

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА ЗРИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

Введение

Инженерная деятельность и техническое проектирование все чаще имеют дело со сложными системными комплексами, в которых одно из центральных мест занимает персональный компьютер (ПК) [1]. Современный специалист любого профиля должен уметь получать, обрабатывать и использовать информацию с помощью компьютеров, телекоммуникаций и других средств. Успешное применение компьютеров, получение с их помощью более продуктивных результатов повышает способность решать профессиональные задачи. Однако деятельность операторов, работающих в условиях напряженного зрительного труда, сопровождается состояниями нервно-эмоционального напряжения, утомления, психического пресыщения и монотонии [2, 3]. Неблагоприятное влияние этих состояний отражается на результативности работы и работоспособности в целом, что увеличивает количества допущенных ошибок, повышает психофизиологические затраты на ее выполнение, и, в конечном итоге, снижает эффективность труда и приводит к нарушению здоровья. Для своевременного определения уровня утомления человека, разработки оптимальных режимов труда и отдыха, эффективного профессионального отбора на операторские специальности необходимо проводить постоянную оценку функционального состояния оператора. Поэтому создание или усовершенствование существующих приборов и методов для оценки функционального состояния оператора, реакции организма человека на разные виды визуальной нагрузки в настоящее время имеет особую актуальность.

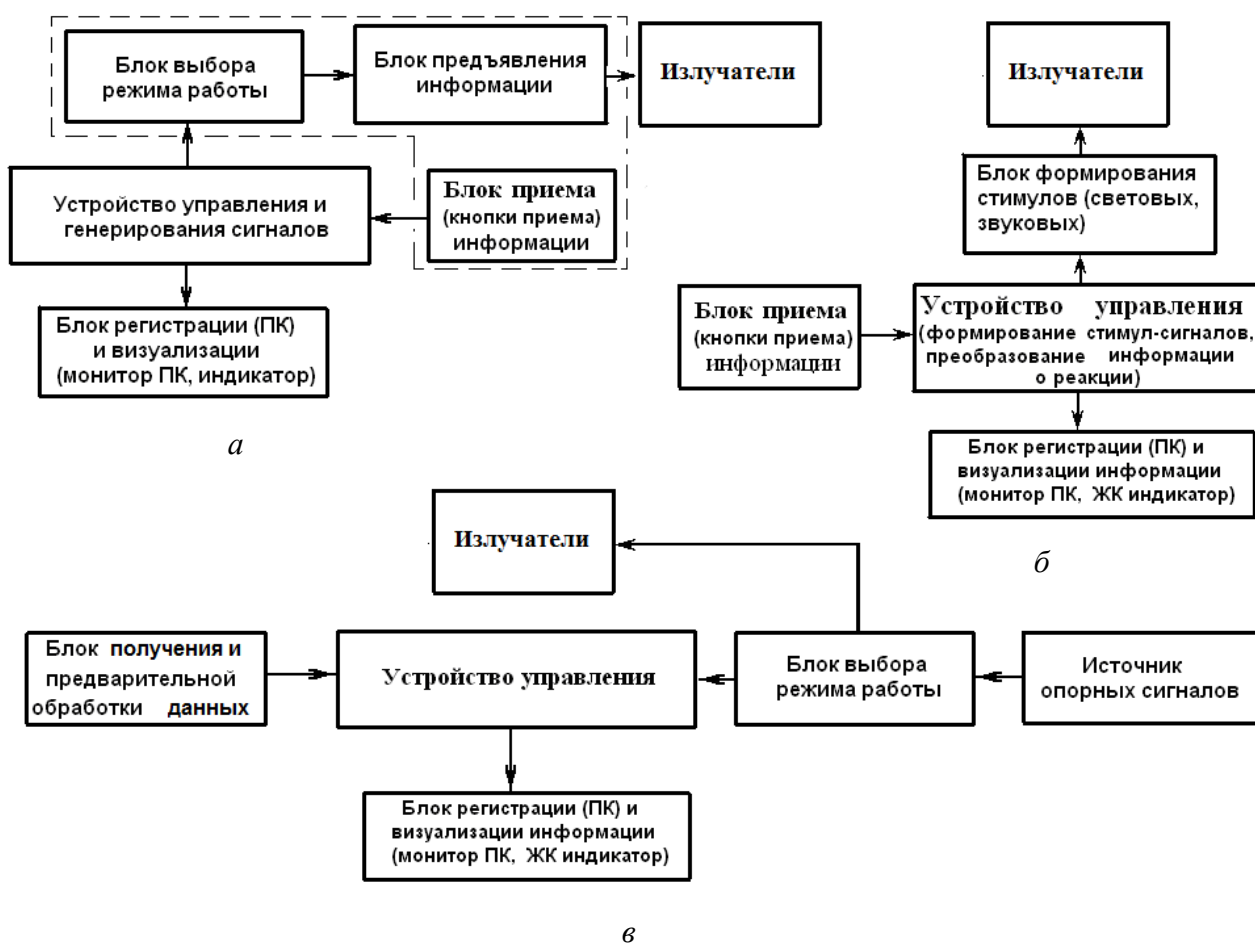
Цель работы – разработка приборов для определения функционального состояния операторов зрительного профиля.

