

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

УТВЕРЖДАЮ
Председатель СПбНЦ РАН



Ж. И. Алфёров

ОТЧЕТ

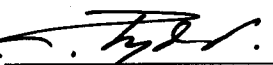
по теме

**«АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЧЕВЫХ
ФУНКЦИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА
МЕТОДОМ ДИХОТИЧЕСКОГО ПРОСЛУШИВАНИЯ
С ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКОЙ
ОБЪЕКТИВИЗАЦИЕЙ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ»**

по Государственному заданию СПбНЦ РАН в 2014–2016 гг.

Этап 2015 года

Научный руководитель


д.т.н.  С.Б.Рудницкий

Санкт-Петербург

2015

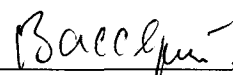
Список исполнителей:

Руководитель темы,
главный научный сотрудник,
доктор технических наук



22.09.2015 С.Б.Рудницкий


Ответственный исполнитель темы,
ведущий научный сотрудник,
кандидат медицинских наук



22.09.2015 Е.Л.Вассерман

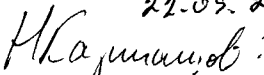
Исполнители:

Старший научный сотрудник,
кандидат технических наук



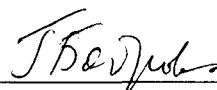
22.09.2015 Р.Р.Фаткиева

Научный сотрудник



22.09.2015 Н.К.Карташев

Нормоконтролер



22.09.2015 Г.С.Боброва

Реферат

Отчет 24 с., 4 ч., 1 источников

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электроэнцефалограмма, дихотическое прослушивание, синхронизация.

Объектом исследования является человек.

Цель работы: разработка методов и программных средств для исследования речевых функций головного мозга методом дихотического прослушивания (ДП) с электроэнцефалографической объективизацией результатов тестирования.

Новизна: разработано программное обеспечение, позволяющее реализовать новую методику ЭЭГ+ДП при использовании серийного персонального компьютера.

Эффективность: разработанное программное обеспечение позволяет проводить эксперименты по ЭЭГ+ДП с наполнением базы экспериментальных данных для последующей обработки.

Область применения: разрабатываемые методы и программные средства могут быть использованы в лечебной и научной практике.

Содержание

Реферат.....	3
Содержание.....	4
Введение.....	5
Оригинальная программа «Дихотик».....	5
Доработка программы «Дихотик»	17
Новая редакция стимульного материала	17
Программное обеспечение прибора «Полиграф-синхронизатор ЛБМИ-001».....	18
Заключение.....	20
Список использованных источников.....	21
Приложение А.....	22
Приложение Б.....	23
Приложение В.....	24

Введение

На первом этапе работы было произведено теоретическое обоснование возможности и целесообразности объективизации результатов дихотического прослушивания (ДП) речи с использованием электроэнцефалографии (ЭЭГ) и намечены возможные пути модификации традиционной методики ДП, которая бы позволила в дальнейшем объективизировать результаты путем анализа ЭЭГ испытуемого. Была теоретически решена задача синхронного воспроизведения аудиостимулов, предъявляемых испытуемому, и регистрации многоканального ЭЭГ-сигнала, а также при необходимости фиксации ответов испытуемого и важных для эксперимента внешних событий.

Основной задачей второго этапа (после коррекции плана работы в связи с сокращением сроков и финансирования) стала разработка программного обеспечения для проведения экспериментов.

Оригинальная программа «Дихотик»

За основу мы взяли ранее нами разработанную оригинальную программу для ЭВМ «Дихотик», позволяющую проводить психофизиологические исследования с дихотическим предъявлением звуковых стимулов без использования специальной акустической аппаратуры [Вассерман Е. Л., Карташев Н. К., 2009]. Программа запускается на серийном персональном компьютере, оборудованном звуковой картой, головными телефонами и работающем под управлением операционной системы Microsoft Windows. Интерфейс программы был оптимизирован для предъявления в режиме дихотического прослушивания (ДП) речевого стимульного материала (слов, односложных и двухсложных слов).

Программа «Дихотик» предназначена для организации дихотического прослушивания, то есть синхронного предъявления пар одинаковых или различающихся звуковых стимулов в оба уха испытуемого.

В соответствии с предварительно полученной инструкцией, испытуемый после каждого предъявления сообщает, что он услышал, а проводящий исследование фиксирует, с каким из двух стимулов: с предъявленным в левое ухо или с предъявленным в правое ухо совпадает этот ответ. Непосредственным результатом исследования, как

правило, является определение «эффекта правого уха» (ЭПУ) — показателя, вычисляемого по формуле:

$$\text{ЭПУ} = 100 \frac{\text{П} - \text{Л}}{\text{П} + \text{Л}} [\%],$$

где П — количество правильно распознанных стимулов, предъявленных в правое ухо, Л — количество правильно распознанных стимулов, предъявленных в левое ухо. Полученное значение ЭПУ позволяет врачу обоснованно высказать предположение о преимущественной латерализации речевых функций в головном мозге испытуемого.

Программа может работать в одном из трех режимов — режиме калибровки, режиме аудиометрии и собственно режиме дихотического прослушивания. Первые два режима являются вспомогательными: режим калибровки служит для привязки параметров аудиотракта системы к абсолютным величинам, а режим аудиометрии — для определения порогов слышимости у испытуемого. Соответственно, эти режимы могут использоваться не при каждом исследовании. Так, если пользователь уверен, что с момента последней калибровки положение органов управления аудиотракта (регуляторы громкости и баланса звуковой карты, регуляторы громкости и баланса операционной системы, регуляторы громкости и баланса внешнего усилителя, если таковой задействован, и т. п.) никто не изменял, а самопроизвольное изменение параметров аналоговых элементов за истекшее время можно считать пренебрежимо малым, то этап калибровки можно пропустить. Также, если пороги слышимости испытуемого известны заранее, аудиометрию можно не проводить (однако при условии, что система откалибрована).

