

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА ЧЕЛОВЕКА

А.В. Лежнин

Марийский государственный технический университет

Поступила в редакцию 10.10.2009

Аннотация. Рассмотрен метод и методика исследования функционального состояния зрительного анализатора человека. Предложена структура информационной системы, при помощи которой осуществляется сбор и хранение результатов исследований.

Ключевые слова: зрительный анализатор, функциональное состояние, инерционность зрения.

Annotation. Method and strategy of functional condition of person's visual analyzer is discussed. The structure of information system for collecting and keeping research results is proposed.

Keywords: visual analyzer, functional condition, eye persistence.

ВВЕДЕНИЕ

Человек находится в постоянном взаимодействии с внешней средой, воспринимая информацию окружающего его мира при помощи сенсорных систем. Более 80% информации человек получает при помощи зрительного анализатора, следовательно, оценка его состояния является важной и актуальной задачей.

Строение зрительного анализатора чрезвычайно сложно, его работа характеризуется множеством разнообразных параметров. Одним из параметров, ограничивающих скорость восприятия зрительной информации [1, 2], является инерционность, или длительность последовательного образа [1, 3, 4, 5]. Она обусловлена наличием времени ощущения – времени между моментом воздействия света на сетчатку и моментом возникновения соответствующего ощущения и времени восстановления – времени между моментом прекращения воздействия на сетчатку и моментом исчезновения соответствующего ощущения [1, 2].

Установлено, что инерционность зрительного анализатора зависит от его функционального состояния [6]. По динамике инерционности возможно осуществлять диагностику ухудшения функционального состояния зрительного анализатора уже на первом этапе, до появления внешних признаков.

Целью работы является разработка психофизиологического метода и информационной системы определения инерционности зрительного анализатора человека.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Явление инерционности ограничивает решающую способность зрительного анализатора по времени и используется, в частности, при конструировании средств отображения информации [5].

В настоящее время сложились два основных подхода к исследованию инерционности зрительного анализатора: психофизиологический и электрофизиологический.

Электрофизиологические методы исследования, такие как регистрация зрительных вызванных потенциалов, электроретинография, электроэнцефалография, более объективны, однако требуют использования специального оборудования и долгого подготовительного периода перед проведением исследований, не комфортны для испытуемого, их результаты сложно интерпретировать однозначно [7].

Психофизиологические методы рассматривают зрительный анализатор как «черный ящик», не выделяя конкретные процессы формирования реакции на предъявляемые стимулы [8]. Психофизиологические методы являются субъективными, однако отличаются удобством и безопасностью для испытуемого, не требуют применения сложного дорогостоящего медицинского оборудования. Психофизиоло-

гические методы позволяют количественно оценить основные временные параметры зрительного анализатора человека. Изменение психофизиологического состояния зрительного анализатора является первым и наиболее чувствительным индикатором происходящих в нем изменений.

В 70-х годах А.В. Луизовым разработано механическое устройство для исследования инерционности зрительного анализатора с использованием маятника и контрастных фильтров. Экспериментатор отклоняет маятник с расположенным на его конце фильтром на угол 45° и отпускает. Сначала фильтр проходит затененную область (марку) за такое короткое время, что испытуемый не видит ее. В ходе эксперимента амплитуда качаний маятника постепенно уменьшается, время прохождения фильтра через область марки увеличивается, и через некоторое время испытуемый улавливает появление марки (мелькание). В этот момент замеряется угол отклонения маятника и по формуле рассчитывается значение инерционности зрительного анализатора. Недостатком данного метода является механический принцип задания экспозиции, что снижает точность определения инерционности [5].

Для определения времени ощущения и времени восстановления, обуславливающих инерционность, используется психофизиологический метод парных световых импульсов. Согласно этому методу испытуемому предъявляют последовательность пар импульсов равной длительности $t_{\text{имп}}$, разделенных межимпульсным интервалом $t_{\text{мии}}$, повторяющихся через постоянный интервал времени T (рис. 1).