Приборы и методы

К аппаратной части, используемой для получения информации о функциональном состоянии оператора зрительного профиля, относятся три типа приборов: устройство для определения критической частоты слияния мельканий (КЧСМ), рефлексометр и устройство для определения электрокожного сопротивления (ЭКС). Все приборы построены на основе программно управляемого микроконтроллера, выполняющего функции генерирования стимул-сигналов, проверки ответной реакции испытуемого, временного хранения и выведения информации на ЖКИ, если прибор работает не в автоматическом режиме, или передачи результатов измерений в ПК. На функциональных схемах (рисунок, *а, б, в*) представлены основные узлы устройств.

В прибор для исследования КЧСМ (рисунок, *а*) [4] для получения световых стимулов заданной частоты включен программно управляемый генератор, являющийся неотъемлемой частью микроконтроллера. Блок выбора режима работы представляет собой ряд кнопок, позволяющих производить выбор цвета, направление изменения частоты и регистрировать реакцию испытуемого. В блок предъявления информации включены светоизлучатели четырех цветов: красного (с частотой излучения 622 нм), желтого (575 нм), синего (460 нм) и зеленого (525 нм) цветов. Изменение частоты мелькания световых импульсов светоизлучателей от 25 до 70 Гц в устройстве осуществляется программно. Блок приема представляет собой кнопку реакции испытуемого на частоту предъявления светостимулов. Конструктивно блок выбора режима работы, блок предъявления и блок приема информации реализованы в выносном устройстве. Для регистрации результатов измерения есть возможность подключения

прибора к ПК. В случае работы прибора без подключения к ПК для визуализации результатов исследований в схему включен индикатор, показывающий значение измеренного параметра.



Функциональные схемы приборов для получения информации о функциональном состоянии оператора зрительного профиля: *a* – устройство для определения КЧСМ; *б* – рефлексометра; *в* – устройство для определения ЭКС

Рефлексометр (рисунок, *б*) позволяет оценить скорость и адекватность реакций испытуемого на раздражители [5]. В зависимости от программы прошивки микроконтроллера с его помощью можно провести оценку сложной или простой зрительно-моторной реакции. Сформированная устройством управления информация о частоте стимулов и времени их предъявления поступает в блок формирования стимулов, и далее, с помощью световых (светодиоды красного, желтого, синего и зеленого цветов) или звуковых (пезо-излучатель, работающий на частоте 1 кГц) раздражителей предъявляется оператору. Блок приема содержит несколько кнопок, используемых для управления устройством и регистрации реакций испытуемого на предъявляемые раздражители.

Далее информация о реакции испытуемого поступает в блок управления, где она преобразуется. На выходе данного блока информация представлена в виде времени реакции t_p испытуемого на соответствующий раздражитель и количества ошибок $n_{\text{ош}}$ при выполнении методики. Уже в преобразованном виде информация поступает в блок регистрации и визуализации. В качестве блока регистрации используется ПК. При работе в ручном режиме для

отображения информации о настройках прибора и результатах проведения исследований скорости и качества реакции испытуемого используется ЖКИ.

