

А.П. КУЛАИЧЕВ

КОМПЬЮТЕРНАЯ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

5 издание, переработанное и дополненное

*Допущено
Учебно–методическим объединением
по классическому университетскому образованию
в качестве учебного пособия для вузов
по дисциплинам «Физиология», «Психология»*

Москва

УДК 616.8, 616.12, 616.13, 612.8, 612.17, 612.13, 681.3
ББК 56.1, 53.4, 32.973
К90

Кулаичев А.П.

К90 Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика: учебное пособие изд., перераб. и доп. — М.: — ,
Высшее образование Бакалавриат) —

Книга представляет собой обобщающее учебно–методическое пособие, воплощающее 35-летний системно-аналитический и дидактический опыт работы автора в данной научной области. В нем систематизировано и энциклопедически рассмотрены современные методы и компьютерные средства регистрации и анализа энцефалограммы, вызванных потенциалов головного мозга, кардиограммы, реограммы, многограммы, окулограммы, КГР, дыхания и других физиологических показателей с обзорами по терминологии, симптоматике и методикам научных и клинических исследований, а также по связанным с этим методологическим вопросам.

Обучающим инструментом служит комплексная электрофизиологическая лаборатория CONAN, ставшая в данной области за 25 лет своего совершенствования своеобразным стандартом де-факто для России. Излагаемый материал в течение многих лет составляет основу лекционно–практических курсов, читаемых в МГУ.

Для студентов, аспирантов и преподавателей вузов, клиницистов и профессиональных исследователей в биологии и медицине.

УДК 616.8, 616.12, 616.13, 612.8, 612.17, 612.13, 681.3
ББК 56.1, 53.4, 32.973

© Кулаичев А.П

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие	5
Глава 1. Компьютерная электрофизиология	
1.1. Определения	6
1.2. Исторические вехи	12
1.3. Архитектура функционального исследования	23
1.4. Измерительно–вычислительные комплексы	31
1.5. Работа в среде Windows	45
Глава 2. Проведение исследований	
2.1. Типовые исследования	57
2.2. Планирование нового исследования	59
2.3. Режим реального времени	66
2.4. Практикум	69
Глава 3. Просмотр и изучение записей	
3.1. Монитор записей	72
3.2. Работа с архивами и базами записей	77
3.3. Редактирование записей	85
3.4. Печать и экспорт результатов	87
3.5. Диагноз и числовые результаты	89
3.6. Практикум	91
Глава 4. Энцефалография	
4.1. Анатомия и физиология мозга	95
4.2. Основы ЭЭГ метода	101
4.3. Симптоматика	116
4.4. Методы вычислительного анализа ЭЭГ	124
4.4.1. Метрологические аспекты	124
4.4.2. Основы спектрального анализа	128
4.4.3. Частотные характеристики	137
4.4.4. Оценки синхронности ЭЭГ	142
4.4.5. Периодометрический анализ	147
4.4.6. Топографическое картирование	149
4.4.7. Корреляционный анализ	151
4.4.8. Фильтрация, огибающая, сглаживание	155
4.4.9. Нормопатологическая классификация	159
4.4.10. Трехмерная локализация ЭЭГ–источников	160
4.4.11. Сегментный анализ	162
4.5. Средства анализа	164
4.6. Типовые исследования и практикум	182
Глава 5. Вызванные потенциалы	
5.1. Основы метода	190
5.1.1. Зрительные ВП	193
5.1.2. Слуховые ВП	206
5.1.3. Соматосенсорные ВП	211
5.1.4. Когнитивные ВП	221

5.2. Диагностические возможности	225
5.3. Методы и средства регистрации	229
5.4. Усреднение и анализ ВП	237
5.5. Практикум	243
Глава 6. Кардиография	
6.1. Физиология сердечной деятельности	247
6.2. Основы ЭКГ метода	257
6.3. Симптоматика	262
6.4. Анализ variability сердечного ритма	271
6.5. Средства анализа	287
6.6. Типовые исследования и практикум	294
Глава 7. Реография	
7.1. Основы метода	300
7.2. Реографические показатели	302
7.3. Клинические направления	308
7.4. Методы и средства анализа	322
7.5. Типовые исследования и практикум	328
Глава 8. Миография	
8.1. Основы метода	332
8.2. Средства регистрации	344
8.3. Средства анализа и практикум	346
Глава 9. Полиграфия	
9.1. Вегетативная нервная система	351
9.2. Вспомогательные физиологические показатели	355
9.3. Приложения	361
9.3.1. Детекция лжи	362
9.3.2. Биологическая обратная связь	364
9.3.3. Исследования сна	376
9.4. Методы и средства анализа	394
9.4.1. Электронная таблица измерений — блокнот	395
9.4.2. Преобразования сигналов	398
9.4.3. Поиск и анализ событий	404
9.4.4. Использование формул	409
9.4.5. Дискретные сигналы	411
9.5. Практикум	413
Глава 10. Расширенные возможности	
10.1. Автоматизация исследований — протокол	415
10.2. Экспресс-анализ	429
10.3. Комплексный стимулятор	431
10.4. Практикум	436
10.5. Учебная база записей	439
Литература	452
Предметный указатель	455

1.5. Работа в среде Windows

Появление в СССР в начале 90-х годов и дальнейшее развитие операционной среды Windows, наряду со многими принесенными эргономическими недостатками и серьезными проблемами (см. также в разд. 1.1, 2.4), позволило стандартизировать графический и операционный интерфейс во всех *приложениях*, что существенно упростило работу пользователя и облегчило освоение им разнонаправленных программных средств.

Таковыми стандартными компонентами всех Windows–приложений являются: головное, рабочее, графические и текстовые окна, командная и кнопочная строки, выпадающие и контекстные меню, экранные бланки с полями ввода, списками и фонариками, буфер межпрограммного обмена (*clipboard*), контекстный гипертекстовый справочник экранной помощи, быстрые клавиатурные операции и многое другое.

В зависимости от предметной области эти компоненты комбинируются и модифицируются соответствующим образом. Точно так же и в области компьютерной электрофизиологии за последнее десятилетие произошла стандартизация программного интерфейса, элементы которой и рассмотрим ниже.

Вызов любого приложения Windows обычно осуществляется запуском на исполнение соответствующего EXE–файла или же специального ярлыка с его пиктограммой на *рабочем столе* или в некоторой *папке*.

Головное окно. После запуска электрофизиологического анализатора на экране появляется типичное *головное окно* или *форма* (рис. 1.16), в котором большую часть пространства занимает основное *рабочее окно*, называемое *монитором записей* (подробнее см. в разд. 3.1), где в порядке каналов (отведений) располагаются графики изменения во времени электрофизиологических показателей.

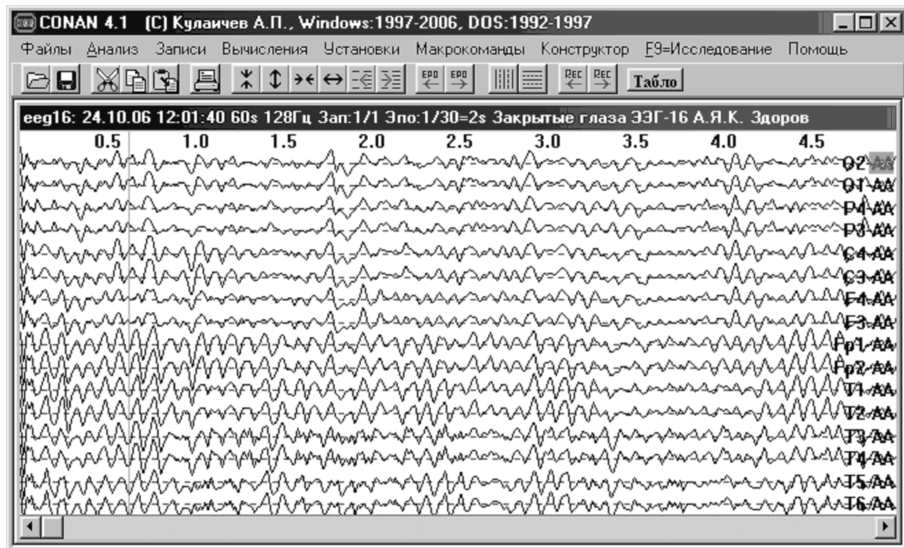


Рис. 1.16. Головное окно электрофизиологического анализатора

Строки управления. Вверху головного окна постоянно присутствуют три традиционных для Windows–приложений строки:

1. Верхняя **строка заголовка**



содержит наименование системы и кнопки свертывания, расширения и закрытия головного окна.