После проведения калибровки изменять положение каких-либо органов управления аудиотракта до окончания работы с программой не следует, в противном случае калибровку придется повторить.

Значения уровня громкости в режимах аудиометрии и дихотического прослушивания определяются и указываются в децибелах. Уровень громкости X , выраженный в децибелах, связан с амплитудой звукового давления следующим соотношением:

$$X = 20 \lg \frac{A}{A_0},$$

где A — амплитуда звукового давления, A_0 — амплитуда звукового давления, соответствующая стандартному порогу слышимости.

В процессе обследования испытуемого программа автоматически ведет протокол, который по окончании обследования можно сохранить в виде текстового файла.

Большинству элементов управления программы сопоставлены пояснения, которые появляются при задержке курсора мыши более чем на одну секунду над соответствующим

элементом управления. Эту опцию можно включать и отключать при помощи пункта *Всплывающие подсказки* меню *Справка* главного меню программы.

Перед тем, как устанавливать программу, ознакомьтесь с разделами «Требования к системе» и «Ограничения на использование продукта» данного руководства.

Для установки программы запустите файл **setup.exe** на выполнение. В поле ввода укажите путь к каталогу, в который будет произведена установка (в дальнейшем будем называть его «каталогом установки программы»). Рекомендуется устанавливать программу в новый пустой каталог. Для работы программы текущий пользователь операционной системы должен иметь следующие минимальные права доступа:

- Read & Execute, List Folder Contents, Read на каталог установки программы;
- List Folder Contents, Read на все подкаталоги каталога установки программы;
- Read, Write на файл *dichotic.ini*, находящийся в каталоге установки программы.

Для полного удаления программы достаточно средствами операционной системы удалить каталог установки программы. Перед удалением убедитесь, что протоколы обследований, представляющие для Вас интерес, были сохранены вне каталога установки программы.

Работа с программой начинается с ввода сведений об испытуемом: фамилии, имени, отчества, даты рождения и пола. Поля для ввода этих сведений расположены в верхней части основного окна программы (рис. 1).

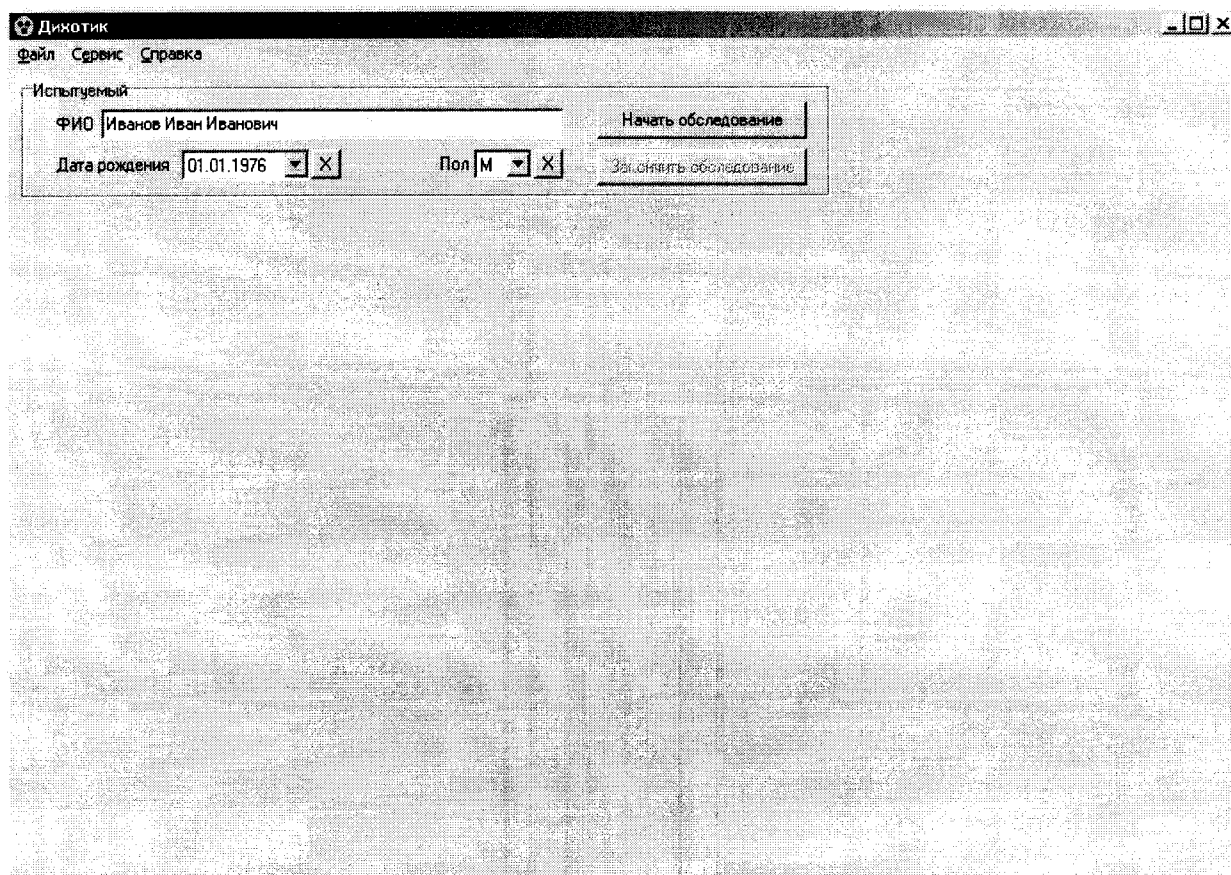


Рис. 1. Основное окно программы

Ни одно из полей не является обязательным для заполнения. После нажатия кнопки **Начать обследование** поля для ввода сведений об испытуемом становятся недоступными для изменения, а сами сведения заносятся в протокол обследования. На экран выводятся элементы управления режимами аудиометрии и дихотического прослушивания, а также протокол обследования.

