

из (14), (15);

$$\text{UR}(\text{conc}(\epsilon, f_3(2x-4), 2, f_5(2x-4), f_6(2x-4), /2), x-2)$$

из (11), (16).

Поскольку все аргументы функций здесь известны, функции могут быть вычислены, что приведет к предикату

$$\text{UR}((4 * (x-2) \uparrow 2) / 2, x-2). \quad (17)$$

Из (6) и (17) получаем пустой дизъюнкт $\square$, что указывает на правильность выполнения преобразований.

Заметим, что в нашей системе используется еще одна БЗ, не показанная в явном виде на рис. 1 – база умений, т.е. процедур, выполняющих действия над строками $(f_3, f_5, f_6, \text{conc})$.

В настоящее время спроектирована и фрагментарно реализована ЭС для проверки правильности равносильных преобразований в алгебраических выражениях и уравнениях.

Поступила в редколлегию 28.01.98

Дюбо Генадий Федорович, канд. техн. наук, профессор кафедры ПО ЭВМ ХТУРЭ. Адрес: 310000, Украина, Харьков, пр. Гагарина, 38, кв. 70, тел. 27-13-26.

Шевелин Виталий Николаевич, аспирант кафедры ПО ЭВМ ХТУРЭ. Адрес: 310000, Украина, Харьков, пр. Л.Свободы, 51-б, кв. 514.

Гребинник Василий Анатольевич, аспирант кафедры ПО ЭВМ ХТУРЭ. Адрес: 310000, Украина, Харьков, пр. Л.Свободы 51-б, к. 308

УДК 621.387.62.

РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИТО- БИОФИЗИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ОПТИКО- ЭЛЕКТРОННЫМИ СРЕДСТВАМИ

СТРЕЛКОВ А.И., ЛЫТЮГА А.П., СТРЕЛКОВА Т. А.

Описан комплекс оптико-электронной и вычислительной аппаратуры для реализации цито-биофизического метода определения функционального и физиологического состояния человека по электрокинетическим характеристикам клеточных ядер. Использование комплекса позволит в реальном масштабе времени получать интегральную оценку состояния здоровья, фиксировать малые отклонения измеряемых параметров, вызванные ухудшением физиологического состояния или утомлением.

В настоящее время проблема здоровья человека стоит особенно остро. Неблагоприятные экологические условия, постоянно воздействуя на организм, вызывают малые однонаправленные изменения физиологического состояния человека, снижая способность к выполнению служебных обязанностей, и часто приводят к серьезным заболеваниям. Условия труда на многих промышленных предприятиях добывающей и перерабатывающей отраслей также способны вызывать изменения состояния здоровья работников. Постоянное нервное напряжение, стрессы и утомление работников диспетчерских служб, водителей, летчиков и других часто являются причиной возникновения внештатных ситуаций, приводящих к человеческим жертвам и материальным убыткам. Ситуация усложняется еще и тем, что речь в данном случае идет о физиологическом и функциональном состоянии практически здоровых людей, как правило, не имеющих заметных отклонений в здоровье.

Показатели здоровья, которые приняты в классической медицине, основываются на поиске и регистрации признаков заболеваний. Традиционные методы не дают возможности получить интегральную

характеристику показателей здоровья человека и изучить влияние процесса труда на его функциональное и физиологическое состояние в реальном масштабе времени.

Для представителей целого ряда профессий (например, машинисты, диспетчеры наземной службы, работники вредных производств) необходим непрерывный контроль функционального и физиологического состояния в течение рабочего дня без отрыва от выполнения производственных обязанностей.

В Харьковском государственном университете под руководством доктора биологических наук, профессора В. Г. Шахбазова разработан цито-биофизический метод определения физиологического и функционального состояния организма человека. Метод основан на корреляции между физиологическим и функциональным состоянием человека (биологическим возрастом) и биоэлектрическими свойствами клеточных ядер. Эта связь была установлена в результате многочисленных исследований, проведенных вначале на модельных объектах – растениях и животных, а затем на клетках человека [1, 2].