2. Вторая **командная строка**



предназначена для вызова выкидных меню основных операций, часть из которых дублируются *быстрыми* клавишами и *инструментальными* кнопками.

3. Третья **строка инструментальных кнопок** с пиктограммами



дублирует наиболее часто выполняемые операции, а именно: кнопки чтения и сохранения записей (аналогичны операциям из пункта *Файлы*), кнопки операций с *буфером обмена* (вырезание, копирование и вставка активного окна), кнопка печати и ряд кнопок работы с монитором записей (см. разд. 3.1).

Командная строка. Многие из рассматриваемых далее пунктов командной строки дублируются *горячими* или *быстрыми* клавишами вызова (указаны ниже для каждой команды), которые подсказываются в соответствующих пунктах и быстро запоминаются, а их использование значительно

но ускоряет работу по сравнению с медленным гулянием мышью по системе иерархических меню.

Файлы. Пункт **Файлы** включает следующие операции:

Файлы	
Читать...	F3
Сохранить	F4
Печать	F2
Принтер	
Выход	F10

Читать [F3] или ввести в окно монитора запись биосигналов из дискового архива (см. разд. 3.2);

Сохранить [F4] текущую запись биосигналов в архиве (см. разд. 3.2);

Печать [F2] — вывести на принтер изображения активного окна (см. разд. 3.4);

Принтер — переустановка типа принтера, подключенного к компьютеру (см. разд. 3.4);

Выход [F10] или [Alt] + [F4] с завершением работы приложения.

Анализ. Пункт **Анализ** содержит операции вычислительного анализа основных электрофизиологических показателей:

Записи [0] — восстановление полноэкранный монитора записей с отменой вспомогательных окон;

ЭЭГ [1] — вызов меню анализа ЭЭГ (см. разд. 4.5);

ЭКГ [2] — вызов меню анализа ЭКГ (см. разд. 6.5);

ЭМГ [3] — вызов меню анализа ЭМГ (см. разд. 8.3);

Анализ	
0=Записи	
1=ЭЭГ	
2=ЭКГ	
3=ЭМГ	
4=РГ	
5=Дыхание	
6=Полиграф	
7=ВП	
8=Диагноз	

РГ [4] — вызов меню анализа реограммы (см. разд. 7.4);

Дыхание [5] — выполнение анализа дыхательного ритма (см. разд. 9.2);

Полиграф [6] — вызов меню дополнительных средств анализа (см. разд. 9.4.3);

ВП [7] — вызов меню усреднения и анализа вызванных потенциалов (см. разд. 5.4);

Диагноз [8] — вызов окна текстового редактора для просмотра и формирования диагностического заключения (см. разд. 3.5).

Записи. Пункт **Записи** включает основные опера-

ции над записями:

Записи	
]=Следующая	
[=Предыдущая	
R=Заданного номера	
U=Слить	
I=Восстановить	

Следующая [J] — переход к следующей записи в текущем файле (если таковая имеется);

Предыдущая [I] — переход к предыдущей записи в текущем файле (если таковая имеется);

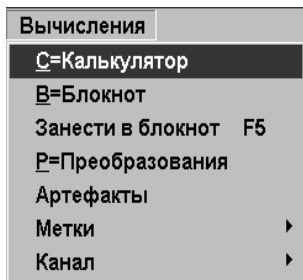
Заданного номера [R] — переход записи указанного номера;

Слить [U] — соединить (склеить) все записи текущего файла в одну, при этом максималь-

ный объем объединенной записи ограничен 32 768 значениями;

Восстановить [I] исходное состояние текущей записи (измененное в результате редактирования).

Вычисления. Пункт **Вычисления** включает дополнительные вычислительные средства преобразования и анализа, применяемые не столько в обычной клинической практике, сколько в специальных и научных исследованиях:



Калькулятор [К] — соответствует обычному пониманию этого слова (см. в конце данного раздела);

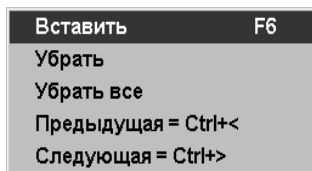
Блокнот [В] — вызов электронной таблицы накопленных измерений (см. разд. 9.4.1);

Занести в блокнот [F5] — занести текущее измерение в блокнот (соответственно текущему положению визира, маркера и указателя канала в мониторе записей, см. разд. 3.1);

Преобразования [P] — вызов меню дополнительных алгебраических, структурных и вычислительных преобразований (см. разд. 9.4.2);

Артефакты — средства полуавтоматического удаления и коррекции артефактов (см. разд. 3.3);

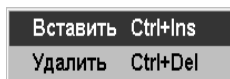
Метки — данный составной пункт содержит ряд операций со специальными пометками исследователя в записи, которые отображаются высокоамплитудными вертикальными пиками, служащими для маркировки отдельных участков записи с целью визуального различения, быстрого поиска и выполнения специальных операций (например, для усреднения, см. разд. 5.4, 9.4.2):



- **Вставить** [F6] метку на текущем канале в месте текущего положения визира (см. разд. 3.1);
- **Убрать** метку на текущем канале в месте текущего положения визира;
- **Убрать все** метки на текущем канале;

- **Предыдущая** [Ctrl] + [←] — переход к предыдущей метке с перемещением туда визира;
- **Следующая** [Ctrl] + [→] — переход к следующей метке с перемещением туда визира.

Канал — данный пункт включает две операции над каналами:



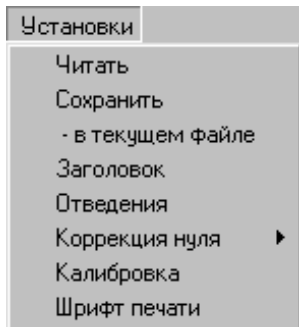
Вставить [Ctrl] + [Ins] дополнительный канал на месте текущего канала с дублированием его записи;

Удалить [Ctrl] + [Del] — удалить текущий канал из записи.

Эти операции бывают полезны во многих ситуациях, например, для визуального сравнения результатов редактирования и преобразования сигналов.

Примечание. После выполнения операций удаления и вставления каналов последующие записи рабочего файла становятся недоступными для вызова до повторного чтения файла.

Установки. Пункт **Установки** включает средства изменения сопроводительной (к текущему файлу записей) информации и содержит следующие подпункты:



Читать — ввести ранее запомненные установки из архивного файла установок (см. также разд. 3.2);

Сохранить текущие установки в архивном файле установок (см. также разд. 3.2); эта операция полезна в случае необходимости выполнения одинаковых установок для нескольких файлов записей (по операции **Читать**);

- **в текущем файле** — сохранить произведенные установки в текущем файле записей;

Заголовок — изменение заголовка текущей за-

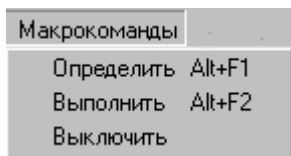
писи (см. разд. 2.2);

Отведения — изменение наименования и схемы расположения отведений, схемы их парных связей и изменения порядка следования каналов в записи (см. от п. **Монтаж и пары** в разд. 2.2);

Коррекция нуля и **Калибровка** (см. разд. 3.3);

Шрифт печати — переустановка шрифта печати производится вызовом стандартного бланка Windows выбора шрифта [24].

Макрокоманды. Пункт **Макрокоманды** включает операции работы с макрокомандами, которые полезно использовать для ускорения и упрощения выполнения длинных цепочек рутинных операций по анализу записей (подробнее см. ниже):



Определить макрокоманду $\boxed{Alt} + \boxed{F1}$;

Выполнить макрокоманду $\boxed{Alt} + \boxed{F2}$;

Выключить/включить механизм макрокоманд.

Исследование. Пункт **Исследование** $\boxed{F9}$

вызывает меню планирования и выполнения ис-

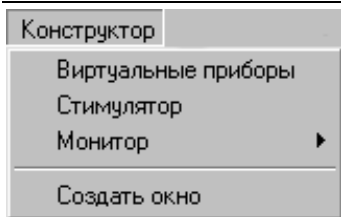
следования (см. в гл. 2).