В режим калибровки можно попасть в любой момент работы программы через пункт *Калибровка каналов* меню *Сервис* главного меню программы. Калибровку в середине обследования проводить не запрещается, однако следует понимать, что на результаты уже проведенных проб внесенные изменения не повлияют. Рекомендуется производить калибровку после запуска программы перед началом исследований, а также после любого случайного или намеренного изменения положения органов управления аудиотракта системы. Окно режима калибровки приведено на рис. 2.

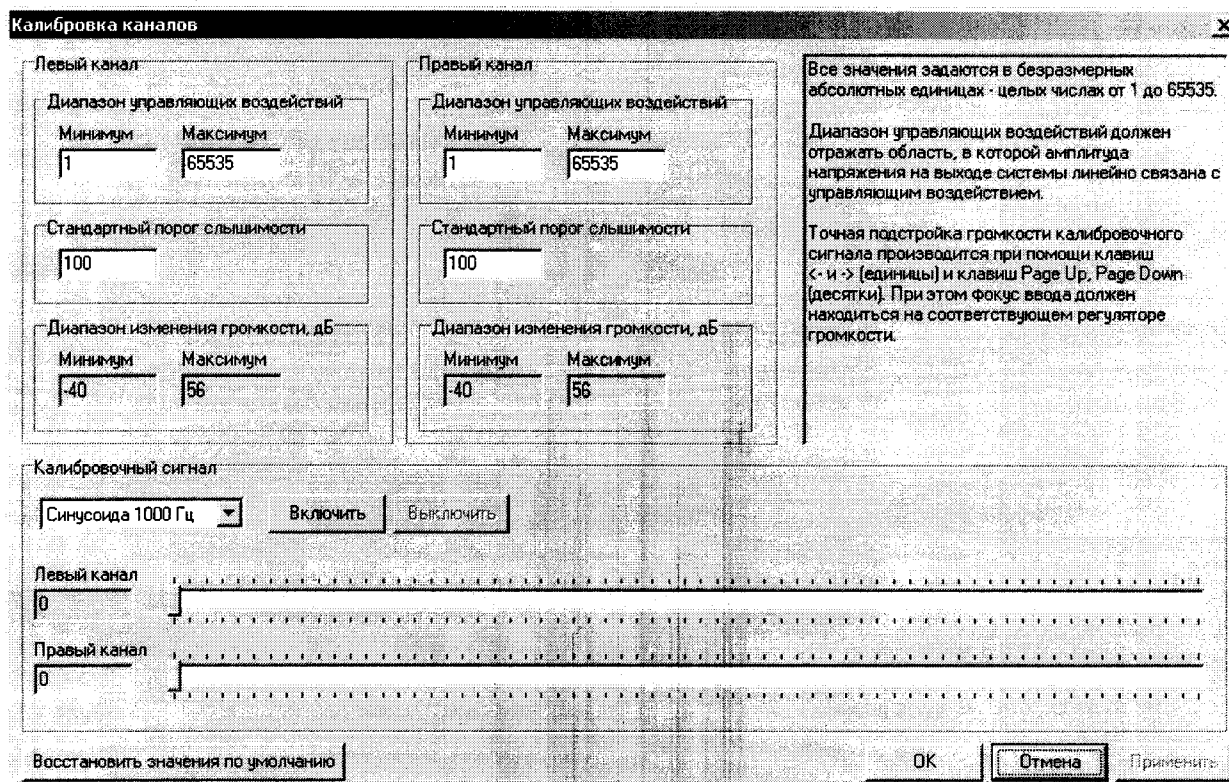


Рис. 2. Режим калибровки

Режим предназначен для помощи пользователю в проведении инструментального измерения текущих параметров аудиотракта системы и ввода в программу результатов этих измерений.

Первая группа определяемых параметров — это границы диапазона управляющих воздействий, соответствующего линейному участку вход-выходной характеристики аудиотракта. Под управляющим воздействием здесь понимается аргумент функции `waveOutSetVolume()` Windows API. В текущей версии программы именно эта функция используется для установки уровня громкости на выходе звуковой карты во всех режимах работы.

Управляющее воздействие может принимать значения от 1 — минимальная громкость до 65535 — максимальная громкость. Теоретически, изменению управляющего воздействия на некоторую величину должно соответствовать пропорциональное изменение амплитуды напряжения на выходе звуковой карты, но в реальных звуковых картах ближе к правому концу интервала изменения управляющего воздействия происходит «насыщение», и дальнейшее увеличение управляющего воздействия не приводит к увеличению выходной амплитуды.

Вторая группа определяемых параметров — значения управляющего воздействия, соответствующие стандартному порогу слышимости. Указание программе этих значений

позволяет пользователю задавать уровни громкости в децибелах (а не в абсолютных величинах).

Сам процесс калибровки рекомендуется проводить следующим образом. Пользователь в нижней половине окна выбирает тип и включает воспроизведение калибровочного сигнала. При помощи ползунков он может изменять величину управляющего воздействия в каждом из каналов. Текущее значение управляющего воздействия выводится слева от ползунка. Внешним прибором он измеряет амплитуду звукового давления на выходе системы и строит график «Управляющее воздействие — Амплитуда звукового давления». Найденные границы участка линейности графика, а также точку, соответствующую стандартному порогу слышимости (порогу слышимости звука с частотой 1 кГц, равному $2 \cdot 10^{-5}$ Па), он заносит в поля ввода в верхней части окна.

Набор возможных калибровочных сигналов совпадает в данной версии программы с набором возможных аудиометрических стимулов (см. раздел «Режим аудиометрии» данного руководства).

Если пользователь не располагает аудиометрической аппаратурой, для проведения калибровки можно использовать обыкновенный осциллограф и вместо амплитуды звукового давления измерять амплитуду напряжения на входах головных телефонов, исходя из предположения, что эти две величины связаны линейно. Наибольшую сложность будет представлять определение стандартного порога слышимости. Здесь можно предложить два варианта. Первый — все же найти возможность произвести аудиометрию используемых головных телефонов. Сделать это придется лишь однажды, в результате же в распоряжении пользователя окажется график «Амплитуда входного напряжения — амплитуда звукового давления», который позволит производить пересчет измеряемых осциллографом величин в значения амплитуды звукового давления, таким образом задача сведется к предыдущей. Второй вариант — удовлетвориться приближенной оценкой стандартного порога слышимости. Получить ее можно, задействовав практически здорового испытуемого, пороги слышимости которого и принять за базовые, зафиксировав для дальнейшего использования значения напряжений на входах головных телефонов, им соответствующие.