Удобными объектами для проведения исследований являются клетки буккального эпителия, так как они достаточно прозрачны, с хорошо видимыми без окрашивания ядрами. Взятие пробы клеток легкое, нетравматичное для донора и исследуемых клеток. Межклеточные взаимодействия в пробе не препятствуют образованию однослойного препарата.

Одно из определений биологического возраста человека – это интегральная оценка его жизнеспособности, выраженная в годах, сравниваемая со среднестатистическими показателями жизнеспособности соответствующей возрастной группы. В геронтологии это понятие является одним из центральных и определяет скорость процессов старения данного человека или данной группы людей.

Как показатель биологического возраста используется электрокинетический потенциал клеточного ядра [3].

Опубликовано много работ, подтверждающих связь между электрокинетическими характеристиками клеточных ядер буккального эпителия и энергетикой организма [4].

При сравнении биологического возраста с паспортным или хронологическим оказывается, что у одних лиц биологический возраст отстает от паспортного, т.е. они оказываются биологически здоровее, жизне-

способнее, моложе, а у других наоборот – биологический возраст превышает паспортный. Это превышение может быть значительным и граничить с заболеванием.

Удобным показателем биологического возраста является электроотрицательность ядер (ЭОЯ) клеток, определяемая как процентное соотношение электроотрицательных и нейтральных ядер.

В результате исследований, направленных на выявление возрастных различий в биоэлектрических свойствах клеточных ядер практически здоровых людей, была получена кривая изменений этого показателя (рис. 1) [5].

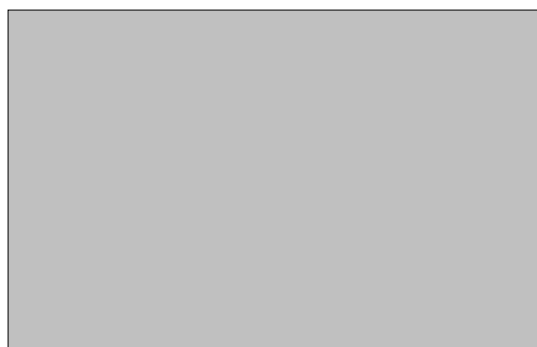


Рис. 1. График зависимости нормы показателя ЭОЯ от возраста

На рис. 1 представлена среднестатистическая зависимость нормы электроотрицательности клеточных ядер от возраста.

При исследовании работников вредных производств [6] были выявлены отклонения от показателей нормы ЭОЯ при экстремальных нагрузках.

Для определения биологического возраста человека исследовался буккальный эпителий. В процессе анализа требовалось учесть в одном или нескольких полях зрения микроскопа, в зависимости от коэффициента увеличения, процентное соотношение и направление смещения клеточных ядер по отношению к общему количеству учтенных клеток.

Регистрация подвижности клеточных ядер под воздействием микроэлектрофореза проводилась аппаратурой, разработанной В.Г.Шахбазовым [7].

Недостатком данного метода регистрации движения клеточных ядер является длительность времени исследования и обработки полученных результатов, ошибки лаборанта при визуальном контроле, так называемый фактор субъективности, невозможность количественного измерения параметров движения исследуемых ядер в реальном масштабе времени, невозможность фиксации малых отклонений параметров движения ядер.

Авторами статьи разработан комплекс оптико-электронной и вычислительной аппаратуры для автоматического объективного высокоточного измерения параметров движения ядер клеток буккального эпителия в процессе микроэлектрофореза в реальном масштабе времени (рис.2).

Применение данного комплекса позволит автоматически, с высокой точностью, в реальном масштабе времени:

1. Определять общее количество клеточных ядер в пробе.