В процессе измерения межимпульсный интервал $t_{\text{мии}}$ уменьшают до момента, пока вследствие инерционности зрительного анализатора

у испытуемого не возникнет субъективное ощущение того, что два импульса в паре сольются в один [9].

Однако необходимо учитывать, что при использовании этого метода определяется не инерционность а ее составляющие: время ощущения и время восстановления, обуславливающие наличие инерционности [10, 11, 12, 13].

2. МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Одно из проявлений инерционности заключается в том, что зрительный анализатор не может различать два последовательных события, если одно из них происходит позже другого на некоторый малый интервал времени. Такие события субъективно воспринимаются зрительным анализатором как происходящие одновременно.

Эта особенность зрительного анализатора легла в основу предложенного метода исследования его инерционности путем одновременно предъявления испытуемому пары импульсов – эталонного и регулируемого по длительности (рис. 2) [14].

Если регулируемый по длительности импульс оканчивается ранее эталонного на время $t_{\text{ок}} < t_{\text{ок.пор}}$, то испытуемый субъективно ощущает, что световые импульсы оканчиваются одновременно (рис. 2б), а при времени окончания $t_{\text{ок}} = t_{\text{ок.пор}}$ – не одновременно (рис. 2в).

Таким образом, для определения времени инерционности зрительного анализатора человека необходимо, изменяя время раннего окончания предъявления регулируемого импульса относительно времени окончания эталонного, определить величину порогового значения $t_{\text{ок.пор}}$, при котором у испытуемого возникает ощущение того, что импульсы оканчиваются не одновременно (рис. 2в).

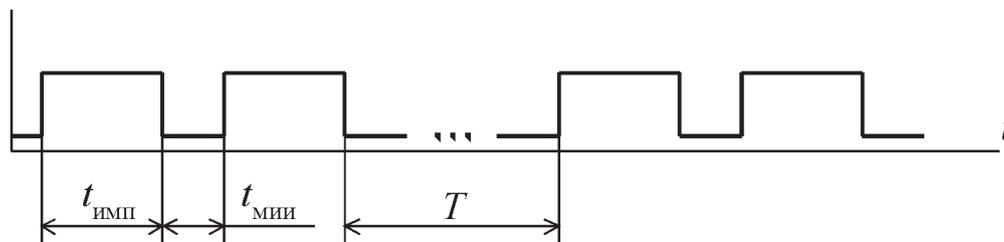


Рис. 1. Способ определения инерционности зрительного анализатора методом предъявления парных световых импульсов. $t_{\text{имп}}$ – длительность импульса; $t_{\text{мии}}$ – длительность межимпульсного интервала; T – интервал повторения парных импульсов