Кнопка **Применить** служит для проверки правильности и сохранения внесенных изменений. После ее нажатия обновляются значения полей *Диапазон изменения громкости, дБ* в соответствии с указанными границами диапазона управляющих воздействий и стандартным порогом слышимости, который, по определению, соответствует громкости 0 дБ.

Кнопка **Восстановить значения по умолчанию** служит для автоматического заполнения всех полей ввода окна числами, взятыми из конфигурационного файла программы (см. раздел «Настройка программы» данного руководства).

Режим аудиометрии предназначен для определения порогов слышимости каждого уха испытуемого в том случае, если исследователь не располагает специализированной аудиометрической аппаратурой. Порядок использования режима следующий. Система калибруется, если еще не была откалибрована. Испытуемый надевает головные телефоны; далее сразу, как только он услышит ожидаемый звук, должен будет сообщать об этом. Используя выпадающие списки *Ухо* и *Стимул*, проводящий исследование указывает программе, порог слышимости какого уха и для какого стимула он намерен определить, и сообщает испытуемому, в каком ухе тот сейчас должен слышать звук и примерно описывает характер этого звука. После нажатия кнопки **Старт** начинается обратный отсчет времени, в ходе которого испытуемому периодически (по умолчанию каждые 4 секунды) предъявляется стимул длительностью 2 секунды с возрастающей от шага к шагу громкостью (по умолчанию за один раз громкость возрастает на 5 дБ). Исследователь должен быть готов сразу, как получит сигнал от испытуемого, нажать кнопку **Стало слышно**. При этом предъявление стимулов прекращается, а текущее значение громкости считается порогом слышимости и заносится в соответствующую таблицу результатов в нижней части окна (рис 3) и в протокол обследования. Вышеописанную последовательность действий можно повторить необходимое исследователю количество раз.

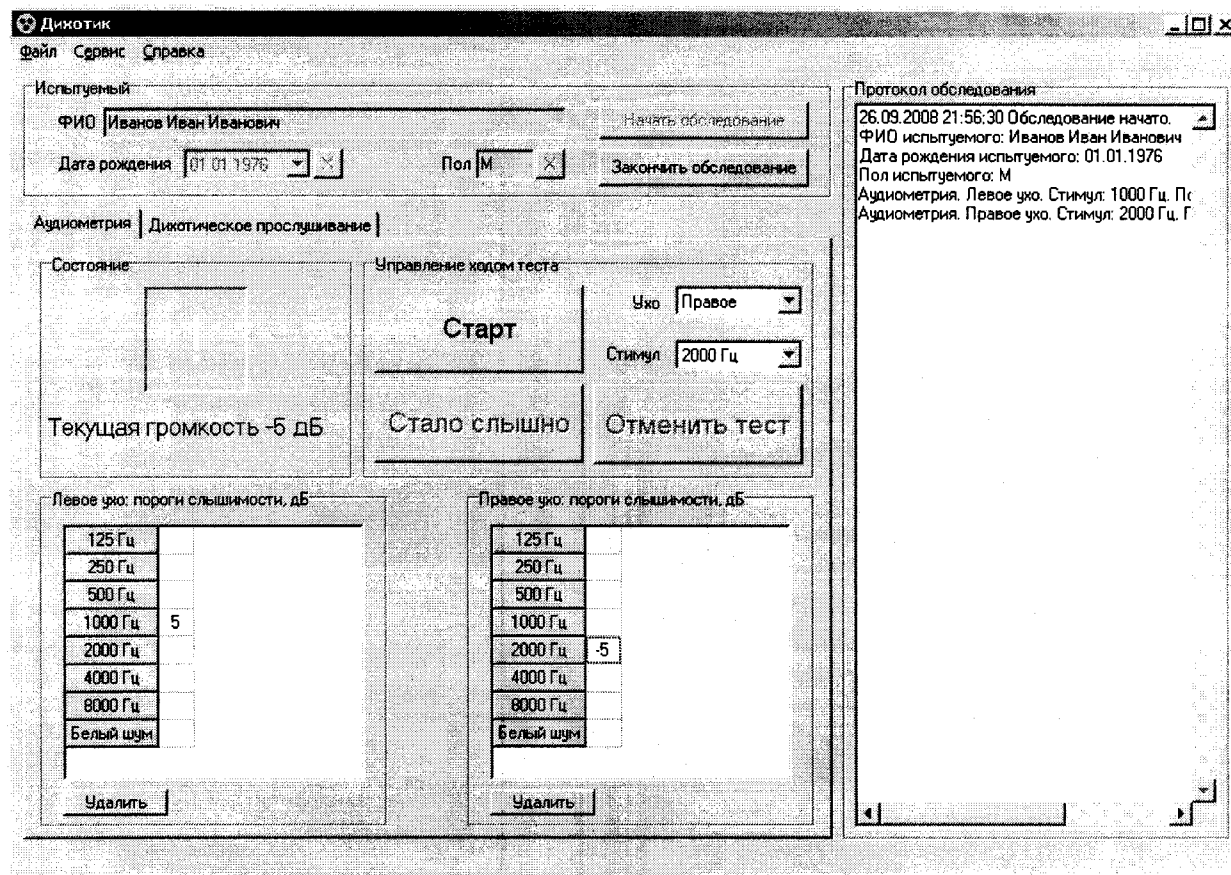


Рис. 3. Режим аудиометрии

В любой момент исследования предъявление стимулов можно прекратить нажатием кнопки **Отменить тест**.

Если какое-либо значение попало в таблицу результатов по ошибке, его можно оттуда убрать при помощи кнопки **Удалить**, но из протокола обследования соответствующая строка удалена не будет.

