

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦНС ЧЕЛОВЕКА

Введение

Новые технологии получения и обработки информации, особенно с использованием современных персональных компьютеров (ПК), предъявляют возрастающие требования к организму человека в плане наблюдения, распознавания и быстрого реагирования на изменяющуюся ситуацию. Одной из временных характеристик центральной нервной системы (ЦНС) человека является скорость рефлекторной реакции, в частности – скорость зрительно-моторной реакции (ЗМР), которая существенно зависит, как от функционального состояния организма, так и от характера решаемых задач и способа предъявления информации [1]. Для проведения профессионального отбора, оценки функционального состояния человека в динамике деятельности, разработки режимов труда и отдыха используются показатели ЗМР. Несмотря на относительную стабильность показателей ЦНС, они способны изменяться в интервалах индивидуальной нормы реакции под действием внешних факторов, например, умственного или физического труда.

Для оценки скорости ЗМР человека используются приборы под названием «Рефлексометры», позволяющие определять основные параметры рефлекса и степень проявления рефлекторных реакций. Простое время сенсомоторной реакции измеряется с момента включения сигнала до момента выполнения заданной ответной реакции. Более полную информацию о функциональном состоянии ЦНС можно получить, определяя время сложной реакции или простой и сложной в комплексе.

Цель данной работы – разработка и реализация приборов для исследования ЗМР.

Приборы и методы для определения ЗМР человека

Для определения скорости ЗМР человека были разработаны три вида рефлексометров. Эти приборы позволяют оценить скорость реакции на световой/звуковой раздражитель, скорость дифференцированной ЗМР, количество правильных/неправильных реакций на предъявляемые стимулы. На функциональной схеме (рис. 1) показаны основные узлы устройств.



Рис. 1

Техническая реализация всех рефлексометров сходная. 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



Рис. 2

программно генерируется случайное число, происходит случайный выбор цвета и его предъявление. Испытуемый должен отреагировать на заданный цвет нажатием рабочей кнопки и не реагировать на стимулы другого цвета. Время свечения светодиода составляет 100 мс, после чего происходит его отключение и устройство переходит в режим ожидания ответа и подсчета времени до тех пор, пока не произойдет реакция испытуемого на стимул или не закончится установленное в начале программы допустимое время реакции. После этого происходит анализ реакции испытуемого: определение правильной/неправильной реакции, подсчет количества правильных/неправильных ответов и определение времени реакции. Эксперимент заканчивается после предъявления десяти заданных стимулов из общего количества предъявленных. Заключительной частью программы является вывод результатов исследования из массива на ЖКИ модуль и передача данных в ПК.

Для определения количества правильных/неправильных ответов был разработан хроно-рефлексометр. Принцип его работы заключается в том, что во время проведения эксперимента испытуемому в случайном порядке предъявляют раздражители разного цвета (светодиоды красного, желтого или зеленого цвета) [2]. Испытуемый должен отреагировать нажатием кнопки, цвет которой соответствует цвету раздражителя. Допустимое время реакции в

результатов измерений в ПК. Обобщенный алгоритм их работы представлен на рис. 2. Различия между приборами состоят в способах предъявления тестирующей информации (последовательность световых стимулов разных цветов, интервалы между ними) и ее первичной обработки.

Рефлексометр «Реакция» дает возможность определить скорость простой рефлексорной реакции на световой (светодиод красного цвета) или звуковой (пьезоизлучатель) раздражителя [2]. После установки режима работы (свет или звук) выдается стимул-сигнал длительностью 20 мс. Испытуемый должен отреагировать на каждый предъявленный стимул нажатием рабочей кнопки. Особенностью программы является то, что случайным образом происходит выбор межстимульного интервала и при помощи цикла формируется пауза между стимулами. После предъявления стимула устройство переходит в режим ожидания реакции испытуемого. Проверка и подсчет времени реакции производится через каждые 10 мс. Если кнопка нажата за время, менее 500 мс, то время реакции суммируется с прошлым значением и счетчик правильных ответов увеличивается на единицу. В другом случае на единицу увеличивается значение счетчика ошибок. После проведения 20 измерений происходит усреднение времени реакции, вывод результата на индикатор и передача данных в ПК.

Принцип дифференцированной ЗМР основан на определении зрительно-двигательного реагирования на комплекс световых сигналов (возбуждающих и тормозящих) [2]. Для этого был разработан специальный прибор, который в случайном порядке предъявляет стимулы разного цвета: красного, желтого, зеленого или синего. На первом этапе испытуемый выбирает режим работы, установив максимальное время реакции (300, 400 или 500 мс) и выбрав «правильный» цвет светостимула. После этого

этом приборе задано программно, не может быть изменено в процессе исследований и составляет 200 мс.

Кнопки, соответствующие цветам раздражителей, размещены под светодиодами в произвольном порядке, не под своим цветом, что усложняет задачу для испытуемого. После нажатия кнопки начала эксперимента программно происходит выбор цвета светостимула и его предъявление испытуемому. По произведенной реакции в ответ на предъявляемый стимул устройство определяет ее правильность и фиксирует результат: зачисляется правильный или неправильный ответ. Если реакция испытуемого не была произведена в течение допустимого времени реакции, то такой ответ считается неправильным. Когда количество правильных или неправильных ответов достигнет 10, устройство прекращает предъявлять светостимулы и происходит передача результатов исследований в ПК.

Программы работы микроконтроллеров рефлексометров написаны на языке программирования Си.

Представленные рефлексометры включены в программно-аппаратный комплекс для оценки функционального состояния оператора зрительного профиля [3].

