

УДК 621.37: 681.518.2: 612.821

М.Л. Кочина, А.Г. Фирсов

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ВРЕМЕННЫХ И ЧАСТОТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Представлена информационная технология и алгоритм ее реализации для определения частотно-временных показателей ЦНС человека в спокойном состоянии или в процессе какого-либо деятельности. Технология образована несколькими операциями, позволяющими формировать и предъявлять тестовые сигналы различной модальности, регистрировать ответы испытуемого, проводить объективный контроль его состояния с помощью регистрации электрической активности мышц лица и мозга. Показана перспективность использования разработанной технологии для оценки ФС человека при обработке больших объемов информации в условиях цейтнота.

Ключевые слова: информационная технология, частотно-временные показатели, функциональное состояние, центральная нервная система.

Введение

Функциональное состояние (ФС) человека служит характеристикой резервных возможностей организма и качества их регулирования. Интерес к проблеме его оценки обусловлен тем, что неблагоприятные ФС увеличивают цену трудовой деятельности, снижают качество работы, ограничивают достижения спортсменов, создают угрозу здоровью, а также могут иметь ряд неприемлемых социально-экономических последствий [1, 2].

Исследование функционального состояния человека необходимо не только для задач клинической диагностики, но и при проведении профессионального отбора, предсменного контроля, в динамике какого-либо вида деятельности для оценки «цены» адаптации к ней или степени воздействия на организм предъявляемых задач.

Профессиональный отбор предназначен для обеспечения высокой эффективности работы, сохранения здоровья, профилактики профессиональных заболеваний и продления трудового долголетия.

Обеспечение высокой эффективности и надежности профессиональной деятельности осуществляется как путем совершенствования технических средств и систем, рационализацией обучения, так и путем профессионального отбора [3, 4].

Психофизиологический отбор является составной частью профессионального отбора, его основная задача состоит в определении состояния и степени развития тех психофизиологических, психических и личностных качеств и способностей человека, которые в наибольшей мере отвечают требованиям выбранной профессии, благоприятствуют использованию профессиональных навыков в реальных условиях [1 – 4].

Исходя из доминирующей роли центральной нервной системы (ЦНС), при исследовании ФС человека в первую очередь необходимо оценить ее состояние. Динамика параметров, характеризующих состояние ЦНС, отображает индивидуальные особенности процессов регулирования в организме в ходе адаптации к нагрузке [5 – 10].

Объективные методы исследования ЦНС, основанные на регистрации электрофизиологических сигналов, малоприменимы в условиях производственной деятельности, при занятиях физической культурой и спортом, при массовых профилактических осмотрах [11 – 13]. В этих целях используются психофизиологические методы, большинство из которых проводится с участием зрительного анализатора, так как в процессе зрительного восприятия задействовано более половины коры головного мозга.

Показатель скорости разнообразных двигательных реакций человека имеет самостоятельное значение как критерий оценки профессионально важных качеств многих профессий. Вместе с тем измерение времени ответных двигательных реакций является одной из наиболее удобных, получивших широкое распространение методик, и может быть использовано для изучения состояния человека в любых сферах трудовой деятельности [14 – 16].

Время реакции человека на сигналы различной модальности являются суммой трех составляющих: времени возбуждения рецепторов и передачи этого возбуждения в сенсорные центры головного мозга, времени восприятия, распознавания сигнала и принятия решения, а также времени передачи возбуждения по двигательным волокнам. Исследование времени зрительно-моторной реакции позволяет получить информацию о процессах, происходящих в ЦНС, а динамика этого времени позволяет судить о влиянии разных видов деятельности на ФС человека.

Для оценки состояния ЦНС при решении зрительных задач необходима разработка новых методов регистрации и обработки показателей, характеризующих функциональное состояние организма человека, и создание технических устройств для их реализации.

Целью работы является разработка информационной технологии оценки временных и частотных показателей ЦНС человека в динамике зрительного труда.

Материалы и методы

Показатель скорости разнообразных двигательных реакций человека имеет самостоятельное значение как критерий оценки профессионально важных качеств многих профессий. Как правило, в практике рефлексометрии исследуются реакции не на одиночные раздражители, а на их серии, где сигналы следуют друг за другом. Серия может быть составлена из однотипных раздражителей, требующих одинаковых ответных действий (в этом случае изучают время простой двигательной реакции), или из двух-трех и более сигналов, требующих разных ответных действий (в этом случае речь идет о времени реакции выбора при разной сложности пред-

ложенного анализа). Измерение скрытого времени сенсомоторной реакции необходимо для оценки уровня активации организма человека.