В качестве аудиометрических стимулов в данной версии программы можно использовать синусоиды с частотами 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц либо белый гауссовский шум.

Режим дикотического прослушивания - основной режим работы программы. Порядок использования режима следующий. Система калибруется, если еще не была откалибрована. Испытуемый надевает головные телефоны, и его просят сообщать по ходу исследования, что он в них слышит. Исследователь устанавливает, ориентируясь на результаты аудиометрии испытуемого, уровни громкости для каждого из каналов: одинаковые или различающиеся, если необходимо компенсировать различия порогов слышимости правого и левого ушей. Предпочтительна громкость, субъективно воспринимаемая как громкость обычного разговора.

Далее исследователь выбирает тип стимулов, которые будут предъявляться, используя выпадающий список *Тип стимулов*. Если данный испытуемый обследуется впервые, целесообразно вначале предъявить серию из пар одинаковых стимулов, чтобы оценить, насколько удачно подобрана громкость и адекватны ли ответы испытуемого. При необходимости можно вновь его проинструктировать, увеличить или уменьшить громкость и т. д.

Затем исследователь нажимает кнопку **Начать тестирование**. Запускается обратный отсчет времени (длящийся по умолчанию 4 секунды), после которого испытуемому синхронно предъявляется пара одинаковых или различающихся звуковых стимулов, в каждое ухо свой. Испытуемый сообщает, что он услышал, и в зависимости от его ответа исследователь нажимает одну из кнопок: левую большую (на ней в кавычках записан текст стимула, предъявленного в левое ухо), правую большую (аналогично), кнопку **Ошибка** — ответ испытуемого не совпадает ни с «левым», ни с «правым» стимулом, или кнопку **Пропустить этот стимул**. Последней кнопкой следует пользоваться в ситуациях, когда проба была тем или иным способом испорчена (внимание испытуемого было отвлечено другим раздражителем и он не прореагировал на аудиостимул и т. п.). После нажатия одной из упомянутых кнопок цикл повторяется: начинается отсчет времени, предъявляется очередная пара стимулов и т. д.

Данная версия программы укомплектована речевыми стимулами следующих типов:

- слоги,
- односложные слова,
- двухсложные слова,

которые разбиты на следующие группы:

- одинаковые слоги в оба уха (6 пар),
- одинаковые односложные слова в оба уха (8 пар),
- одинаковые двухсложные слова в оба уха (20 пар),
- слоги (36 пар),
- односложные слова (64 пары),
- двухсложные слова с ударением на первом слоге (196 пар),
- двухсложные слова с ударением на втором слоге (36 пар).

Пары стимулов для предъявления выбираются случайным образом из группы стимулов данного типа (назовем ее «корзиной»), причем назад в «корзину» они уже не возвращаются, а переключаются в другую «корзину». Когда первая корзина становится пустой, содержимое второй корзины перемещивается, корзины меняются местами и процесс повторяется.

После каждого предъявления пары стимулов обновляется статистика в нижней части окна (рис. 4). Поля имеют следующий смысл:

Услышал левым ухом — количество стимулов, правильно распознанных испытуемым левым ухом (количество нажатий крупной левой кнопки).

Услышал правым ухом — то же самое для правого уха.

Ошибочных ответов — количество нажатий кнопки **Ошибка**.

Всего получено ответов — сумма трех предыдущих величин.

Ошибочных ответов, % — отношение двух предыдущих величин, умноженное на 100%.

Всего предъявлено стимулов — название исчерпывающе объясняет смысл величины.

Предъявлено полных наборов стимулов — количество перемен «корзин» местами.

Эффект правого уха, % — см. раздел «Общие сведения» данного руководства.