Рис. 2. Комплекс для измерения параметров движения ядер клеток буккального эпителия: 1 – прибор для микроэлектрофореза клеточных ядер; 2 – микроскоп; 3 – телевизионная камера; 4 – монитор; 5 – оригинальный блок обработки ТВ-изображений; 6 – ПЭВМ; 7 – оригинальное программное обеспечение

2. Устанавливать количество электроотрицательных и нейтральных клеточных ядер и их процентное соотношение.

3. Определять перемещение амплитуды колебаний, ускорение подвижных ядер.

4. Фиксировать малые отклонения в параметрах движения клеточных ядер.

5. Производить обработку и вывод информации на монитор в виде распределения объектов по амплитудам колебаний за время не более одной секунды.

6. Создавать банк данных результатов исследований проб клеток для дальнейшей статистической обработки.

Комплекс функционирует следующим образом. Источник некогерентного излучения создает световой поток, который, проходя через пробу и оптическую систему микроскопа (2), формирует изображения наблюдаемых биологических объектов на фотокатод передающей телевизионной трубки (3). Телевизионный сигнал, снимаемый с телевизионной трубки (3), подается на монитор (4), для визуального контроля процесса, и на оригинальный блок обработки телевизионных изображений (5). На рис. 3 представлен состав оригинального блока обработки телевизионной информации.

Аналоговый телевизионный сигнал с выхода телевизионной камеры (3) подается на вход АЦП,

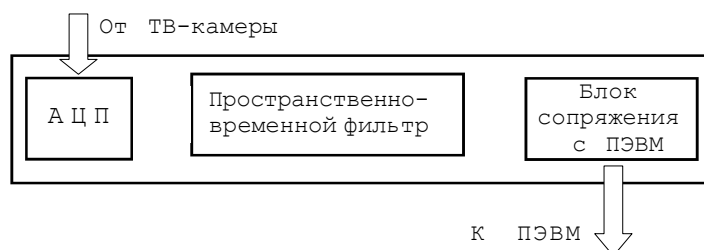


Рис. 3. Блок-схема оригинального модуля обработки телевизионных изображений

оцифрованный сигнал подается на вход пространственно-временного фильтра, который производит внутрикадровую обработку полученного изображения в реальном масштабе времени и через блок сопряжения выдает информацию о телевизионных координатах каждого наблюдаемого объекта на входной порт ПЭВМ (6).

Использование пространственно-временного фильтра позволяет в несколько тысяч раз сократить объем информации, получаемой при обработке одно-

го телевизионного кадра, по сравнению с объемом информации, вводимой в ПЭВМ при непосредственной оцифровке телевизионного кадра. Это дает возможность значительно сократить время, необходимое для обработки одного кадра в целях получения телевизионных координат наблюдаемых объектов. При этом оказывается, что для обработки полезной информации, полученной из одного телевизионного кадра, необходим промежуток времени, меньший, чем промежуток времени до поступления следующего телевизионного кадра (40 мс). Таким образом, применение пространственно-временного фильтра позволяет вести обработку телевизионного изображения пробы клеток буккального эпителия в реальном масштабе времени, т.е. производить экспресс-диагностику функционального и физиологического состояния человека.

При помощи оригинального программного обеспечения (7) проводится двухуровневая межкадровая статистическая обработка полученных изображений. На первом уровне определяются индивидуальные характеристики движения каждого объекта, проводится селекция подвижных и неподвижных ядер, определение их амплитуд колебаний и процентного соотношения электроотрицательных и нейтральных ядер в реальном масштабе времени. На втором уровне ведется статистическая обработка информации, полученной с первого уровня, и выдается информация о пробе в целом.

В результате использования данного алгоритма обработки телевизионной информации стало возможным проводить измерения координат и параметров движения наблюдаемых биологических объектов (клеточных ядер буккального эпителия) с высокой точностью (погрешность измерения составляет доли процента).

В процессе работы комплекса создается банк данных исследованных проб.