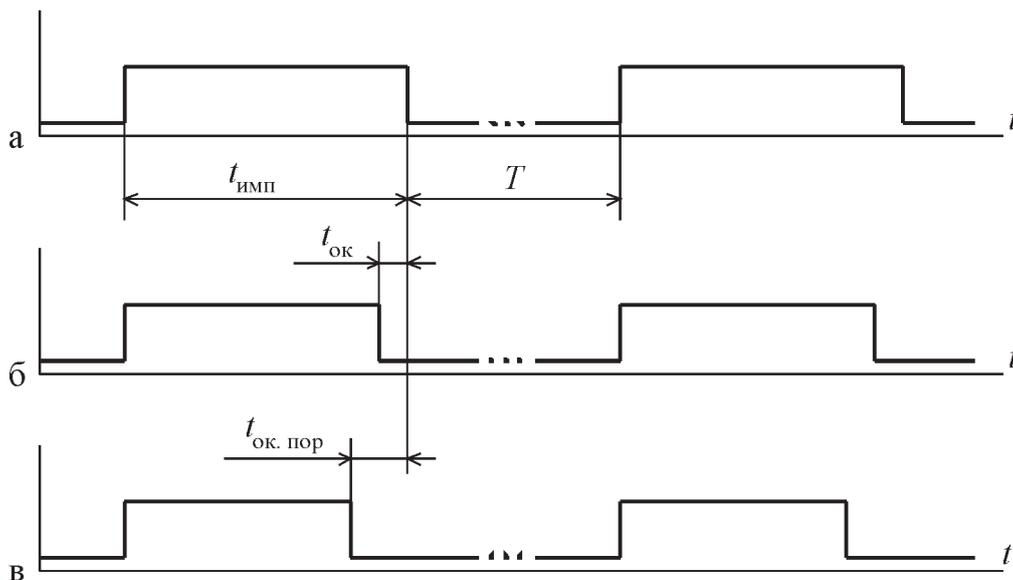


Рис. 2. Временные диаграммы импульсов при исследовании инерционности зрительного анализатора путем одновременного предъявления пары импульсов. а — временная диаграмма эталонного импульса; б — временная диаграмма регулируемого импульса оканчивающегося ранее эталонного на величину $t_{ок}$, меньше пороговой; $t_{ок}$ — время раннего окончания предъявления регулируемого по длительности импульса относительно эталонного; в — временная диаграмма регулируемого по длительности импульса, оканчивающегося ранее эталонного на пороговую величину $t_{ок.пор}$; $t_{ок.пор}$ — пороговое время раннего окончания предъявления регулируемого по длительности импульса относительно эталонного; $t_{имп}$ — длительность эталонного импульса; T — интервал повторения пар импульсов

3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика определения инерционности зрительного анализатора включает в себя два этапа (рис. 3) [15].

На первом этапе (рис. 3, интервал времени t_0-t_1) испытуемый уменьшает время раннего окончания предъявления регулируемого импульса относительно эталонного дискретно с шагом 5 мс, пока не определит момент субъективного ощущения, что импульсы в паре оканчиваются одновременно (рис. 3, момент времени t_1).

На втором этапе испытуемый увеличивает время раннего окончания предъявления регулируемого по длительности импульса относительно эталонного дискретно с шагом 1 мс (рис. 3, интервал времени t_1-t_2), пока не определит момент субъективного ощущения того, что световые импульсы оканчиваются не одновременно.

Пороговое время раннего окончания предъявления регулируемого по длительности импульса относительно эталонного $t_{ок.пор}$, определенное на последнем этапе, фиксируют (рис. 3, момент времени t_3) и принимают равным инерционности зрительного анализатора.

4. СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Предлагаемый метод исследования инерционности не требует длительного времени на подготовку и проведение эксперимента и может быть применен для периодических массовых обследований.

Для решения этой задачи разработана информационная система для исследования инерционности зрительного анализатора человека, структура которой показана на рисунке 4. Ее основным элементом является аппаратно-программный комплекс, имеющий удобный интерфейс и автоматизирующий процесс оценки инерционности. Он осуществляет хранение и первичную обработку информации в соответствии с рекомендациями, изложенными в [16, 17].

Аппаратно-программный комплекс состоит из устройства формирования импульсов, устройства предъявления импульсов, пульта управления и программной части, работающей на ПЭВМ.

Устройство формирования импульсов 2 подключается непосредственно к USB порту ПЭВМ или через хост-адаптер PCI-USB, например, TRENDNet TU2-N5PI.