Конструктор. Пункт **Конструктор** включает следующие операции:

Стимулятор — для перехода в режим конструирования стимуляторов (см. разд. 10.3);

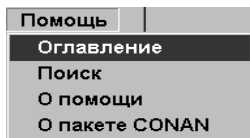
Монитор — для работы стимуляторов в двухмониторных комплексах со следующими вариантами:

- один монитор;
- два монитора: основной и дополнительный, слева или справа от основного;



ческих карт и т. п.

Помощь. Пункт **Помощь** включает следующие операции:



- выдача *Оглавления* экранного справочника;
- *Поиск* задаваемого контекста в справочнике;
- *О помощи* — знакомит со справочником;
- *О пакете CONAN* — выдает краткие сведения о пакете.

Система диалога в Windows базируется на трех основных компонентах:

- диалоговые меню и бланки;
- экранные окна для отображения записей и результатов;
- исполнительные средства — мышь и клавиатура.

Диалоговые меню, появляющиеся на экране при выполнении различных операций, могут включать следующие типичные для Windows-приложений элементы: *исполнительные кнопки, поля ввода, выкидные списки, фонарики*. Термин *экранный бланк* мы используем как синоним меню, насыщенных полями ввода и другими нектопочными элементами.

Отмена (сброс) меню дублируется быстрой клавишей **[Esc]**, а исполнение — клавишей **[Enter]**. Эти клавиши аналогичны кнопкам *Утвердить* и *Отменить* (или кнопке закрытия окна), присутствующим во многих экранных меню.

Кнопки. Нажатие на *исполнительную кнопку* диалогового меню приводит к выполнению соответствующей процедуры. При этом каждая такая экранная кнопка сопровождается (в отличие от большинства Windows-приложений) отдельной *быстрой* исполнительной клавишей с последовательным цифровым и буквенным обозначением. Использование таких клавиш при рутинных операциях значительно ускоряет работу по сравнению с медленным гулянием мышью по системе иерархических меню, а также позволяет конструировать *макрокоманды* (см. ниже).

Поля ввода в меню предназначены для ввода с клавиатуры различных числовых значений или символьных выражений. Однажды введенные в такие поля значения сохраняются от вызова к вызову и от сеанса к сеансу (в отличие от большинства Windows-приложений), что устраняет рутинную необходимость повторного ввода одних и тех же значений.

Внимание! По независящим от нас причинам в полях ввода не действует клавиша **[Del]**, убирающая следующий символ, вместо нее следует пользоваться клавишей **[BackSpace]**, убирающей предыдущий символ.

Выкидной список — это специальное поле ввода, снабженное справа кнопкой выкидного списка допустимых для данного поля значений, выбор одного из которых производится левой кнопкой мыши. Многие такие списки самозапоминающие (в отличие от большинства Windows-приложений), при вызове любого элемента списка его можно отредактировать (изменить) в поле ввода, и результат будет запомнен в конкретном элементе списка.

Фонарик имеет два состояния, переключаемых мышью, и служит для включения/выключения различных режимов.

Специальные окна. Имеется три дополнительных экранных окна, контекстно появляющихся для отображения специальной информации: **окно картирования** (см. разд. 4.5), **окно графиков** и **окно диагноза** или текстового редактора числовых результатов (см. разд. 3.5).

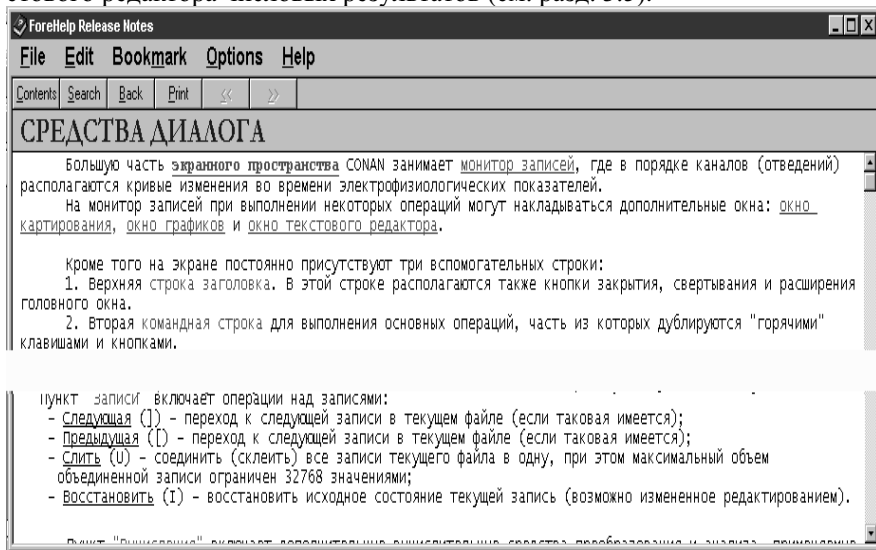


Рис. 1.17. Экран контекстной помощи

Контекстные меню. По нажатию на правую кнопку мыши в активном окне (включая и монитор записей) появляется выкидное меню дополнительных для данного окна операций. Закрытие меню производится клавишей **[Esc]**. Дополнительные средства работы с контекстными меню рассмотрены в разд. 3.4.

Выход. Чтобы закончить сеанс работы в системе, следует нажать кнопку закрытия головного окна, или же клавишу **[F10]**, или клавиши **[Alt] + [F4]**, или выполнить пункты *Файлы–Выход* верхней командной строки.

Экранная помощь — F1. Чтобы вспомнить назначение клавиш и полей любого текущего экранного меню, переведите на них указатель мыши и прочтите строку подсказки, появляющуюся спустя короткое время.

Чтобы получить контекстную экранную справку по выполняемой операции, экранному меню или окну нужно нажать клавишу **[F1]**, в результате чего появится обычное окно помощи Windows с необходимой справкой (рис. 1.17).

Типы и структура файлов

В процессе работы с приложением могут создаваться, храниться на диске и использоваться следующие типы файлов:

- файлы планов исследований типа .CAP содержат данные об установках и порядке проведения исследований;
- файлы записи биосигналов типа .CAD содержат записи биосигналов во внутреннем формате со всей необходимой сопутствующей информацией; эти файлы могут сопровождаться одноименными файлами диагноза типа .CAC (см. разд. 3.5), поэтому если вы копируете файл данных вне системы CONAN, не забывайте одновременно скопировать и файл диагноза;
- файлы записей биосигналов типа формате EDF (European Data Format) поддерживается большинством пакетов анализа биосигналов;
- файлы экспорта записей сигналов и результатов анализа типа .TXT в текстовом формате (ASCII-формат) доступны для любого внешнего текстового редактора и обеспечивают совместимость с другими системами анализа данных;
- файлы блокнота типа .CAB в текстовом формате;
- файлы ЭЭГ-карт типа .CAM в текстовом формате;
- файлы формул типа .CAF в текстовом формате;
- файлы усреднений ВП типа .CAV в текстовом формате;
- файлы порядка каналов типа .CHN в текстовом формате;
- графические файлы в BMP-формате;
- файлы графического экспорта типа .TXT в текстовом формате;
- файлы пиков ВП типа .CAV в текстовом формате;
- файлы грани нормы типа .NRM в текстовом формате;
- файлы описаний конструкций (*виртуальных приборов и стимуляторов*) типа .CAS;
- файлы установок типа .CAI;
- файлы макрокоманд типа .MC;
- файлы протоколов типа .PRT;
- файлы сортировок типа .CAR;
- файлы макрокоманд типа .CMC;
- файлы спектральных параметров типа .TXT в текстовом формате.

Файлы типа CAP, CAS, NRM, CAI, MC располагаются в папке CONAN, файлы других типов могут быть сохранены в любой папке пользователя.

Формируемые в процессе исследования файлы записей биосигналов могут содержать одну или несколько *записей*. Каждая запись в порядке каналов содержит зарегистрированную последовательность амплитуд аналоговых сигналов с заданной *частотой дискретизации* в заданном непрерывном *интервале наблюдения*. *Интервал* или *эпоха наблюдения* может включать до 32 768 отсчетов амплитуды.

По накоплению в режиме реального времени указанного пользователем интервала наблюдения запись «сбрасывается» (записывается) на диск, при этом происходит небольшой перерыв в регистрации. Оценка такого перерыва зависит от многих факторов: быстродействия процессора и жесткого диска, структуры свободного пространства на диске и т. п. и может составлять от 10 до 500 мс.

После этого перерыва может накапливаться следующая запись. При желании посредством протокола (см. разд. 10.1) или ручным управлением (см. разд. 2.2, 2.3) можно добиться и больших временных промежутков между записями.

