

просвечиваемой толщины $10 < d < 16$ мм чувствительность относится к первому классу качества. Дефектами сварного шва являются: газовая пора, шлаковое включение, непровар корня шва.

Использование экспериментальных рентгеновидиконах, оригинальной методики просвечивания и компьютерной обработки изображений позволило значительно улучшить основные параметры интроскопа. При автоматизации процесса контроля и управлении интроскопом с помощью компьютера производительность рентгенотелевизионного контроля в 15–20 раз превышает производительность радиографии. При этом не требуются расходные серебросодержащие материалы и отсутствует процесс фотообработки.

Технические характеристики интроскопа:

диапазон используемых энергий, кэВ	7–250
толщина просвечивания, мм:	
по стали	до 40
по алюминию	до 80
по бериллию (полиэтилену)	до 150
чувствительность контроля, %	0,5 – 2,0
разрешающая способность, пар линий/мм	20 и 8
диаметр поля контроля, мм	18 и 90
потребляемая мощность, кВт	до 1,5

По исполнению рентгенотелевизионные интроскопы изготавливаются как в бункерном варианте, так и с автономной радиационной защитой, обеспечивающей безопасную эксплуатацию его в цеховых условиях.

Для работы в полевых условиях может быть изготовлен передвижной вариант рентгенотелевизионного интроскопа на базе автомобиля с повышенной проходимостью и автономным источником питания.

Рентгенотелевизионный интроскоп может найти широкое применение в машиностроении, атомной, теплоэнергетической, аэрокосмической, химической, нефтяной и газовой промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 27947-88. Контроль неразрушающий. Рентгенотелевизионный метод.
2. Свирикин Д. И., Филишов Н. Я., Забавин А. Н., Савельев Ю. В., Иванов А. А. Способ изготовления рентгеновидикона. – Патент № 2034354 РФ. МКИ H 01 J 9/26.
3. ГОСТ 23055-78. Классификация сварных соединений по результатам радиографического контроля.
4. ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Сварные соединения. Радиографический метод.

УДК 615.47:543.672

Д. К. АВДЕЕВА, Ю. И. КРАСИЛЬНИКОВ

РАЗРАБОТКА АУДИОМЕТРА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОБЪЕКТИВНОЙ АУДИОМЕТРИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отмечается актуальность разработки объективного аудиометра для неинвазивной регистрации электрокохлеографических биопотенциалов (микрофонного и ационного). Даны основные характеристики разработанного аудиометра, результаты клинических исследований слуха, показано высокое диагностическое значение амплитуды и фазы микрофонного потенциала.

Современные аудиометры по слуховым вызванным потенциалам (СВП) характеризуются высокой степенью развития, что обусловлено прежде всего их компьютерной основой. За рубежом производство этих приборов налажено с начала семидесятых годов и к настоящему времени представляет собой высокоразвитую подотрасль слухоизмерительных приборов наряду с акустическими ушными импедансометрами и обычными аудиометрами. Производителями объективных аудиометров являются фирмы "DISA", "Madsen Electronics", Дания; "Nicolit Biomedical Instruments", США, "Nihon Konden Kogyo Co. LTD", Япония и др.

Существующие аудиометры по СВП предназначены для измерения коротколатентных СВП (КСВП), среднелатентных СВП (ССВП) и длиннолатентных СВП (ДСВП) [1–7]. Измерение электрокохлеографических (улитковых) потенциалов – микрофонного (МП) и акционного (АП) с заушной области либо с мочки уха человека вследствие очень малых значений этих потенциалов на поверхности головы исследуемого (десятки и сотни нановольт) не предусмотрено в известных аудиометрах. Регистрация электрокохлеографических потенциалов в этих приборах осуществляется путем прокалывания барабанной перепонки игольчатым электродом, т.е. непосредственно с улитки органа слуха, либо путем съема этих потенциалов со стенок наружного слухового прохода.