Для измерения времени простой зрительно-моторной реакции используются световые стимулы разного цвета. Контрастность фона и стимула должна быть большой, поэтому светостимул размещен в защитных непрозрачных очках. Длительность «засветки» стимула – 0,2 с. Испытуемому дается инструкция как можно быстрее реагировать на появление стимула нажатием определенной клавиши, на которой испытуемый держит палец. В процессе эксперимента измеряется n реакций. При этом производится постоянный контроль качества выполнения инструкций, это достигается путем исключения недостоверных значений с помощью критерия Шовене.

Для определения времени сложной сенсомоторной реакции используется такая инструкция: испытуемому необходимо как можно быстрее нажимать установленную клавишу при появлении стимула строго определенного цвета. На появление стимула другого цвета не реагировать. Так же производится проверка на наличие недостоверных значений. При этом измеряется время реакции на стимул, цвет стимула и кнопка, на которую испытуемый нажимал. Это позволяет дифференцировать время сенсомоторной реакции на тормозной и на возбуждающий стимул, оценивать степень межполушарной асимметрии. Все эти данные фиксируются в базе данных.

Подвижность – одно из основных свойств нервных процессов, являющееся важным для проведения профессионального отбора. Методика измерения функциональной подвижности нервных процессов (ФПНП) заключается в следующем: в течение заданного времени T испытуемому в случайном порядке предъявляются задачи на распознавание цветов (цветных стимулов заданного размера и яркости). Требуется как можно быстрее определить цвет выведенного стимула и, в случае если это цвета Ц1 или Ц2, нажать определенную в инструкции соответствующую клавишу, а в случае появления Ц3 – не производить никаких действий с клавиатурой прибора. При проведении испытания следует реализовать режим работы «с обратной связью», т.е. в процессе выполнения задания постоянно осуществлять проверку качества работы по следующему алгоритму.

Экспозиция первой предъявляемой задачи 1 с, а время высвечивания каждой последующей задачи $t(n)$ зависит от продуктивности решения предыдущей задачи $t(n-1)$ и определяется правилом:

$$t(n) = \begin{cases} (1 - dt) \cdot t(n-1) & \text{своевременно;} \\ (1 + dt) \cdot t(n-1) & \text{не своевременно,} \end{cases}$$

где $t(n)$ – текущая экспозиция раздражителя; $t(n-1)$ – предыдущая экспозиция раздражителя; dt – доля изменения длительности экспозиции раздражителя; n – порядковый номер раздражителя.

Своевременным решение считалось тогда, когда испытуемый нажимал (или не нажимал) адекватную клавишу за период $t(n-1)+0,1$ с после появления задачи. В противном случае решение задачи считалось несвоевременным.

Длительность интервала между сигналами – 0,2 с. После проведения испытания определяется

минимальная за все время эксперимента экспозиция раздражителя, который и считается оценкой ФПНП, а также время реакции на стимул, цвет стимула и кнопка, на которую испытуемый нажимал. Дополнительно фиксируются значения экспозиции по ходу эксперимента, на их основе рассчитываются значения силы и динамичности нервных процессов.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлена информационная технология оценки временных и частотных показателей ЦНС человека.