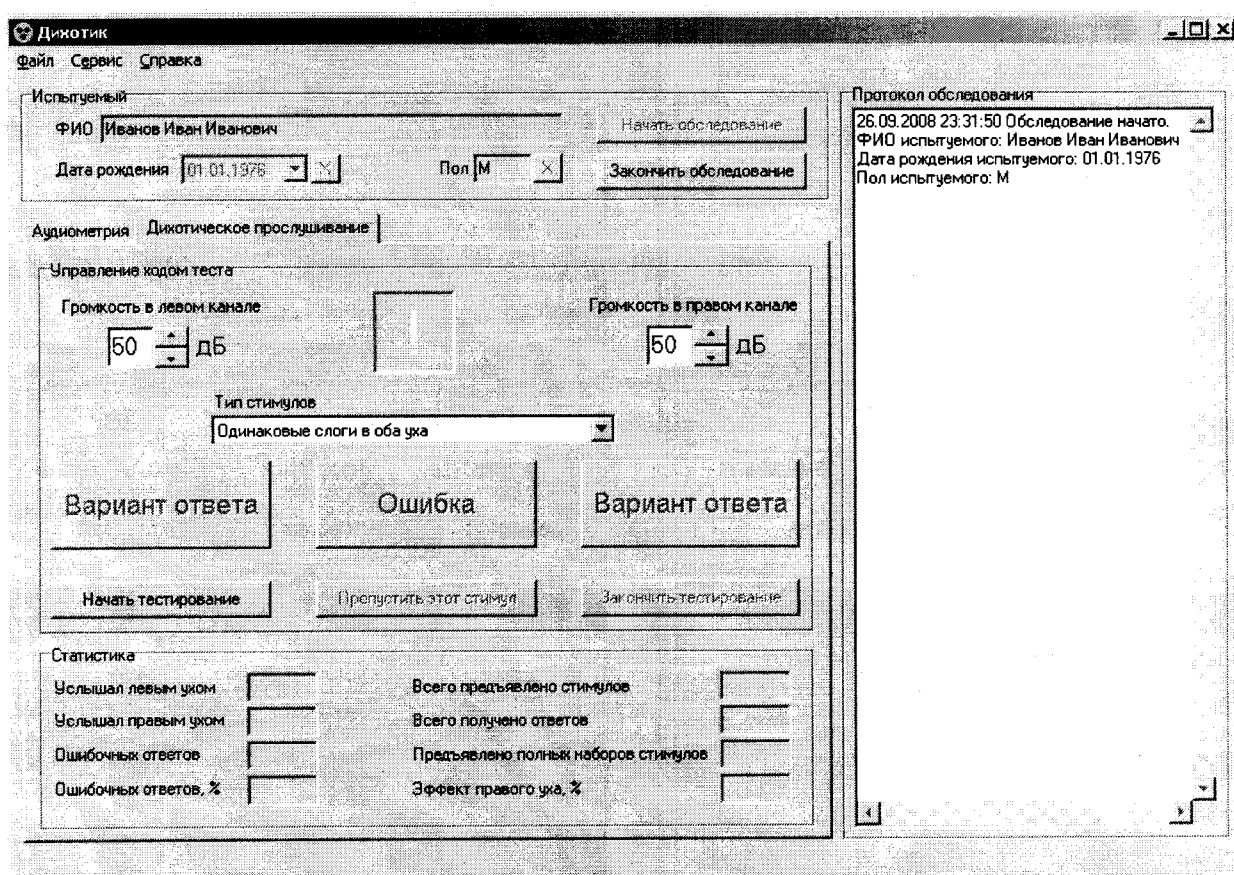


Рис. 4. Режим дикотического прослушивания

Процесс можно прекратить в любой момент, нажав кнопку **Закончить тестирование**. При этом в протокол обследования будет занесена строчка, содержащая условия проведения теста и рассчитанный ЭПУ. Степень подробности протокола дикотического прослушивания можно менять (см. раздел «Настройка программы» данного руководства).

По окончании сеанса работы с очередным испытуемым следует нажать кнопку **Закончить обследование**. При этом будет выдан запрос на сохранение протокола обследования в виде файла. Если от сохранения отказаться, протокол будет потерян безвозвратно (если, конечно, он не дублировался вручную в бумажном журнале). Чтобы избежать этой ситуации рекомендуется использовать автоматическое сохранение.

Программа имеет ряд дополнительных параметров, которые хранятся в ее конфигурационном файле. Конфигурационный файл называется *dichotic.ini* и расположен в каталоге установки программы. Для большинства вариантов использования программы изменять параметры конфигурационного файла не требуется. Кроме того, ошибки, допущенные при изменении этого файла, могут привести к непредсказуемому поведению или полному отказу программы, так как проверка на корректность введенных значений не предусмотрена. Поэтому программа с измененными внешними по отношению к ней средствами файлом *dichotic.ini* в общем случае не подлежит гарантийному обслуживанию.

Файл *dichotic.ini* представляет собой текстовый файл, имеющий стандартную структуру ini-файла: секции, ключи и их значения.

Ниже приводится описание смысла и диапазона значений некоторых ключей этого файла с разбивкой по секциям.

Секция [Form]

Ключ *DefaultMtrStimulusIndex* — тип стимула, который отображается по умолчанию в выпадающих списках режимов калибровки и аудиометрии при запуске программы. В данной версии программы может принимать значения от 0 до 7.

Ключ *ShowAbsoluteVolume* — включает (значение 1) или отключает (значение 0) показ текущего значения громкости в режиме аудиометрии в единицах управляющего воздействия.

Ключи *VolumeL*, *VolumeR* — позволяют задать в целых числах какие значения громкости в каналах в дБ будут первоначально установлены в режиме дихотического прослушивания после запуска программы.

Секция [Confirmations]

Ключ *ExitProgram* — включает (значение 1) или отключает (значение 0) запрос на подтверждение намерения закончить работу с программой.

Ключ *AnonymousInvestigation* — включает (значение 1) или отключает (значение 0) запрос на подтверждение намерения провести анонимное обследование. Запрос выдается, если ни одно из полей сведений о пациенте не было заполнено.

Ключ *SaveLog* — включает (значение 1) или отключает (значение 0) запрос на сохранение протокола обследования. Если запрос отключен, диалог сохранения файла открывается по завершении обследования автоматически.

Секция [System]

Ключ *LogLevel* — задает степень подробности протокола обследования в режиме дихотического прослушивания. При значении 0 в протокол по окончании тестирования заносится одна запись с рассчитанным значением ЭПУ. При значении 1 в протокол после каждого предъявления стимула заносится запись с текущими значениями статистических параметров.

Ключ *AutoSave* — включает (значение 1) или отключает (значение 0) режим автосохранения протоколов обследований. При включенном режиме по окончании исследования протоколы автоматически сохраняются в заданном ключом *AutoSaveDir* каталоге с именами, составленными из даты и времени начала обследования.

Ключ *AutoSaveDir* — указывает полный путь к существующему каталогу, в который будут автоматически сохраняться протоколы обследований, если ключ *AutoSave* установлен в 1. Путь должен обязательно быть завершен обратной косой чертой. Пример: «AutoSaveDir=c:\logs\».

Секция [Defaults]

Ключи этой секции задают значения, которые будут записаны в режиме калибровки в поля ввода при нажатии кнопки **Восстановить значения по умолчанию**.

Требования к системе:

Минимальная частота процессора: 600 МГц.

Минимальный объем оперативной памяти: 256 Мб.

Минимальный объем свободного места на жестком диске: 100 Мб.

Операционная система: Microsoft Windows (программа тестировалась под Windows XP SP2 и SP3; возможность работы под другими операционными системами семейства Windows не гарантируется, но и не исключается).

Наличие в системе звуковой карты (программа тестировалась со звуковыми картами формата PCI: Creative Sound Blaster PCI 128, Creative Sound Blaster X-Fi™ Xtreme Audio, а также рядом интегрированных в системную плату звуковых карт).

Наличие головных телефонов (наушников) или других средств, подключаемых к выходу звуковой карты и обеспечивающих отдельное предъявление стимулов в уши испытуемого.