Выводы. Благодаря возможности высокоточных измерений, стало возможным фиксирование малых отклонений параметров движения клеточных ядер при микроэлектрофорезе, связанных с ухудшением физиологического состояния человека или утомлением. Применение оптико-электронного метода позволит определять снижение способности человека выполнять служебные обязанности. Это дает возможность значительно снизить риск возникновения аварийных ситуаций в работе диспетчерских служб, летчиков, водителей, машинистов и т.д., а также избежать человеческих жертв и материального ущерба.

Кроме того, оптико-электронный метод экспресс-диагностики физиологического и функционального состояния человека можно применять:

– в медицине – для ранней диагностики заболеваний, оценки реакции организма на лекарственные

препараты, оперативного контроля лечебного процесса;

– в области гигиены труда и спорта для оптимизации спортивных и производственных нагрузок, особенно для работников вредных производств.

Литература: 1. Колупаева Т.В., Шахбазов В.Г., Николайчук В.О., Владычкина Е.С. Диагностика функционального состояния организма по электрокинетическим свойствам клеточных ядер // Тр. конф. "Биоэлектрические свойства клеточного ядра и состояние организма". Х., 1989. С. 24-25. 2. А.с. 1169614, СССР. МКИ А 61 В 10/00. Способ определения биологического возраста человека / В.Г. Шахбазов, А.Л. Набоков, Т.В. Колупаева // Открытия. Изобретения. 1985. №28. 3. Колупаева Т.В. Биологический возраст человека, определяемый по показателю электроотрицательности клеточных ядер // Тр. конф. "Биоэлектрические свойства клеточного ядра и состояние организма". Х., 1989. С. 17. 4. Шахбазов В.Г. Теоретическое значение изучения биоэлектрических свойств клеточных ядер и практическое использование этого показателя в медицине, гигиене труда и спорта // Тр. конф. "Биоэлектрические свойства клеточного ядра и состояние организма". Х., 1989. С. 9-10. 5. Шахбазов В.Г., Колупаева Т.В. Возрастные изменения электроотрицательности клеточных ядер и использование этого показателя для определения биологического возраста человека. // Тр. 2-й Всесоюз. конф. "Актуальные вопросы геронтологии и гериатрии". Тбилиси, 1982. С. 500-501. 6. Шахбазов В.Г., Колупаева Т.В., Рак А.В., Жуков В.И., Бондаренко Л.А. Изучения влияния на организм человека условий химического производства по электрокинетическим свойствам клеточных ядер // Тр. конф. "Биоэлектрические свойства клеточного ядра и состояние организма". Х., 1989. С. 32-33. 7. Шахбазов В.Г., Колупаева Т.В., Набоков А.Л. Методика и устройство для микроэлектрофореза клеточных ядер // Тр. конф. "Биоэлектрические свойства клеточного ядра и состояние организма". Х., 1989. С. 58.

Поступила в редколлегию 25.03.98

Стрелков Александр Иванович, д-р техн. наук, заслуженный изобретатель Украины, профессор кафедры генерирования и формирования сигналов ХТУРЭ. Научные интересы: квантовая электроника, прикладная оптика, оптико-электронные приборы, статистическая обработка оптических сигналов. Адрес: 310126, Украина, Харьков, пр. Ленина 14, тел. (0572) 40-94-44, (0572) 67-36-25.

Лыткога Александр Петрович, аспирант кафедры генерирования и формирования сигналов ХТУРЭ. Научные интересы: оптико-электронные средства, вычислительная техника. Адрес: 310126, Украина, Харьков, пр. Ленина 14, тел. (0572) 40-94-44.

Стрелкова Татьяна Александровна, аспирантка кафедры генерирования и формирования сигналов ХТУРЭ. Научные интересы: биофизика и программирование. Адрес: 310126, Украина, Харьков, пр. Ленина 14, тел. (0572) 40-94-44.