Макрокоманды

Аппарат макрокоманд представляет собой удобное средство сокращения работы, связанной с выполнением длинных последовательностей рутинных операций.

Действительно, при обработке записей биосигналов часто возникает необходимость многократно выполнить некоторую последовательность операций, связанную с определенным методом анализа. Механизм макрокоманд позволяет упростить такую рутинную работу и поручить ее вспомогательному персоналу.

Каждая макрокоманда является обозначением некоторой последовательности клавишных операций. Формирование и исполнение макрокоманды может производиться из пункта *Установки* верхней командной строки или же посредством специальных *быстрых* клавиш.

Предварительно в пункте *Установки–Макрокоманды* следует включить механизм макрокоманд. Дело в том, что после его включения не рекомендуется переходить в другие приложения, поскольку там могут возникать ошибки при клавиатурных нажатиях.

Формирование макрокоманды. Для автоматизации выполнения различного типа исследований можно создать множество наборов из десяти макрокоманд. Процесс формирования новой макрокоманды или изменения уже имеющейся макрокоманды включает следующие три этапа:

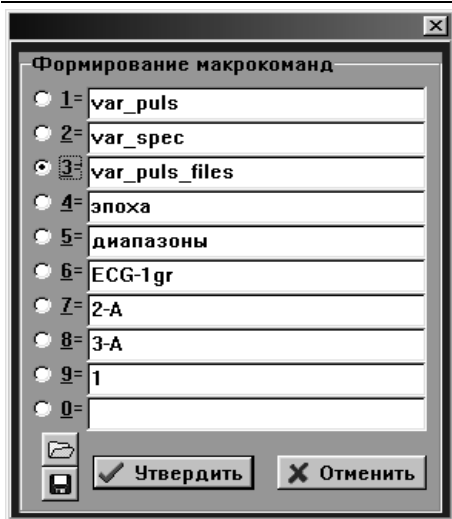


Рис. 1.18. Бланк формирования макрокоманд

транспарант **MACRO** справа в третьей экранной строке), при котором все нажатия клавиш в процессе последующего диалога будут запоминаться. Далее необходимо, используя только клавиатуру, выполнить всю рутинную последовательность операций. При этом переходы между пунктами и полями диалоговых меню осуществляются клавишей **[Tab]**, а исполнение пунктов — сопоставленными им быстрыми клавишами.

Открытые операции. Однако часто возникает необходимость не фиксировать некоторые операции, а оставить их «открытыми» для последующего уточнения в ходе исполнения макрокоманды. Перед таким участком нажмите **[Alt]** и **[F2]** — транспарант **MACRO** изменит цвет, и далее можно выполнить необходимую (незапоминаемую) последовательность операций после такой «остановки». Затем нажмите еще раз **[Alt]** и **[F2]** — транспарант **MACRO** опять станет красным и восстановится режим запоминания макрокоманды. Такую последовательность приостановления/продолжения режима **MACRO** можно выполнять неоднократно.

3. Чтобы закончить формирование макрокоманды следует нажать клавиши **[Alt]** и **[F3]** или выполнить пункты *Установки–Макрокоманды–Завершить* из верхней командной строки.

Исполнение макрокоманды.

1. В начале «рутинного» участка диалога следует выполнить пункты *Установки–Макрокоманды–Определить* из верхней командной строки или нажать одновременно клавиши **[Alt]** и **[F1]**, и на экране появится бланк определения для 10 макрокоманд (рис. 1.18). Выберите ту макрокоманду, которую вы хотите определить или переопределить, введите ее новое название в соответствующее поле и нажмите **[Enter]** (отменить формирование макрокоманды можно нажатием **[Esc]**).

2. После этого устанавливается режим формирования макрокоманды (появляется красный

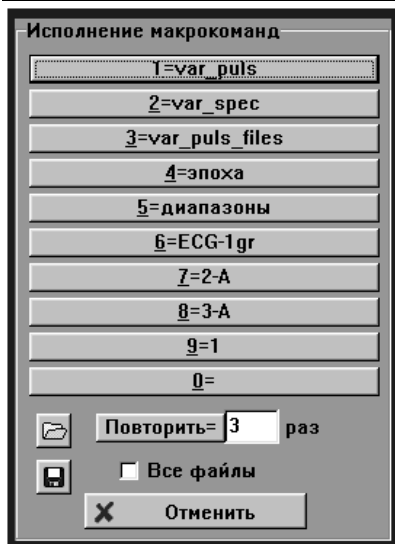


Рис. 1.19. Меню исполнения макрокоманд

Дойдите до того места в диалоге, с которого было начато формирование макрокоманды, после чего выполните пункты *Установки–Макрокоманды–Выполнить* из верхней командной строки или же просто нажмите одновременно клавиши [A1t] и [F2] — и на экране появится меню исполнения макрокоманд (рис. 1.19). Нажмите на кнопку выбранной макрокоманды — и вся запомненная в макрокоманде последовательность операций будет выполнена автоматически. Ускоренным способом однократного исполнения макрокоманды является одновременное нажатие клавиши [A1t] и цифровой клавиши — *Игра макрокоманд* и макрокоманда может быть повторена требуемое число раз. Для этого, после однократного исполнения

макрокоманды следует повторно вызвать меню выполнения макрокоманд, установить в нем требуемое число повторений только что выполненной макрокоманды и нажать кнопку *Повторить*.

Нередко возникает необходимость выполнить конкретную макрокоманду со всеми файлами из текущего архива. Для этого нужно в меню включить фонарик *Все файлы*.

Открытые операции. При наличии в макрокоманде открытых операций — «остановок» необходимо вручную выполнить требуемые ситуацией операции, после чего нажать [A1t] и [F2] для продолжения автоматического исполнения макрокоманды.

Архивы макрокоманд. Текущий набор из 10 макрокоманд можно сохранить в архиве, нажав в меню макрокоманд кнопку с пиктограммой чтения. С помощью же кнопки с пиктограммой чтения можно ввести из архива любой запомненный набор макрокоманд.

Буфер обмена

Буфер межпрограммного обмена (*Clipboard*) является чрезвычайно удобным нововведением Windows для передачи информации между различными приложениями. Этот буфер может сохранять как текстовую, так и графическую информацию, забранную из любых окон или приложений. Имеющуюся в буфере информацию можно вставить в любое активное окно или поле ввода другого приложения.

Следует, однако, помнить, что при очередном заборе в буфер новой информации, предыдущее содержимое буфера теряется.

Операции. Чтобы *скопировать* выделенную информацию из текущего меню или окна в буфер обмена нужно нажать одновременно две клавиши **[Ctrl]** и **[C]**.

Чтобы *удалить* выделенную информацию из текущего меню или окна и перенести ее в буфер обмена нужно нажать две клавиши **[Ctrl]** и **[X]**.

Чтобы *вставить* информацию из буфера обмена в активное окно или меню нужно нажать две клавиши **[Ctrl]** и **[V]**.

Способы выделения информации зависят от типа окна или меню. Как правило, это производится движением мыши с нажатой левой кнопкой или же движением курсора с нажатой клавишей **[Shift]**.

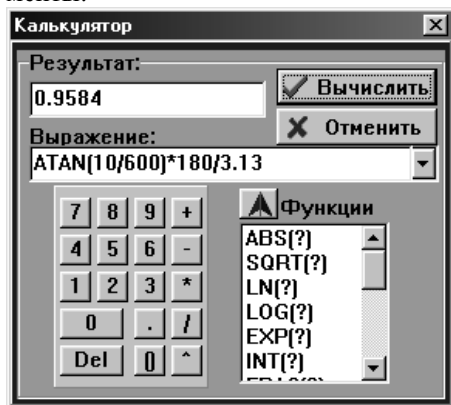
Вышеприведенные сочетания клавиш межбуферного обмена дублируются постоянными инструментальными кнопками в третьей строке экрана и пунктами выкидного меню монитора записей (см. разд. 3.1).

Внимание! Иногда клавишные операции с буфером обмена перестают работать. Это значит, что вы случайно переключились в русский регистр, поэтому, к примеру, вместо **[Ctrl] + [X]** генерируется **[Ctrl] + [Ч]**.

Калькулятор

Калькулятор обеспечивает выполнение различных вспомогательных вычислений по вводимым выражениям и вызывается клавишей **[C]** или по выполнению раздела *Вычисления–Калькулятор* из верхней экранной командной строки.