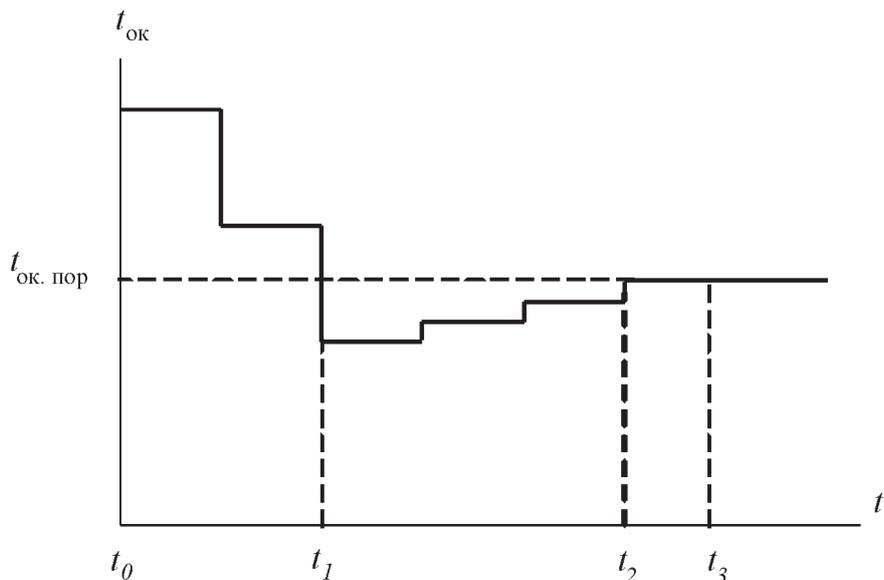


Рис. 3. Временная диаграмма изменения величины раннего окончания предъявления регулируемого импульса относительно эталонного. $t_{ок}$ — время раннего окончания предъявления регулируемого по длительности импульса относительно эталонного; $t_{ок.пор}$ — пороговое время раннего окончания предъявления регулируемого по длительности импульса относительно эталонного

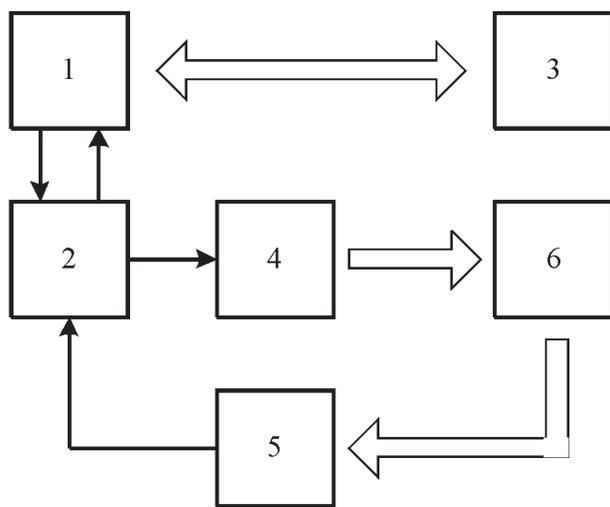


Рис. 4. Структура информационной системы. 1 — ПЭВМ; 2 — устройство формирования импульсов; 3 — исследователь; 4 — устройство предъявления импульсов; 5 — пульт управления; 6 — испытуемый

Эталонный и регулируемый импульсы формируются устройством 2, которое реализовано на базе микроконтроллера. Последовательность импульсов предъявляется испытуемому с помощью устройства 4, в котором в качестве источников световых импульсов используются светодиоды желтого цвета.

Исследователь 3 имеет возможность наблюдать за изменениями времени раннего окончания предъявления регулируемого импульса относительно эталонного на экра-

не монитора, а также, при необходимости, управлять их изменением или фиксировать результат определения инерционности зрительного анализатора испытуемого с помощью соответствующих клавиш клавиатуры ПЭВМ 1.

Испытуемый 6 изменяет длительность раннего окончания регулируемого импульса и фиксирует результат измерений при помощи пульта управления 5 в соответствии с методикой измерений.