Однако измерение основных информативных параметров акционного потенциала (амплитуды и времени запаздывания) и микрофонного потенциала (амплитуды и фазы) у человека неинвазивным способом в норме и при различных патологических процессах, увеличение быстродействия аппаратуры являются актуальными задачами в диагностике слуха, в том числе у детей, так как электрокохлеография имеет большое диагностическое значение, но не получила широкого применения из-за несовершенства аппаратуры для измерения потенциалов улитки.

Поэтому разработка более совершенного аудиометра по СВП, позволяющего с большим быстродействием измерять электрокохлеографические потенциалы с заушной области либо с мочки уха, является актуальной задачей.

Нами разработан объективный аудиометр, предназначенный для контроля состояния улитки слуховой системы человека. Аудиометр является аппаратно-программным комплексом для неинвазивного измерения МП и потенциала действия (ПД), МП отражает биоэлектрическую активность слуховых рецепторов кортиева органа (волосковых клеток), а ПД – слухового нерва. Аудиометр представляет собой измерительный блок, подключаемый к ЭВМ типа IBM PC.

В аудиометре используются хлор-серебряные электроды на базе пористой керамики собственной конструкции и производства. Установка электродов проста и не требует специальной подготовки: заземляющий электрод фиксируется на лбу пациента с помощью резинового ремня, активный и эталонный – на мочках уха (клипсы). Входное сопротивление приемного тракта – 1 МОм, коэффициент подавления помехи 50 Гц – не менее 100 дБ, имеется цифровой аттенюатор коэффициента усиления.

Основные характеристики звукового возбуждения:

- виды стимулов – знакопеременный звуковой щелчок, тональный непрерывный сигнал;
- частота звуковых щелчков – 10 Гц;
- длительность – 150 мкс;
- частоты тонального сигнала – 122, 244, 488, 977, 1953, 3906, 7812, 15625 Гц;
- уровень звукового давления звукового щелчка и тонального сигнала – (0–100) дБ с шагом регулировки – 5 дБ.

При измерении КСВП применяется аналого-цифровое преобразование и когерентное накопление измеряемых сигналов с параметрами:

- разрядность – 10 бит;
- время преобразования на одну точку – 32 мкс;
- число накоплений – не ограничено.

Амплитуда и фаза микрофонного потенциала измеряются фазовым методом. Время преобразования – 32 мс на одну точку. Используемые технические решения защищены авторскими свидетельствами и патентами. Программное обеспечение содержит современный пользовательский интерфейс, цветную графику высокого разрешения, обеспечивает просмотр и анализ любых фрагментов аудиограмм, сохранение результатов в файлах и базе данных, управление всеми параметрами процесса измерения. Минимальная амплитуда измеряемых СВП ~0,01 мкВ.

С помощью данного аудиометра исследовалась группа, состоящая из экологически здоровых людей и пациентов со следующими диагнозами: нейросенсорная тугоухость, нейросенсорная тугоухость в сочетании с субъективным шумом, кондуктивная и смешанная формы тугоухости – глухота. Одновременно проводились и субъективные исследования слуха: тональная аудиометрия, речевая аудиометрия, ультразвуковое тестирование, камертональные исследования, наличие шума в ушах, тест SiSi. Проведенные исследования показали:

1. Аудиометр позволяет регистрировать и детально анализировать все описанные в литературе компоненты КСВП, амплитуды до 10^{-8} В.

2. Пороговая чувствительность аудиометра при измерении МП – порядка $0,2 \cdot 10^{-7}$ В, при этом максимальное значение МП для экологически здоровых людей равно $0,2 \cdot 10^{-6}$ В.

3. Значения параметров АП, КСВП (пиков и латентных периодов) изменяются при отклонении состояния слуховой системы от нормы.