В *экранном бланке* калькулятора (рис. 1.20) имеются следующие элементы:



- верхнее поле *результата* вычисления;
- поле *формулы* вычислений с выкидным списком ранее введенных формул;
- правый список допустимых алгебраических и тригонометрических функций с кнопкой их переноса в поле формулы;
- панель, воспроизводящая *цифровую клавиатуру*, для набора чисел и операций;
- кнопки выполнения вычислений (**[Enter]**) и отмены калькулятора (**[Esc]**).

Рис. 1.20. Калькулятор

кулятора (**[Esc]**).

Набор формулы (после активизации ее поля щелчком мыши) можно производить и полностью с клавиатуры, что значительно быстрее.

Для перенесения в поле ввода уже готовых формул из различных меню и окон целесообразно пользоваться буфером обмена.

В выкидном списке формул вычислений можно заготовить до 10 часто используемых формул. Для того чтобы ввести новую формулу в список, надо щелкнуть мышью по соответствующей позиции в списке, после чего в поле ввода формулы ввести новую формулу. После этого она будет сохранена в этой позиции списка формул.

Пример. Для вычисления $\sqrt{\sin^2(0,5) + \cos^2(0,5)}$ наберите в калькуляторе: $SQRT(SIN(0.5)^2 + COS(0.5)^2)$.

ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

*«Чтобы правильно задать вопрос
нужно знать большую часть ответа»*
[Р. Шекли. Ответчик]

В данной главе термины *эксперимент* и *исследование* используются как синонимы и обозначают процесс регистрации электрофизиологических показателей в течение некоторого времени, часто дополняемый различными физиологическими пробами и стимуляцией. В научных исследованиях обычно говорят о проведении экспериментов с испытуемым, а в медицине — о функциональном исследовании пациентов. Непосредственный процесс регистрации биосигналов от пациента в технической терминологии называется *режимом реального времени* или же *реальным режимом*.

2.1. Типовые исследования

Чем отличается одно исследование от другого? Какие показатели и параметры определяют и исчерпывающе характеризуют конкретное исследование? Какие значения необходимо и достаточно задать на этапе планирования эксперимента? Ответы на эти вопросы относятся к этапу 2 модели деятельности электрофизиолога (рис. 1.4). В необходимый и достаточный комплект для типового исследования входят следующие определения:

заголовок — паспортные данные эксперимента и испытуемого;

число одновременно регистрируемых входных аналоговых каналов (физиологических показателей, отведений);

их обозначение, тип и расположение (*монтаж* для ЭЭГ);

поканальные коэффициенты усиления и фильтры верхних и нижних частот;

частота оцифровки (дискретизации) биосигналов;

временной интервал непрерывного наблюдения;

дополнительно может быть произведена регистрации дискретных сигналов;

режим мониторингования (визуализации) биосигналов: одновременно с регистрацией, отложенный после накопления очередного интервала наблюдения или отсутствие мониторингования (например, при необходимости использования экрана для других целей);

число мониторируемых каналов;

степень сжатия временной развертки (для медленно изменяющихся биосигналов);

имя файла записи биосигналов.

Произведенные установки следует опробовать в ряде пробных пусках эксперимента и сохранить в архиве для повторных использований.

В ряде специальных исследований требуется также:

- а) задание автоматического выполнения эксперимента (*протокол*, см. разд. 10.1);
- б) выполнение экспресс-анализа биосигналов в реальном времени с мониторингом его результатов (см. в разд. 10.2);
- в) конструирование специальных стимуляторов и средств предъявления информации (см. разд. 10.3).

Обычно типовые исследования проводятся по стандартным методикам, для которых имеются готовые планы, которые рассмотрены в разделах *Типовые исследования* соответствующих глав. В этом случае необходимо просто выбрать из архива соответствующий файл плана исследования и запустить *режим реального времени* (см. разд. 2.3).

Меню планирования исследования.

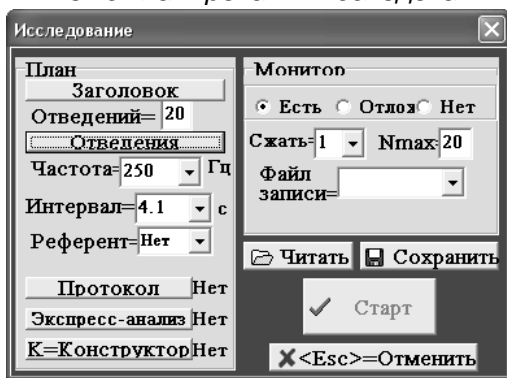


Рис. 2.1. Меню планирования исследования

Вход в режим исследования производится исполнением пункта *Исследование* из верхней командной строки или клавишей $[F9]$, в результате чего появляется *меню планирования* исследования (рис. 2.1).

Для чтения готового плана типового исследования в этом меню достаточно нажать кнопку *Чтение* или эквивалентную ей клавишу $[F3]$ и на экране появится оглавление

текущего дискового архива со списком файлов типа .CAP (см. разд. 3.2). Из этого архива выберите нужный файл и нажмите $[Enter]$ — план исследования введен.

Для корректировки типового плана или для составления нового плана специального исследования следует воспользоваться другими возможностями меню, рассмотренными в разд. 2.2.

Порядок запуска. После чтения плана исследования следует в том же меню указать наименование файла, в который будут записываться биосигналы. Для ускорения данной операции справа от поля ввода файла имеется кнопка выкидного списка, который хранит наименования 50 файлов записей. Для изменения хранимого имени в этом списке следует выбрать нужную позицию и в поле ввода набрать новое наименование, после этого введенное имя файла будет запомнено в соответствующей позиции списка. Кроме того, двойной щелчок мышью по полю ввода имени файла вызывает стандартный бланк чтения-записи (см. разд. 3.2), из оглавления которого можно выбрать имя подходящего файла или же переключиться на другой архив (папку).

Примечание: для того, чтобы в бланке чтения–записи файлы с такими именами были упорядочены по времени создания, следует в разделе *International* установок Windows изменить формат даты в порядке: *Год–месяц–число*.

Далее следует выполнить пункт *Заголовок* и ввести (или скорректировать) паспортные данные пациента и исследования, которые будут в архиве сопровождать выполненные вами записи (см. разд. 2.2). Для ускорения этой операции для уже имеющегося в архиве пациента следует нажать на бланке кнопку с пиктограммой чтения и в появившемся бланке чтения выбрать соответствующий файл, возможно воспользовавшись и сервисом базы данных (см. разд. 3.2).

После этого можно запустить выполнение исследования (или режим реального времени), нажав кнопку *Start*. На экране экспериментатор видит мониторинг биосигналов соответственно установленному в плане числу отведений (каналов), частоте дискретизации и другим параметрам плана.

Пробный запуск. Если имя файла записи в меню планирования не указывать, то и физической записи биосигналов на диск не будет. Этот режим позволяет убедиться в правильности выбранных установок и усиления. Возвратившись в головное меню, можно произвести переустановку параметров. Запуск без записи биосигналов может иметь и самостоятельное значение, если исследование предполагает только визуальное слежение за монитором биосигналов.

Управление записью. Обычно клинические исследования по типовым планам проводятся без излишних хитростей типа наличия протокола или экспресс–анализа. В этом случае включение/выключение записи биосигналов в дисковый файл осуществляется клавишей **F4** (подробнее см. разд. 2.3).

Выход из реального режима. Для прерывания выполнения исследования и возврата в меню планирования нажмите клавишу **ESC**. Отмена (сброс) меню планирования производится также клавишей **ESC**.

2.2. Планирование нового исследования

Этот этап присутствует только в случае реализации новой методики и связан с настройками режимов регистрации и порядка проведения исследования. Здесь необходимо определить такие параметры, как: число, наименование и расположение отведений, частоту дискретизации биосигналов и временной интервал их непрерывной регистрации, протокол реального времени и экспресс–анализ, паспортные данные пациента, настройки биоусилителя и пр.

Меню планирования. Обычно установки таких параметров группируются в специальном меню, пример которого приведен на рис. 2.1. Ниже

рассмотрены основные компоненты плана исследования, представленные в меню исполнительными кнопками и полями ввода.