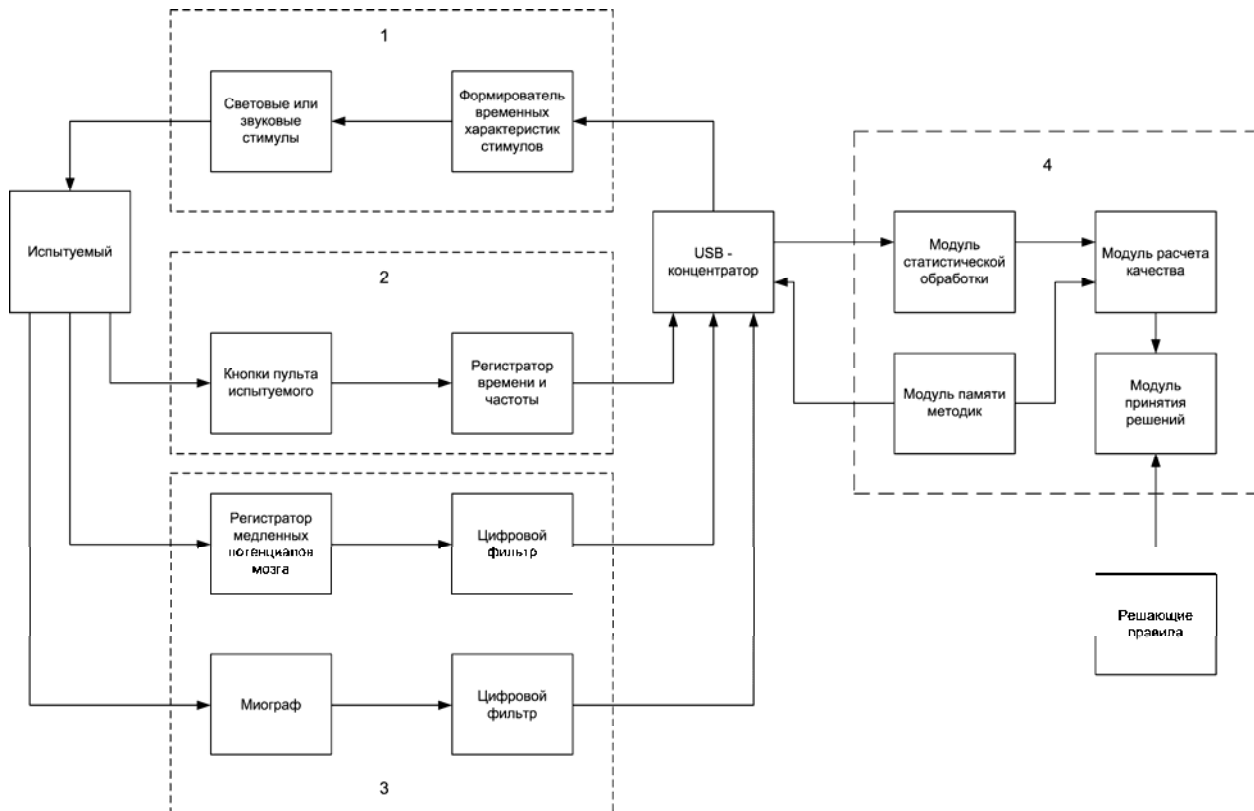


Рис. 1. Информационная технология оценки частотно-временных показателей ЦНС

Условно представленную технологию можно разделить на несколько операций. Первая операция состоит в формировании и предъявлении испытуемому тестовых сигналов и регистрации ответов испытуемого, что осуществляется в блоках 1 и 2 при участии ПК, реализуемом через USB концентратор.

Вторая операция состоит в объективной регистрации показателей состояния ЦНС, которая осуществляется в блоке 3. В этом блоке реализуется регистрация потенциалов мышц лица и медленных потенциалов мозга.

Полученная информация также через USB концентратор поступает в ПК. Третья операция – обработка и хранение полученной информации осуществляется в блоке 4. Блок 4 реализован в виде ПК, в котором осуществляется все необходимые преобразования информации с целью подготовки ее для сравнения с решающими правилами. Для оценки полученной после

обработки информации в ПК вводятся решающие правила, содержание которых зависит от поставленных в исследовании задач. Решающие правила вырабатываются специалистами в соответствующей области и являются основанием для оценки ФС человека.

Алгоритм выполнения первой операции, реализуемой в блоках 1 и 2, представлен на рис. 2.

Для определения характеристик ЦНС в соответствии с представленным на рис. 2 алгоритмом производится выбор методики измерений, числа повторов предъявления стимулов, цвета, способа предъявления стимулов и их модальность. Эта управляющая последовательность передается исследователем в прибор с помощью компьютера.

Далее на аппаратном уровне внутри прибора происходит формирование межстимульных интервалов, длительности и силы стимулов или их частоты согласно заданной методике.