Для обеспечения достоверности значений измеряемых (устанавливаемых) уровней громкости требуется соблюдение дополнительных условий:

— амплитуда напряжения на выходе звуковой карты должна изменяться прямо пропорционально управляющему воздействию (аргументу функции `waveOutSetVolume()` Windows API);

— головные телефоны подсоединены непосредственно к выходу звуковой карты, или же вход-выходные характеристики устройств, находящихся между выходом звуковой карты и входом головных телефонов, линейны;

— амплитуда звукового давления, создаваемого головными телефонами, прямо пропорциональна амплитуде напряжения на их входах;

— в распоряжении исследователя имеются средства, позволяющие сопоставлять амплитуду звукового давления, создаваемого головными телефонами, со стандартным порогом слышимости (требуется на этапе калибровки системы).

Доработка программы «Дихотик»

В новой версии программы «Дихотик» были приняты меры для защиты промежуточных результатов исследования от утраты в результате одиночного сбоя, а также добавлена функция сохранения подробных протоколов исследований вне зависимости от пользовательских настроек программы. Также в интерфейсе программы была добавлена возможность указывать направленность внимания испытуемого.

Новая редакция стимульного материала

Для обеспечения синхронизации звуковых стимулов и ЭЭГ нами была выпущена специальная редакция стимульного материала для программы «Дихотик». В ней звук был смонтирован в системе 5.1: каналы Front Left (FL) и Front Right (FR) использовались для предъявления звуковых стимулов, канал Surround Left (SL) содержал синхроимпульсы для подачи в электроэнцефалограф. В оставшихся трех каналах была тишина. В электроэнцефалограф сигнал канала SL подавался по одному из его дополнительных универсальных входов через устройство, разработанное нами ранее и функционально идентичное прибору «Полиграф-синхронизатор ЛБМИ-001» в части решения задач согласования уровней и гальванической развязки для ЭЭГ-каналов. Впоследствии не исключено применение для этих целей собственно прибора «Полиграф-синхронизатор ЛБМИ-001» или его модификаций, поэтому далее рассмотрим особенности его программного обеспечения.

Программное обеспечение прибора «Полиграф-синхронизатор ЛБМИ-001»

Разработанный нами прибор «Полиграф-синхронизатор ЛБМИ-001» предоставляет возможность одновременно регистрировать следующие виды физиологических сигналов:

- 1) электрокардиограмма — для этого используется кардиограф, имеющий в своём составе два датчика, прикрепляемых к конечностям человека;
- 2) кожно-гальваническая реакция (КГР) — для этого используются датчик, прикрепляемый к кончикам пальцев;
- 3) пульсовая волна — для этого используется пульсоксиметрический датчик Nelcor;
- 4) дыхательная волна — для этого используется специальный пояс с пьезорезистивным элементом.

При обработке этих сигналов в реальном времени наибольшие сложности вызывает анализ и распознавание пульсовых и дыхательных волн. Пульсовая волна даёт представление о частоте сердечных сокращений (ЧСС), в то время как дыхательная волна — о частоте дыхания (ЧД). Для врача-клинициста оказывается крайне полезным соотношение ЧСС в ЧД: по этому соотношению можно судить о внутренних процессах регуляции. Также представляет интерес анализ формы регистрируемых колебаний, при этом, очевидно, что дыхательная волна обязательно содержит некоторые артефакты (вызванные, в том числе, сердечными сокращениями), а пульсовые волны — следы дыхательных циклов. Таким образом, возникают три взаимосвязанные задачи:

- 1) определение ЧД и ЧСС по результатам анализа пульсовых и дыхательных волн;
- 2) анализ формы колебаний и оценка функционального состояния испытуемого;
- 3) комплексная обработка дыхательной и пульсовой волны.

Существует два способа определения ЧД и ЧСС: во-первых, можно провести регистрацию дыхательной и пульсовой волн и обработать их постфактум; во-вторых, можно осуществлять все необходимые вычисления на ходу, выдавая оценки текущих значений интересующих показателей непосредственно во время эксперимента. Наблюдение за каким-либо показателем во время регистрации физиологических сигналов может дать дополнительную информацию о внутренних процессах регуляции у данного испытуемого, однако, при таком способе существенно ограничена точность определения интересующего показателя. В то же время, постобработка физиологических сигналов

может быть осуществлена с большей точностью. У врача-клинициста должна быть возможность использовать оба способа определения ЧД и ЧСС.

Прибор «Полиграф-синхронизатор ЛБМИ-001» предоставляет пульсовую волну в виде четырёх сигналов (красный постоянный, красный переменный; инфракрасный постоянный, инфракрасный переменный), каждый из которых содержит информацию о ЧСС и о сатурации крови кислородом. В приборе реализован блок, который осуществляет обшчёт текущих значений по всем четырём каналам и формирует в своих системных регистрах два значения: одно — для ЧСС, другое — для сатурации. Программное приложение, которое непосредственно управляет работой прибора, периодически опрашивает системные регистры и выдаёт текущие показания пользователю. Если датчик пульса снят или в сигналах появляются помехи, не позволяющие рассчитать ЧСС и сатурацию, пользователь узнаёт об этом по исчезновению числовых значений (вместо числового значения показывается прочерк). Датчик Nelcor обладает повышенной чувствительностью: небольшое шевеление пальца или надавливание на датчик приводят к появлению артефактов, существенным образом искажающих сигнал.

Поясной датчик дыхания обладает ещё большей чувствительностью. Такой датчик довольно трудно одинаково устанавливать для всех испытуемых. Во-первых, у каждого испытуемого свои антропометрические данные. Во-вторых, заранее неизвестно, с какой силой необходимо затянуть поясной датчик, чтобы он реагировал должным образом именно на движения грудной клетки (и брюшной части туловища, если устанавливается ещё и брюшной датчик). В-третьих, существенную роль играют всевозможные наводки, которые также искажают сигнал. В-четвёртых, слишком сильное затягивание поясного датчика приводит к выходу из строя пьезорезистивного элемента.