Заголовок исследования. Заголовок плана исследования формируется заполнением специального бланка (рис. 2.2) и заголовочная информация заносится также в каждый файл регистрируемых биосигналов и включает следующие позиции:

Рис. 2.2. Бланк ввода заголовка исследования

Учрежд — наименование учреждения, проводящего исследование (в это поле достаточно один раз ввести наименование);

Отдел — наименование отдела учреждения, проводящего исследование (достаточно однократного ввода наименования отдела);

ФИО — фамилия, имя, отчество пациента;

Код — кодовое обозначение пациента;

Рожд — дата рождения или возраст пациента;

Пол — М/Ж;

Группа — принадлежность пациента к определенной категории;

Проба — характеризует проводимое исследование (наименование, отведение, условия и пр.);

Диагн — краткое предварительное заключение по состоянию пациента.

Максимальная длина позиций в заголовке составляет 30 символов.

Как можно заметить, структура заголовка ориентирована на клиническую практику, в научных же исследованиях эти позиции могут использоваться по усмотрению исследователя.

Однако в любом случае полезно сразу же выработать определенную дисциплину заполнения позиций заголовка, что позволит эффективно использовать мощные механизмы ассоциативного поиска информации (см. разд. 3.2), без которых трудно ориентироваться в больших архивах. А такие архивы рано или поздно накопятся у любого действительного исследователя.

Заголовок может формироваться из меню планирования перед запуском исследования и изменяться для файла из архива из пункта *Установки* верхней командной строки. В любом случае на экране появляется бланк с полями для ввода вышеперечисленных позиций.

Для полей ввода *ФИО*, *Проба*, *Группа* и *Диагноз* имеются кнопки выпадающих списков, содержащие до 50 типовых текстов, сохраняемых от сеанса к сеансу. Выбор из списка осуществляется щелчком мышью. Для установки в список нового типового текста следует выбрать соответствующую позицию в списке и набрать в поле ввода новый текст.

Имеется также удобная возможность сразу же ввести все позиции заголовка из ранее произведенной записи. Для этого следует нажать на бланке кнопку с пиктограммой чтения и в появившемся бланке чтения выбрать соответствующий файл пациента, возможно воспользовавшись и сервисом базы данных (см. разд. 3.2).

Число отведений, или число аналоговых каналов регистрации, или число биоэлектрических отведений от пациента может составлять от 1 до 32 (но не более числа каналов биоусилителя) и устанавливается набором значения с клавиатуры в поле ввода.

Частота регистрации определяет дискретизацию системного времени. С этой частотой производится ввод аналоговых сигналов с АЦП по всем установленным каналам, ввод дискретных сигналов и обработка протокола управления. Частота регистрации может составлять от 10 Гц до 10 кГц и устанавливается набором значения с клавиатуры в поле ввода.

Для обычных клинических исследований (ЭЭГ, ЭКГ, РГ) регистрация сигналов производится с частотой от 100 до 500 Гц, для стимуляционной миографии — от 500 Гц до 5 кГц, при исследовании коротколатентных ВП могут потребоваться и более высокие частоты от 1 до 10 кГц.

В общем случае выбор частоты дискретизации определяется верхней частотой процессов, которые необходимо зарегистрировать или анализировать. Согласно теории радиотехники (теорема Котельникова и следствия из нее) для выделения гармонической составляющей в спектре с верхней частотой f необходима частота дискретизации входного сигнала не менее $2f$ (а для надежности: $3f-5f$). Однако если необходимо хорошо воспроизвести форму высокочастотных составляющих сигнала, то следует иметь не менее 8–10 измерений амплитуды на период колебаний, поэтому и частота дискретизации в этом случае должна быть не менее $8f-10f$.

Интервал наблюдения устанавливается выбором из выпадающего меню и представляет собой временной промежуток, в течение которого регистрируемые биосигналы будут накапливаться в оперативной памяти до записи их на магнитный диск. В структуре файла данных интервал наблюдения определяет длину одной *записи* (см. ниже).

Поскольку операция записи на диск занимает некоторый отрезок времени, то процесс регистрации будет иметь небольшие перерывы. Оценка такого перерыва зависит от многих факторов (быстродействия процессора, жесткого диска и др.) и обычно составляет от 10 до 50 мс. После такого небольшого перерыва может быть записан следующий интервал и так далее, пока хватит дискового пространства. Поэтому выбор интервала определяется потребностями конкретного исследования: или производить длинные записи или же записывать серию коротких наблюдений. Средства анализа позволяют обрабатывать и те, и другие записи. В клинических исследованиях ЭЭГ, ЭКГ, РГ обычно используют интервалы от 10 с до 1–2 минут.

Примечание: установленный интервал наблюдения игнорируется, если исследование выполняется по протоколу, в этом случае предполагается,

что регулирование длительности записи осуществляется через протокол (см. разд. 10.1).

Установка отведений производится одноименной кнопкой меню планирования исследования, вызывающей экранный бланк (рис. 2.3) со следующими элементами:

- таблица, где в порядке каналов устанавливаются тип и обозначение отведений, коэффициенты усиления и фильтры высоких и низких частот;
- кнопка для установки расположения отведений, парных связей и перестановки каналов;
- кнопка измерения импеданса или межэлектродного сопротивления (преимущественно для ЭЭГ).

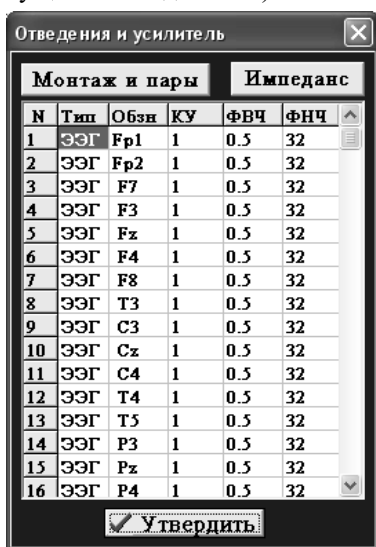


Рис. 2.3. Бланк установки отведений



Рис. 2.4. Бланки выбора типа отведения и параметров усилителя

Наименование отведения (до трех символов) вводится набором с клавиатуры. Установка типа отведения, коэффициента усиления, ФВЧ и ФНЧ начинается щелчком мыши по соответствующей позиции, чем вызывается дополнительный список значений (рис. 2.4), выбор из которого производится двойным щелчком мыши. При визуализации записей ЭЭГ отведений они отображаются негативностями вверх.

Монтаж и пары. При нажатии на одноименную кнопку появляется бланк установки схемы отведений (рис. 2.5.). Этот же бланк вызывается из пункта выкидного меню *Установки* верхней командной строки (см. разд. 1.5) для корректировки анализируемой записи. В этом бланке можно изменить тип и наименования отведений. Кроме этого в нем присутствуют следующие элементы:

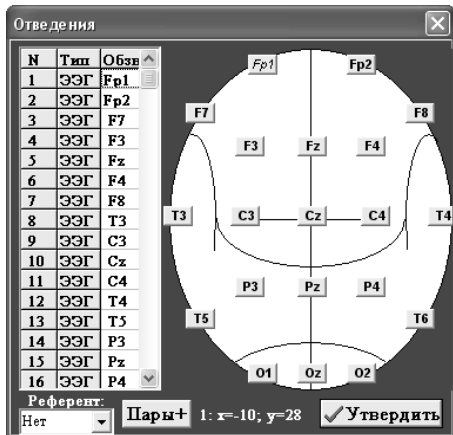


Рис. 2.5. Бланк установки схемы расположения (монтажа) отведений

правое поле со схемой расположения отведений (*монтаж*, применяется только для ЭЭГ, с условной схемой головного мозга, включающей условное обозначение основных борозд);

выкидной список *Референт* для выбора обозначения референтного отведения (для ЭЭГ);

кнопка *Пары*, устанавливающая режим формирования схемы парных связей между отведениями (для ЭЭГ);

индикатор условных координат расположения отведения (для ЭЭГ);

кнопка *Утвердить*, утверждающая произведенные установки и отменяющая бланк.

Активизация отведения производится щелчком мыши по его обозначению или щелчком кнопки на схеме монтажа. По списку отведений можно двигаться и клавишами [PageUp], [PageDown].

Для всех отведений следует сформировать их обозначения (до трех символов) в третьей позиции таблицы. Для этого надо дважды с небольшим интервалом щелкнуть мышью по обозначению отведения и набрать с клавиатуры его новое обозначение.

При быстром двойном щелчке левой кнопкой мыши можно изменить тип отведения выбором из 10 вариантов. При установке ЭЭГ-типа на схеме мозга появляется кнопка с обозначением отведения.