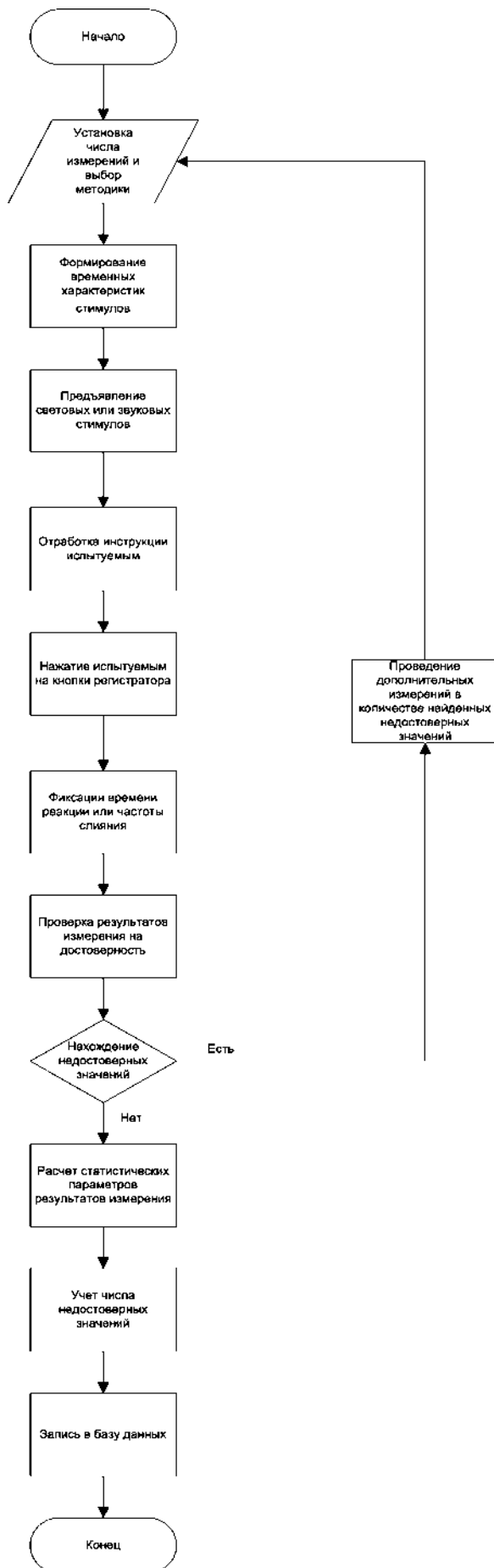


Рис. 2. Алгоритм исследования состояния ЦНС

После этого происходит предъявление испытуемому световых стимулов при помощи светодиодов, вмонтированных в специальных светоизолированных очках, или звуковых стимулов – при помощи наушников.

Перед проведением исследований испытуемый, в зависимости от выбранной методики, получает инструкцию, с помощью каких кнопок на какие стимулы реагировать.

Реакция испытуемого при нажатии соответствующей кнопки регистрируется регистратором, при этом прибор фиксирует время реакции или частоту (в случае исследования критической частоты слияния световых мельканий разных цветов) при помощи аппаратного устройства отсчета времени и частоты.

Далее после серии предъявления стимулов и получения ответных реакций происходит статистическая проверка на достоверность результатов измерения. При помощи критерия Шовене [17] выявляются грубые ошибки, допущенные испытуемым.

При нахождении недостоверных результатов (ошибок) производятся дополнительные измерения по заданной методике, количество которых соответствует количеству найденных недостоверных результатов.

После окончания исследования все достоверные результаты подвергаются статистической обработке с определением средних и среднеквадратичных отклонений.

Кроме того, определяется количество недостоверных результатов с учетом их положения в серии.

Все результаты измерений, вычисленные статистические параметры и недостоверные результаты сохраняются в базе данных. База данных организована таким образом, что исключает несанкционированное проникновение и возможность исправления допущенных ошибок.

После определения всех показателей и вычисления их средних значений производится сравнение полученных цифр с показателями, содержащимися в решающих правилах. В зависимости от результатов сравнения делается вывод о ФС испытуемого.

Включение в информационную технологию операции по объективной оценки состояния ЦНС позволяет более точно исследовать «цену» адаптации испытуемого к производственной деятельности.

Заключение

Таким образом, представленные информационная технология и алгоритм ее реализации для определения частотно-временных показателей ЦНС могут быть использованы для оценки ФС человека в спокойном состоянии и в динамике какой-либо деятельности.

Такой подход является перспективным, поскольку деятельность человека постоянно усложня-

ється, що обумовлено появлением новой техники и технологий, требующих работы на пределе возможностей из-за растущего объема перерабатываемой в жестком временном режиме информации и ответственности за принимаемые решения.

