12 items.