Результаты и их обсуждение

Для проверки работоспособности разработанных приборов с их помощью были проведены исследования ЗМР с участием студентов-добровольцев. В исследованиях принимали участие студенты 3 – 5 курсов Харьковского национального университета радиоэлектроники, средний возраст которых составил $21,9 \pm 0,6$ года (21 человек). Определение ЗМР осуществлялось дважды: до и после зрительного труда. В качестве зрительной нагрузки было выбрано чтение текста с экрана ПК в течение 45 мин. По результатам проведенных исследований были получены такие показатели:

- средняя скорость ЗМР, рассчитанная по 10 предъявлениям стимулов, на четыре цвета, полученная в результате использования дифференциального рефлексометра;
- средняя скорость ЗМР на красный цвет, рассчитанная по 20 предъявлениям стимулов и количество неправильных ответов, полученные в результате использования рефлексометра «Реакция»;
- количество правильных и неправильных ответов, полученных в результате использования хронорефлексометра.

Полученные результаты исследований были объединены в матрицы, в столбцах которых находятся исследуемые показатели, а в строках – показатели каждого испытуемого. По полученным результатам была проведена оценка текущего функционального состояния испытуемых с использованием показателя мультиколлинеарности М. Под мультиколлинеарностью понимают тесную корреляционную взаимосвязь между отбираемыми для анализа параметрами, совместно воздействующими на общий параметр [4]. На значение М существенное влияние оказывает наличие сильной корреляции между исследуемыми показателями. В физиологии показатель М характеризует степень напряжения функциональной системы. Было установлено, что напряжение функциональной системы сопровождается активацией ее функций, что, в свою очередь, приводит к росту тесноты связей между показателями, характеризующими состояние системы, и, следовательно, к росту показателя М [5]. Таким образом, показатели М матриц исходных и конечных состояний позволяют описать состояние системы до и после зрительного труда.

Параметр М зависит от величины выборки каждого из анализируемых показателей n , количества показателей m и определителя матрицы коэффициентов парной корреляции между анализируемыми показателями D . Для расчета параметра М до и после зрительного труда была использована стандартная формула [4]:

$$M = - \left(n - 1 - \frac{(2m + 5)}{6} \right) \ln(D).$$

Нами был предложен показатель степени утомления S , определяемый как отношение мультиколлинеарностей после и до зрительного труда:

$$S = \frac{M_{\text{после}}}{M_{\text{до}}} \quad (1)$$

По полученному коэффициенту S проводится классификация функционального состояния испытуемых.

По результатам проведенных исследований согласно (1) был рассчитан показатель степени утомления S . Расчеты показали, что значение параметра S для представленной группы испытуемых составило 1,15, что находится в пределах от 1 до 1,5 и соответствует низкой степени утомления [6].

Для подтверждения полученных результатов был проведен расчет коэффициента визуального влияния (КВВ) каждого испытуемого по формуле [7]:

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

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

Результаты расчетов показали, что у 95 % испытуемых значение КВВ находится в пределах 0,8 – 1,2. Это свидетельствует о том, что такая зрительная нагрузка, как чтение текста с экрана ПК в течение 45 мин не является визуально агрессивным фактором [7].

Выводы

Предложенные в статье приборы позволяют проводить комплексную оценку временных характеристик центральной нервной системы человека. При их разработке использован единый принцип построения приборов, состоящий в генерировании тестовых сигналов, проверке ответной реакции испытуемого, хранении и выведении информации на индикатор, передаче результатов измерений в персональный компьютер, разработаны оригинальные алгоритмы работы микроконтроллеров, позволяют получать информативные показатели зрительно-моторной реакции человека.

Оценка функционального состояния группы испытуемых позволила выявить низкую степень утомления (показатель степени утомления S равен 1,15) для случая чтения текста с экрана ПК. На основании применения коэффициента визуального влияния было установлено, что такая нагрузка, как чтение текста с экрана ПК, является визуально оптимальной для 95 % испытуемых. Совпадение результатов, полученных с использованием различных методов, указывает на корректную работу разработанных устройств.

Список литературы: 1. Дудел, Дж., Циммерман, М. Шмидт, Р., Грюссер, О. и др. Физиология человека : пер. с англ. – Т.2. – М. : Мир, 1985. 2. Макаренко, Н.В. Психофизиологические функции человека и операторский труд / Н.В. Макаренко. – К. : Наук. думка, 1991. – 216 с. 3. Кочина, М.Л., Сайковская, Л.Ф. Автоматизированный комплекс для диагностики функционального состояния пользователей ПК // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2006. – Вып.146. – С. 49 – 54. 4. Ферстер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа / Э. Ферстер, Б. Ренц. – М. : Финансы и статистика, 1983. – 302 с. 5. Кальниш, В.В. Изменение напряжения подсистем организма у лиц, работающих посменно // Медицина труда и промышленная экология. – 1994. – №11. – С. 36 – 39. 6. Навакатикян, А.О., Крыжановская, В.В., Кальниш, В.В. Физиология и гигиена умственного труда. – К. : Здоров'я, 1987. – 152 с. 7. Деклараційний патент 45815 А UA, МПК А 61 В 10/00. Спосіб діагностики характеру впливу візуально діючих факторів / М.В. Кривонос, Л.В. Подрігало, М.Л. Кочина, О.В. Яворський, І.О. Ішкова, М.І. Ковтун. – Харків : Харк. держ. мед. ун-тет. – № 2001074837; заявл. 10.07.01; опубл. 15.04.02, Бюл. № 4. – 6 с.

Харьковский национальный
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 23.05.2012