Расположение отведений. Кнопку активного отведения (она выделяется курсивом) можно переместить мышью в нужную позицию на схеме при нажатой левой кнопке мыши. Более точное перемещение ЭЭГ-отведений достигается при использовании клавиш управления курсором [↑], [↓], [←], [→] с дополнительным контролем по координатам расположения отведения в нижней строке бланка (изменяются от -31 до +31).

Референт. По нажатию кнопки выкидного списка *Референт* появляются семь пунктов выбора: *Нет* — референт отсутствует; *АА* — объединенные уши; *А1* — левое ухо; *А2* — правое ухо; *АV* — общий; *ММ* — мастоиды; *БП* — биполярные, определяемые схемой парных связей. Выбор референта является чисто информационной операцией, после которой референт будет отображаться в мониторе записей после наименования отведения.

Изменить тип отведения
Система 10-20
Изменить порядок

Правая кнопка мыши над списком отведений вызывает меню с тремя операциями: *Изменить тип отведения* (рассмотрена выше), *Схема*

10–20% позволяет сформировать стандартную схему ЭЭГ–отведений или ее сокращенный вариант и *Изменить порядок*.

Порядок каналов. При выполнении пункта *Изменить порядок* появляется бланк (рис. 2.6), в правой части которого располагается таблица: левый столбец содержит обозначения отведений, а правый — их новые порядковые номера.

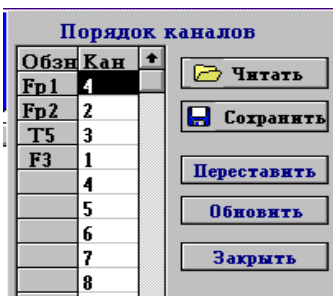


Рис. 2.6. Бланк изменения порядка каналов

Новые порядковые номера следования отведений по каналам можно сформировать обычным клавиатурным редактированием. Можно также удалить некоторые каналы, проставив нулевых порядковые номера. Если некоторые перестановки отведений часто повторяются, то для сокращения рутинной работы следует их сохранить в отдельном файле, а затем просто считывать из архива (кнопки *Сохранить* и *Читать*). Чтобы восстановить в таблице обычную нумерацию каналов, следует нажать кнопку *Обновить*.

Кнопка *Переставить* изменяет порядок каналов: а) если бланк вызван из пункта *Установки* верхней командной строки, то переставляются каналы в самом рабочем файле записей; б) если же бланк отведений вызван из меню планирования исследования, то изменяется порядок каналов при регистрации сигналов в реальном времени; при этом если некоторые каналы удаляются, то в меню планирования следует уменьшить число каналов регистрации. Для отмены бланка порядка каналов нужно нажать кнопку *Закреть*.

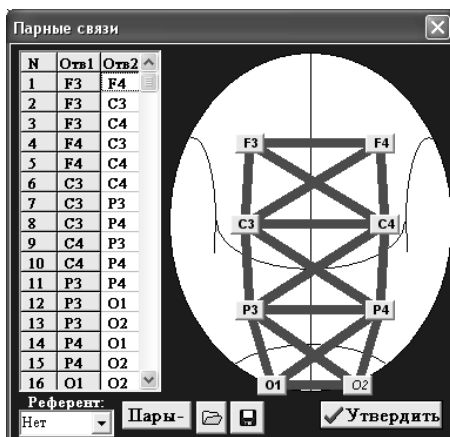


Рис. 2.7. Бланк формирования парных связей между отведениями

Бланк парных связей.

По нажатию кнопки *Пары* на бланке отведений в правой части экрана появляется схема парных связей между отведениями (рис. 2.7), где связи отмечены зелеными линиями, а активная связь — красной линией. В левой части экрана появляется таблица парных отведений, где второй и третий столбец содержат обозначения парных отведений.

Для активизации связи надо щелкнуть мышью по соответствующей позиции в таблице или же воспользоваться клавишами

[PageUp], [PageDown].

Удалить текущую пару из таблицы можно клавишей **[Del]**, а вставить новую пару клавишей **[Ins]** (аналогичные операции доступны и из контекстного меню, вызываемого правой кнопкой мыши).

Изменить связь на схеме отведений можно просто, перетащив ее конец (на кнопке отведения) от одного отведения к другому (с нажатой левой кнопкой мыши).

Схему парных связей можно сохранить в архиве или считать из архива кнопками чтения и записи. Схему можно также подготовить в стандартном текстовом редакторе NOTEPAD и сохранить в папке CONAN в файле с расширением (типом) .csg. В каждой строке файла указываются наименования двух отведений очередной пары, разделенные пробелом.

Режим парных связей отменяется кнопкой *Пары-*. Выход из бланка производится кнопками закрытия бланка или *Утвердить*.

Протокол. Протокол представляет собой средство автоматизации выполнения специальных исследований с последовательностью сложно взаимосвязанных событий и стимуляции; его возможности рассмотрены в разд. 10.1.

Монитор. Органы управления мониторингом биосигналов расположены в верхней правой части меню планирования исследования. Для большинства биосигналов вполне приемлемо использование режима *Монитор*=«ЕСТЬ» при отсутствии сжатия развертки (*Сжать*=1). Если же нужно наблюдать на экране более длительную предысторию изменения сигналов за счет некоторой потери детальности визуализации быстротекущих изменений, то можно установить *Сжать*=2,3,4, соответствующее замедлению горизонтальной развертки в 2, 4 и 8 раз.

В некоторых случаях можно установить режим *Монитор*=«ОТЛ[оженный]», когда визуализация сигнала осуществляется после накопления очередного интервала наблюдения, или же совсем отказаться от мониторинга *Монитор*=«НЕТ».

Прочие возможности. Другие возможности меню планирования используются только в специальных клинических исследованиях типа стимуляционной миографии, регистрации вызванных потенциалов, реализации biofeedback и др., а также в отдельных научных и экспериментальных исследованиях:

- составление протокола исследования для задания последовательности автоматически выполняемых действий (см. разд. 10.1);
- задание *экспресс-анализа* с выдачей его результатов на экран в графическом виде в ходе самого исследования (см. разд. 10.2)
- *конструктор* — при нажатии на эту кнопку появляется оглавление дискового архива (см. разд. 3.2), из которого следует выбрать файл описания зрительного или аудио стимулятора (см. разд. 10.3).

Сохранить план. После завершения составления плана (а также при каком-либо его изменении) полезно проверить его параметры в пробном запуске исследования, после чего запомнить план в архиве, нажав кнопку

Сохранить или эквивалентную ей клавишу F4 и в появившемся бланке записи (см. разд. 3.2) указать имя сохранения плана. Это позволит в следующий раз не вводить снова все параметры, а просто вызвать нужный план из архива.

2.3. Режим реального времени

Режим реального времени или *реальный режим* — это общепринятый термин для работы цифровых вычислительных устройств по управлению реальными физическими процессами, которые нельзя прервать, остановить или отложить во времени. В биологических и медицинских исследованиях его синонимом является «мониторинг и регистрация электрофизиологических показателей».

Возможны два способа управления экспериментом:

- а) ручное управление;
- б) автоматическое исполнение по *протоколу*.

Как показала практика, выполнение эксперимента в режиме реального времени (этап 4 модели деятельности электрофизиолога, рис. 1.4) в большинстве случаев требует *ручного управления* различными событиями, а именно:

- включение/выключение записи биосигналов в дисковый файл;
- включение/выключение дискретных выходных сигналов, управляющих дополнительной внешней аппаратурой;
- включение/выключение мониторинга биосигналов (для использования экрана для других целей);
- изменение скорости мониторинга биосигналов;
- изменение числа отображаемых на экране каналов;
- изменение имени файла записи биосигналов;
- поканальное изменение коэффициентов усиления и фильтров;
- выход из режима реального времени.

Для реализации этих действий разработана двухуровневая система управления:

- а) экранная строка исполнительных кнопок, нажатия на которые исполняются мышью — этот метод привычен для пользователя Windows, но достаточно медленен по исполнению;
- б) сопоставленные этим действиям *быстрые* клавиши, что значительно надежнее и быстрее в исполнении.