В основе устройства для определения ЭКС лежит принцип раздражения нервных структур в определенных зонах или биологически активных точек (БАТ) поверхности кожи человека [7, 8]. Поэтому такое устройство объединяет средство формирования воздействующих сигналов и средство измерения физических характеристик поверхности кожи в точках воздействия [6]. Определение ЭКС (рисунок, в) осуществляется при помощи двух-электродной датчиковой системы, один из электродов выполнен в виде пластины, является индифферентным (пассивным) и располагается в руке испытуемого, противоположной той, на которой проводят измерения. А второй – активный, конструктивно выполнен точечным и в процессе измерений устанавливается в соответствующих точках акупунктуры. В результате на выходе устройства получается разность потенциалов между БАТ и фиксированной индифферентной точкой. С помощью такой системы осуществляется воздействие на БАТ и прием ответного сигнала.

Для реализации с помощью разработанного устройства различных методик исследования ЭКС (по Фоллю и по Накатани) в качестве источника опорного сигнала используются источники переменного напряжения (генератор) и постоянного тока (источник образцового тока). Переключение режимов работы осуществляется в блоке выбора режимов работы при помощи мультиплексора.

Так как воздействие на БАТ осуществляется током, а ответная реакция фиксируется в виде напряжения, то необходима предварительная обработка полученного сигнала, которая заключается в усилении напряжения при помощи усилителя и расчет ЭКС по закону Ома. Представленное устройство может работать как самостоятельно, так и в комплексе с ПК. При самостоятельном режиме работы для визуализации результатов исследований используется жидкокристаллический индикатор.

Для всех приборов были разработаны алгоритмы их работы, а также алгоритмы работы микроконтроллеров. Программы для микроконтроллеров были написаны на языке программирования Си.

Представленные приборы являются составной частью информационной технологии для оценки функционального состояния оператора зрительного профиля [9].

Результаты и их обсуждение

С помощью представленных приборов были проведены исследования функционального состояния операторов зрительного профиля. Операторам в качестве зрительной нагрузки был предъявлен текст на экране монитора ПК, длительность работы составила 1 час. В исследовании принял участие 21 испытуемый, возраст которых составил $(21,2 \pm 0,6)$ года без зрительной патологии. До и после зрительного труда определялись такие показатели их функционального состояния, как: КЧСМ на красный, зеленый, синий и желтый цвета, количество ошибочных ответов и время реакции на разные цвета, электрокожное сопротивление в репрезентативных точках, отвечающих за зрительную и центральную нервную системы.

Полученные данные позволили провести оценку индивидуальных показателей функционального состояния человека с использованием интегративного показателя I , рассчитанного по результатам исследования КЧСМ, и коэффициента визуального влияния (КВВ) (таблица).

Для расчета интегративного показателя I были использованы данные КЧСМ красного, синего, зеленого и желтого цветов соответственно ($f_k, f_c, f_z, f_{ж}$). Степень утомления оценивалась в соответствии с [10] по следующей формуле:

$$I = \frac{A_{\text{после}} - A_{\text{до}}}{A_{\text{после}} + A_{\text{до}}} * 100\%,$$

где $A_{\text{до}}, A_{\text{после}}$ – суммарные показатели асимметрии восприятия КЧСМ до и после работы соответственно, которые вычисляются по формулам:

$$A_{до} = \left(\frac{f_k - f_3}{f_k} \right)_{до} + \left(\frac{f_c - f_{жс}}{f_{жс}} \right)_{до},$$

$$A_{после} = \left(\frac{f_k - f_3}{f_k} \right)_{после} + \left(\frac{f_c - f_{жс}}{f_{жс}} \right)_{после}.$$

Для оценки степени визуального влияния различных видов нагрузки на функциональное состояние оператора рассчитывался коэффициент визуального влияния (КВВ) на организм оператора [11]. Показатель КВВ рассчитывался по следующей формуле

$$КВВ = \frac{k_1 \cdot k_2 + k_2 \cdot k_3 + \dots + k_n \cdot k_1}{n},$$

где $k_1, k_2 \dots k_n$ – отношения значений показателей после действия нагрузки к их значению до нагрузки; n – количество показателей.