Список литературы

1. Кальниш В.В. Изменение уровня связности функций различных систем организма при сменной работе оперативного персонала энергопредприятия / В.В. Кальниш // Актуальные вопросы физиологии умственного труда. Тез. докл. симпозиум. – К., 1993. – С. 24-26.
2. Кальниш В.В. Изменение напряжения подсистем организма у лиц, работающих посменно / В.В. Кальниш // Медицина труда и промышленная экология. – 1994. – № 11. – С. 36-39.
3. Кальниш В.В. Принципи професійного психофізіологічного відбору / В.В. Кальниш, А.І. Єна // Гігієна праці. – К., 2001. – Вип. 32. – С. 131-144.
4. Макаренко М.В. Основи професійного відбору військових спеціалістів та методики вивчення індивідуальних психофізіологічних відмінностей між людьми / М.В. Макаренко. – К.: Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, Науково-дослідний центр гуманітарних проблем ЗС України, 2006. – 395 с.
5. Безбогов А.А. О системном анализе и оценивании функционирования эргатических систем управления / А.А. Безбогов, Ю.Ю. Громов, С.В. Данилкин, В.М. Тютюнник // Инженерная физика. – 2005. – №4. – С. 65-68.
6. Зараковский Г.М. Закономерности функционирования эргатических систем [Текст] / Г.М. Зараковский, В.В. Павлов. – М.: Радио и связь, 1987. – 232 с.
7. Принципы и методы создания информационных моделей в автоматизированных системах управления / А.Ю. Козак, Е.Ю. Орлова, Д.Ю. Кучерявый // Труды Одесского политехнического университета. – Одесса, 2002. – Вып. 2(18). – С. 1-5.
8. Черняк А.Н. Нейрокомпьютеринг психофизиологического состояния человека / А.Н. Черняк, Е.Н. Довгялло, Ю.Г. Выхованец, Г.И. Миронова // Вестник гигиены и эпидемиологии ДонДМ. – 2001. – Том 5, №1. – С. 41-43.
9. Онопчук Ю.Н. Методы математического моделирования и управления в теоретических исследованиях и решении прикладных задач спортивной медицины и физиологии / Ю.Н. Онопчук, А.Г. Мисюра // Спортивна медицина. – 2008. – № 1. – С. 181-188.
10. Кузьмина К.И. Современные информационные технологии для изучения механизмов индивидуальной психофизиологической адаптации человека / К.И. Кузьмина, Т.М. Сёмик, Т.А. Андон // Проблемы програмування. – 2008. – № 2-3. – С. 695-702.
11. Сапова Н.И. Ритмокардиография как один из методов, позволяющий оценивать функциональные резервы организма / Н.И. Сапова // Мат. Всесоюзной конференции "Функциональные резервы и адаптация". – К., 1990. – С. 105-106.
12. Вариация ритмограммы как новый метод оценки variability сердечного ритма / А.В. Соболев, Л.Н. Лютикова, Г.В. Рябыкина, М.К. Алеева, В.Ю. Мареев // Кардиология. – 1996. – № 4. – С. 47-52.
13. Циммерман Ф. Клиническая электрокардиография / Ф. Циммерман. – М.: Биком, 1998. – 448 с.
14. Альтман Я.А. Руководство по аудиологии / Я.А. Альтман, Г.А. Тавартклядзе. – ДЖУ. – 2003. – 360 с.
15. Зайцев А.В. Возрастная динамика времени реакции на зрительные стимулы / А.В. Зайцев, И.В. Лупандина, О.Е. Сурнина // Физиология человека. – 1999. – Т. 25, № 6. – С. 33-37.
16. Сурнина О.Е. Половые и возрастные различия времени реакции на движущийся объект у детей и взрослых / О.Е. Сурнина, Е.В. Лебедева // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 4. – С. 56-60.
17. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок: пер. с англ. Л.Г. Деденко / Дж. Тейлор. – М.: Мир, 1985. – 272 с.

Поступила в редакцию 26.02.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В. И. Чумаков, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ ЧАСОВИХ ТА ЧАСТОТНИХ ПОКАЗНИКІВ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ

М.Л. Кочина, О.Г. Фірсов

Представлена інформаційна технологія і алгоритм її реалізації для визначення частотно-тимчасових показників ЦНС людини в спокійному стані або в процесі якого-небудь діяльності. Технологія утворена декількома операціями, що дозволяють формувати і пред'являти тестові сигнали різної модальності, реєструвати відповіді випробовуваного, проводити об'єктивний контроль його стану за допомогою реєстрації електричної активності м'язів особи і мозку. Показана перспективність використання розробленої технології для оцінки ФС людини при обробці великих об'ємів інформації в умовах цейтноту.

Ключові слова: інформаційна технологія, частотно-тимчасові показники, функціональний стан, центральна нервова система.

INFORMATION TECHNOLOGY FOR TIME AND FREQUENCY INDEX ESTIMATION OF HUMAN ORGANISM

M.L. Kochina, A.G. Firsov

In the given work we had presented information technology and algorithm for determination frequency-time index of CNS in calm condition or in process of some activity. Technology is formed a few operations, allowing to form and produce the signals of tests of different modality, register answers examinee, to conduct objective control of his state by registration of electric activity of muscles of person and brain. Perspective of the use of the developed technology is shown for the estimation of FS of man at treatment of large volumes of information in the conditions of time trouble.

Keywords: information technology, frequency-temporal indexes, functional state, central nervous system.