Программное обеспечение написано на языке Delphi 7 и работает под управлением операционной системы Windows 98-XP, позволяет регистрировать испытуемых в базе данных, визуализировать на экране монитора текущее значение измеряемого параметра и сохранять результаты измерений, работать в базах данных в локальных вычислительных сетях, разграничивать права доступа пользователей к результатам исследований, экспортировать результаты для дальнейшей обработки в Excel. Благодаря тому, что формат базы данных открыт и имеет подробное описание, заинтересованные организации могут самостоятельно разрабатывать необходимое прикладное программное обеспечение для работы с данными либо экспортировать их для детальной статистической обработки в статистические пакеты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методы, разработанные ранее для лабораторных исследований инерционности зрительного анализатора, плохо применимы в условиях повседневной деятельности. Предложенный метод и информационная система просты в применении, удобны для испытуемых и исследователей, что позволит им найти широкое применение в офтальмоэргономике, спортивной и оздоровительной медицине, при проведении индивидуальных и массовых исследований функционального состояния зрительного анализатора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кравков С. В.* Глаз и его работа. Психофизиология зрения, гигиена освещения / С. В. Кравков. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1950. — 531 с.
2. *Семеновская Е. Н.* Электрофизиологические исследования в офтальмологии / Е. Н. Семеновская. — М.: Медгиз, 1963. — 279 с.
3. *Луизов А. В.* Глаз и свет / А. В. Луизов. — Л.: Энергоатомиздат, 1983. — 144 с.
4. *Хакен Г.* Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам: пер. с англ. / Г. Хакен. — М.: Мир, 1991. — 240 с.

Лежнин Александр Владимирович — аспирант, Марийский государственный технический университет. Тел. (905) 379-88-65, E-mail: Alexander.Lezhnin@gmail.com

5. *Луизов А. В.* Инерция зрения / А. В. Луизов. — Л.: Оборонгиз, 1961. — 249 с.

6. *Медведев В. И.* Устойчивость физиологических и психологических функций человека при действии экстремальных факторов / В. И. Медведев. — Л.: Наука, 1982. — 104 с.

7. *Татко В. Л.* Хронометрия процессов переработки информации человеком // Итоги науки и техники. Серия «Физиология человека и животных. Проблемы современной психофизиологии». — М.: ВИНТИ, 1989. — Т. 35. — С. 3—144.

8. *Казначеев В. П.* Современные аспекты адаптации / В. П. Казначеев. — Новосибирск: Наука, 1980. — 192 с.

9. Пат. 2195174 РФ, МПК⁷ А 61 В 5/16. Способ определения времени инерционности зрительной системы человека / Роженцов В.В., Петухов И.В. — № 2001117142/14; заявл. 18.06.2001; опубл. 27.12.2002, Бюл. № 36. — 8 с.

10 *Подвигин Н. Ф.* Элементы структурно-функциональной организации зрительно-глазодвигательной системы / Н. Ф. Подвигин, Ф. Н. Макаров, Ю. Е. Шелепин. — Л.: Наука, 1986. — 252 с.

11. *Шевелев И. А.* Временная переработка сигналов в зрительной коре / И. А. Шевелев // Физиология человека. — 1997. — Т. 23, № 2. — С. 68—79.

12. *Кропотов Ю. Д.* Реакция нейронов и вызванные потенциалы в подкорковых структурах мозга при зрительном опознании. Сообщение IV. Эффект маскировки зрительных стимулов / Ю. Д. Кропотов, В. А. Пономарев // Физиология человека. — 1987. — Т. 13. — № 4. — С. 561.

13. *Тароян Н. А.* Межполушарные функциональные отношения в процессе решения человеком зрительно-пространственной задачи / Н. А. Тароян, В. В. Мямлин, О. А. Генкина // Физиология человека. — 1992. — Т. 18. — № 2 — С. 5—14.

14. Патент 2262293 РФ, МПК⁷ А 61 В 3/02. Способ определения времени инерционности зрительной системы человека. / Петухов И. В., Лежнин А. В., Роженцов В. В. — Опубл. 20.10.2005, Бюл. № 29.

15. *Бардин К. В.* Проблема порогов чувствительности и психофизиологические методы / К. В. Бардин. — М.: Наука, 1976, 396 с.

16. *Дюк В. А.* Компьютерная психодиагностика. СПб., Братство, 1994.

17. *Наздратенко Г. И.* Основы теории медицинских технологических процессов Ч. 1 / Г. И. Наздратенко, Г.С. Осипов. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 144 с.

Lezhnin Alexander Vladimirovich — Postgraduate student, Mari State Technical University, Tel. (905) 379-88-65, E-mail: Alexander.Lezhnin@gmail.com