Результаты расчета интегративного показателя I и коэффициента визуального влияния для операторов зрительного труда при чтении текста на ПК

Испытуемый	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I, %	9,31	7,37	0,30	9,03	7,27	14,73	2,36	11,32	25,20	11,32	4,61
КВВ	0,90	1,07	0,95	0,83	0,80	0,80	0,91	1,02	0,91	0,79	0,93

Продолжение таблицы

Испытуемый	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
I	15,93	5,70	36,59	25,91	7,34	5,54	6,19	4,47	20,07	27,96
КВВ	1,12	0,95	0,82	1,10	0,99	0,84	0,89	0,95	0,81	0,82

Из результатов расчетов (таблица) видно, что согласно классификации, представленной в [10], у 16 испытуемых из 21 (76 %) текст на ПК в течение 1 часа не вызвал утомления. А у 5 испытуемых (24 %) – вызвал низкую степень утомления.

Для 20 испытуемых из 21 (95 %) КВВ находится в пределах нормы (от 0,8 до 1,2) [11], т.е. действующий фактор (текст на ПК) является для них визуальным оптимальным. Для одного испытуемого (5 %) текст на ПК является визуальным агрессивным.

Выводы

1. Приборы, позволяющие оценить функциональное состояние оператора в процессе выполнения зрительных задач, могут быть построены по единому принципу с использованием программно управляемых микроконтроллеров, которые позволяют генерировать тестовые сигналы, регистрировать и проверять качество ответной реакции испытуемого, обеспечивать временное хранение и передачу результатов измерений в ПК.

2. Использование разработанных приборов позволяет получать информацию о функциональном состоянии испытуемых в динамике решения зрительных задач и классифицировать его в зависимости от значений расчетных показателей (интегративного показателя и коэффициента визуального влияния).

3. Анализ результатов, полученных с использованием разработанных приборов и расчетных индексов до и после зрительного труда, позволил установить, что визуальная нагрузка в виде текста на мониторе ПК, предъявляемая испытуемым в течение 1 часа, является визуальным оптимальным.

Список литературы: 1. Елькин Р.Н. Компьютер и человек: плюсы и минусы взаимоотношений. Электронный ресурс: <http://www.webstarstudio.com/train/tr119.htm> 2. Казарян Э.Э. Влияние компьюте-

ров на соматическое здоровье и орган зрения пользователей / Э.Э. Казарян, В.Р. Мамиконян // Рефракционная хирургия и офтальмология. – 2003. – Т. 3, № 1. – С. 77 – 81. 3. Кочина М.Л. Зрительный анализатор как элемент системы человек–машина / М.Л. Кочина // Гигиена населенных мест. – Киев, 2004. – Вып. 44. – С. 276 – 279. 4. Сайковская Л.Ф. Результаты исследования частотных характеристик зрительной системы с использованием автоматизированного прибора / Л.Ф. Сайковская // Бионика интеллекта. – 2008. – №2 (69). – С. 173 – 176. 5. Устройства для исследования временных характеристик ЦНС человека // Радиотехника. – 2012. – Вып. 169. – С. 87 – 90. 6. Карпухин В.А. Биотехнические основы проектирования усилителей электрофизиологических сигналов / В.А. Карпухин. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1994. – С. 16. 7. Кожно-гальваническая реакция: теория и методические подходы / Е.Н. Серова, Ю.П. Иванов // Медицинские науки. – 2007. – №5. – С. 52–54. 8. Мачерет Е.Л. Основы электро- и акупунктуры / Е.Л. Мачерет, А.О. Коркушко. – Киев : Здоровье, 1993. – 390 с. 9. Информационная технология оценки функционального состояния оператора зрительного профиля / Л.Ф. Сайковская : дис. ... канд. техн. наук. – Киев, 2011. 10. Декларацийний патент 32895 А UA, МПК А 61 В 3/00, А 61 F 9/00. Спосіб оцінки зорової втоми людини / М.Л. Кочина, О.В. Яворський, Л.Ф. Сайківська ; Харк. держ. мед. ун-тет ; Харк. нац. ун-т радіоелектроніки. – № 32895; заявл. 10.12.07; опубл. 10.06.08. – Бюл. №11. – 6 с. 11. Декларацийний патент 45815 А UA, МПК А 61 В 10/00. Спосіб діагностики характеру впливу візуально діючих факторів / М.В. Кривоносов, Л.В. Подрігало, М.Л. Кочина, О.В. Яворський І.О. Ішкова, М.І. Ковтун ; Харк. держ. мед. ун-т. – № 2001074837; заявл. 10.07.01; опубл. 15.04.02, Бюл. № 4. – 6 с.

*Харьковский национальный
университет радиоэлектроники*

Поступила в редколлегию 05.11.2014