Прибор осуществляет аналогово-цифровое преобразование сигналов, поступающих от датчиков. Такое преобразование обязательно вносит искажения в сигнал (а это и шум дискретизации, и шум квантования). А если, на каком-либо этапе, моделируются фильтры с бесконечной импульсной характеристикой, то это приводит к появлению «дребезга» — относительно высокочастотных колебаний, возникающих при переходных процессах. При этом, необходимо понимать, что есть два рода фильтров: фильтры, реализованные в самом приборе аппаратно, и фильтры, реализованные программно в приложении, непосредственно управляющем работой прибора. Программная фильтрация необходима, чтобы получить собственно дыхательную волну, которая представляет собою огибающую сигнала, полученного на выходе аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Таким образом, результирующий сигнал содержит шум АЦП, а также, шумы используемых фильтров. При реализации программных фильтров мы сами можем выбирать их форму.

Если мы хотим корректно определять ЧД и ЧСС, и показывать пользователю только достоверные данные, то нам необходимо, во-первых, найти способ адекватной обработки «сырых», исходных данных, а, во-вторых, найти способ адекватного отображения результатов нашей обработки. Действительно, пользователь ожидает увидеть именно дыхательную волну, а не все регистрируемые «крупные» и «мелкие» колебания, наводки и артефакты, которые можно наблюдать, регистрируя сигналы, не используя никакую предобработку данных. В-третьих, необходимо обеспечить этап математического анализа физиологических сигналов данными приемлемого качества. Это означает, что к методам математической обработки экспериментальных данных и к их программной реализации предъявляются достаточно высокие требования. Всё это обуславливает дальнейшее развитие программного обеспечения программно-аппаратного комплекса в соответствии с новыми более высокими требованиями.

Для модернизации программного обеспечения необходимо было провести исследование, результатом которого должен стать блок предварительной обработки дыхательной и пульсовой волн, обеспечивающий корректное определение ЧД и ЧСС. Этот блок также должен обеспечивать возможность адекватного отображения дыхательной волны и, при этом, предоставлять данные надлежащего вида и качества, пригодные для применения методов математического анализа физиологических сигналов.

Появление нового блока потребует изменения самой архитектуры программно-аппаратного комплекса, точнее, архитектуры его программной части. По сути, предполагается дополнить архитектуру разделом, отвечающим за математическую обработку данных, осуществляемую на различных этапах проведения измерительных экспериментов: на этапе сбора экспериментальных данных, на этапе препроцессинга временных рядов, а, также на этапе математического анализа временных рядов. В конечном итоге, потребуется рассмотреть ещё и этап машинного обучения, и тогда архитектура программно-аппаратного комплекса станет полностью завершённой. Завершение архитектуры и её окончательная программная реализация — это направление дальнейшей работы по созданию клинической версии комплекса, рассчитанной на широкий круг конечных пользователей.

Заключение

Таким образом, мы модифицировали наше программное обеспечение в целях улучшения защиты результатов исследований от сбоев, а также снабдили его специальной редакцией стимульного материала, который позволит проводить эксперименты по ДП с синхронной записью ЭЭГ.

Список использованных источников

- 1) Вассерман Е. Л., Карташев Н. К. Программа для дихотического предъявления звуковых стимулов. // XI Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика — 2008» (РИ-2008), Санкт-Петербург, 22—24 октября 2008 г.: Труды конференции. СПб.: СПОИСУ, 2009. С. 269–272.

Приложение А

Перечень грантов, заказных НИР, контрактов, хоздоговоров, которыми поддерживались исследования по данной НИР:

Нет

Приложение Б

Список основных публикаций по НИР:

1. Вассерман М.В., Пинчук Д.Ю., Вассерман Е.Л., Сирбиладзе К.Т., Карташев Н.К. Опыт применения дихотического прослушивания речи для обеспечения лечебных процедур транскраниальной микрополяризации у детей с расстройствами психического развития // Детская психиатрия: современные вопросы диагностики, терапии, профилактики и реабилитации : Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием [Санкт-Петербург, 19-21 ноября 2014 г.] / Под ред. Н.Г. Незнанова, И.В. Макарова – СПб.: Альта Астра, 2014 – С 88–89 ISBN 978-5-905498-24-4
2. Вассерман Е.Л., Карташев Н.К., Попова Е.А. Дихотическое прослушивание речи у детей: некоторые методические проблемы и формальное определение латерализационной значимости результатов. // V Юбилейный Балтийский конгресс по детской неврологии при поддержке ICNA [Санкт-Петербург, 8–10 июня 2015 г.]: Сборник материалов / Под ред. проф. В.И.Гузевой. —СПб.: Человек и его здоровье, 2015. — С. 74–76. ISBN 978-5-9906805-1-7
3. Жвалевский О.В., Вассерман Е.Л., Карташев Н.К., Рудницкий С.Б. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015617737 Программа «ЛБМИ-001». Дата государственной регистрации 22 июля 2015 г.

Приложение В

Перечень конференций и семинаров, проведенных по данной НИР:

1. XIV Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика (РИ-2014)», Санкт-Петербург, 29-31 октября 2014 г. (Вассерман Е.Л., Карташев Н.К. Программа для проведения психофизиологических исследований с дихотическим предъявлением звуковых стимулов «Дихотик 2»)
2. Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Детская психиатрия: современные вопросы диагностики, терапии, профилактики и реабилитации», Санкт-Петербург, 19-21 ноября 2014 г. (Вассерман М.В., Пинчук Д.Ю., Вассерман Е.Л., Сирбиладзе К.Т., Карташев Н.К. Опыт применения дихотического прослушивания речи для обеспечения лечебных процедур транскраниальной микрополяризации у детей с расстройствами психического развития)

**Статьи, опубликованные за 2015 год по теме № 0240-2014-0004
«Автоматизация исследования речевых функций головного мозга
методом дихотического прослушивания (ДП) с
электроэнцефалографической (ЭЭГ) объективизацией результатов
тестирования».**

1. Фаткиева Р.Р., Рыжков С.Р. Геолокация для аутентификации и защиты данных. // «Управление экономическими системами: электронный журнал», ноябрь 2015; <http://www.uecs.ru>