4. Значения параметров МП (амплитуды и фазы), отражающих состояние биоэлектрической активности рецепторов спирального органа слуховой системы, полученные при разных интенсивностях звукового сигнала, практически коррелируют с данными, полученными с помощью субъективных методов, и с состоянием слуха у исследуемых и поэтому имеют высокое диагностическое значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киреев А. М., Широков В. С., Шахнович А. Р., Белоусов О. Б., Москаленко Ю. Г. Методы и технические средства регистрации и обработки слуховых вызванных потенциалов мозга. – М.: ЦБНТИ, 1985. – Вып. 4. – 37 с.
2. Киреев А. М., Широков В. С., Шахнович А. Р., Белоусов О. Б. Автоматизированная система для исследования субмикровольтовых коротколатентных вызванных потенциалов мозга // Мед. техника. – 1984. – № 1. – С. 12–15.
3. Белов О. А., Фроленков Г. И., Таверткеладзе Г. А. Использование разложения по собственным векторам ковариационной матрицы шума при автоматическом обнаружении коротколатентного слухового вызванного потенциала // Сб.: Проблемы экспериментальной и клинической аудиологии. Т. 1. – Москва, 1992. – С. 101–111.
4. Walter D. O., Braizier M. A. Advances in EEG analysis // Electroenceph. clin. Neuro-physiol. – 1968. – V. 27. – P. 78.
5. Woodworth W., Rieman S. S., Fontaine A. B. The detection of auditory evoked responses using a matched filter // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 1983. – V. BME-30. – № 7.
6. Steeger G., Herrman O., Spereng M. Some improvements in the measurement of variable latency acoustically evoked potentials in human eeg // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 1983. – May. – BME-30. – № 5.
7. Dupont Annie. Les potentiels evoques auditifs precoces normaux and pathologiques. Bull. audiphond. Ann. Sci. Univ. Franche – Comte Monogr. – 1987. – V. 3. – № 4. – P. 347–367.

УДК 615. 471; 616-073.97

Д. К. АВДЕЕВА, Ю. Г. САДОВНИКОВ, Л. Ф. ЧЕРНОГАЛОВА

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОГРАФИЧЕСКИХ ХЛОР-СЕРЕБРЯНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ЭТЭ-2

Рассмотрены области применения хлор-серебряных электродов и основные требования к ним. Отмечается, что высокие метрологические и технико-эксплуатационные характеристики электродов достигнуты благодаря постоянным научным исследованиям и совершенствованию технологического процесса их изготовления и 100%-му контролю всех технологических операций, а также улучшению их конструктивных параметров.

Научное производство хлор-серебряных электродов для широкого применения в медицине организовано в НИИ интроскопии при Томском политехническом университете в 1991 г. Электроды нашли применение в электрокардиографии, электроэнцефалографии, электрогастрографии, электромиографии, электрокохлеографии, электроокулографии.

Частотный спектр регистрируемых потенциалов изменяется от постоянных потенциалов в электроокулографии до 20000 Гц в электроэнцефалографии, диапазон измеряемых биопотенциалов изменяется от 0,01 мкВ в электрокохлеографии до нескольких сотен микровольт в электрокардиографии, время восстановления электродов от поляризации электрода после дефибриляции по ГОСТу Р 50267.25-94 не более 10 с.

По этой причине к параметрам электродов предъявляются высокие требования: к величине дрейфа разности электродных потенциалов двух электродов, к напряжению шума пары электродов в данной частотной полосе исследования, поляризации и времени восстановления параметров электродов после воздействия токами. Очень важными метрологическими параметрами электродов являются: стабильность основных параметров электродов во времени, величина их изменения от температуры, влажности, давления внешней среды при воздействии каждого фактора в отдельности и в совокупности. Для достижения высоких метрологических и технико-эксплуатационных параметров электродов была проведена оптимизация всех технологических процессов изготовления электродов. Так, например, коррекции подвергся состав твердого несыхнущего электролита, указанный в [1], и способ пропитки электродов. Исследования показали, что поведение твердого несыхнущего электролита в открытом стакане отличается от поведения этого же электролита в пористой керамической диафрагме. Сопротивление электрода зависит от величины микропор, характера температуры, давления и влажности внешней среды. С этой целью был проведен комплекс исследований различных составов электролитов