Экспресс-анализ. Кроме того, в ряде исследований параллельно с регистрацией биосигналов необходимо производить их экспресс-анализ с визуализацией его результатов, в базовый набор методов которого входят следующие (см. разд. 4.5):

- спектральный анализ ЭЭГ с построением поканальных столбиковых диаграмм амплитуд ритма в установленных исследователем частотных диапазонах;

- спектральный анализ ЭЭГ с топографическим картированием амплитуды спектра в избранном частотном диапазоне;
- усреднение ВП с заданным усилением результата и амплитудным уровнем автоматической режекции артефактов и с поканальным отображением на экране результата усреднения очередного интервала наблюдения ЭЭГ в ответ на заданный стимул;
- вычисление минимума и максимума ЧСС на текущем интервале наблюдения с мониторируанием их временной динамики;
- вычисление амплитуд и периодов ритма для волнообразных показателей (типа РГ, дыхания и т. п.);
- специальные виды экспресс-анализа, реализуемые *внешними программами*.

Запуск типового исследования. Для быстрого запуска типового исследования необходимо выполнить следующие действия:

1. Вызвав меню планирования, считать из архива готовый план исследования.
2. Дважды щелкнуть по полю имени файла записи для вызова оглавления текущего архива, где можно выбрать файл для записи биосигналов.
3. Нажать кнопку *Заголовок* и в появившемся бланке кнопкой с пиктограммой чтения вызвать бланк чтения, в котором выбрать файл аналогичного пациента или исследования, после чего вручную подредактировать некоторые поля заголовка.
4. Нажать кнопку *Start* запуска исследования и далее управлять включением и выключением записи клавишей **F4**, следя по экрану монитора за динамикой изменения электрофизиологических показателей и делая паузы на проведение требуемых физиологических проб.

Экран режима реального времени мало чем отличается от стандартного (рис. 1.16). В нем большую часть пространства занимает окно монитора, на котором исследователь видит изменение биосигналов в реальном времени.

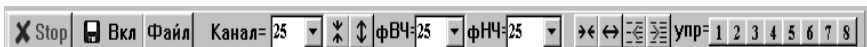
Заголовок. В верхней информационной строке монитора биосигналов содержится следующая заголовочная информация:

test: 2/7/98 3:41:16 PM 10s-100Гц 3ан:0/0 3анВкл

- имя файла записи биосигналов (в данном случае test);
- дата создания файла [день/месяц/год] (в данном случае 2/7/98);
- время текущей записи [час:мин:сек] (в данном случае 3:41:16 PM);
- длина записи [сек] (в данном случае 10s);
- частота дискретизации [Гц] (в данном случае 100Гц);
- число выполненных записей *3ан*;
- признак включенной записи биопоказателей *3анВкл*.

Управление в режиме реального времени может осуществляться мышью или же быстрыми клавишами. Работа мышью более привычна для обычного пользователя Windows, однако в этом особо ответственном ре-

жиме предпочтительнее пользоваться более быстрым и надежным средством — клавиатурой. Работа мышью осуществляется через экранную строку инструментальных кнопок:



Быстрые клавиши дублируют наиболее ответственные и часто выполняемые операции из этой инструментальной строки:

[F1] — *Экран*, разрешение/запрет вывода информации на экран (монитор сигналов, экспресс-анализ и трассировка протокола);

[F4] — *Запись* (кнопка **Вкл**), включение/выключение записи последующего интервала регистрации биосигналов на диск;

[PgDw], [PgUp] — уменьшение и увеличение числа отображаемых каналов (кнопки

[Home], [End] — смена отображаемых каналов (предыдущая или следующая группа каналов);

[7], [*] — замедление или ускорение мониторирования сигналов,

т. е. сжатие временной развертки биосигналов (кнопки

[↑], [↓] — клавиши вертикального движения курсора обеспечивают изменение номера текущего канала для последующего изменения

его коэффициента усиления (выкидной список **Канал= 25**);

[+], [-] — увеличение/уменьшение усиления по текущему каналу (кнопки

[1] — [8] — включение/выключение выходных управляющих сигналов, например, для стимуляции и т. п. (см. разд. 9.4.5, кнопки

[Esc] — прерывание реального режима и вызов меню планирования исследования (кнопка **Stop**).

Дополнительно инструментальная строка позволяет изменять имя файла записи биосигналов (кнопка **Файл**) и устанавливать для текущего канала фильтры верхних и нижних частот (выкидные списки **фВЧ=25** **фНЧ=25**).

Управление записью. Следует помнить, что запись не включается автоматически после начала мониторирования сигналов, а ее включение/выключение осуществляется вручную клавишей [F4] (при отсутствии протокола), что позволяет записывать только представляющие интерес для последующего анализа фрагменты наблюдений.

Поэтому после пуска исследования с записью в файл необходимо нажать [F4] для включения записи — в верхней строке монитора появится надпись *ЗапВкл*. Физически запись на диск будет производиться не в момент этого нажатия, а по истечении установленного интервала наблюдения

— об этом будет свидетельствовать изменение показания счетчика записей в верхней строке монитора. Поэтому, если по монитору вы заметили существенные искажения сигналов, то нажмите повторно F4 и запись на диск текущего интервала наблюдения будет отменена (надпись *ЗапВкл* исчезнет). Таким образом, повторно нажимая F4, можно выбирать нужные для записи интервалы времени, выполняя в промежутках функциональные пробы и т. п.

Внимание! Если в плане эксперимента определен протокол (см. разд. 10.1), то включение и выключение записи полностью возлагается на протокол и средства ручного управления записью не действуют.

Выход. Выполнение эксперимента можно в любой момент прервать клавишей Esc с возвратом в меню планирования. Отмена (сброс) меню планирования производится также клавишей Esc.

ПРОСМОТР И ИЗУЧЕНИЕ ЗАПИСЕЙ

«Когда субъект не справляется с притоком новых данных естественным путем концептивного аналогизирования, он становится жертвой перцептивного аналогизирования. Этот процесс известен также под названием «метафорическая деформация». Теперь вам понятно?»
[Отис Бландерс Клент]

В данной главе рассматриваются средства хранения, визуального изучения, редактирования и документирования записей биосигналов (этап 5 модели деятельности электрофизиолога, рис. 1.4), использование которых обычно предваряет собственно вычислительный анализ, которому посвящены последующие главы соответственно предметным областям.

3.1. Монитор записей

Как следует из предыдущей главы, результатом исследования в реальном времени является дисковый файл, который может включать одну запись или же несколько записей биосигналов фиксированного или переменного размера, выполненных по заданному числу каналов с минимальными или же длительными временными интервалами между собой.

Изучение записи может начинаться сразу после окончания реального режима или же в любой удобный момент времени. Произведенная запись считывается из архива и просматривается на экране монитора для удаления артефактов, выявления участков, представляющих интерес для последующего анализа, и для формулировки предварительного заключения.

Монитор записей является основным инструментом визуального изучения записей, ручного измерения и редактирования. Окно монитора занимает большую часть экранного пространства (см. рис. 1.16) и содержит кривые изменения электрофизиологических показателей в порядке каналов (ответдений) сверху вниз.

В качестве необходимого набора стандартных средств для визуального анализа записей требуются реализация следующих операций:

- движение записей по монитору — быстрое и медленное;
- изменение масштабов по осям амплитуды и времени;
- изменения разметки горизонтальной и вертикальной шкал;
- изменение числа визуализируемых каналов;
- быстрое движение по эпохам, на которые разбита запись;
- движение по записям, находящимся в текущем файле;
- использование перемещаемых горизонтальных и вертикальных указателей;
- выполнение ручных измерений:
 - точечных (амплитуда, время);

- интервальных (разность амплитуд, временной интервал);
- интегральных (среднее, производная, площади);
- дискретных сигналов;

отображение измерений в информационном *Табло*;

накопление измерений в электронной таблице для последующего анализа.

Заголовок. В верхней строке монитора приводится следующая заголовочная информация:

pal: 12.10.01 8:24:38 64s 128Гц Зап:1/1 Эпо:1/32=2s

- имя текущего файла (в данном случае — *pal*);
- дата создания файла [день/месяц/год] (*12.10.01*);
- время создания текущей записи [час:мин:сек] (*0:24:30*);
- длина текущей записи [сек] (*64s*);
- частота дискретизации записи [Гц] (*120Гц*);
- *Зап:* — номер текущей записи / число записей в файле (*1/1*);
- *Эпо:* — номер текущей эпохи / число эпох в текущей записи = размер эпохи анализа [с] (*1/32=3s*);

Указатель канала. В правой части монитора указаны символьные обозначения каналов, по которым перемещается *указатель текущего канала*, управляемый мышью или клавишами вертикального перемещения курсора.

Визир. По монитору горизонтально перемещается *визир* в виде вертикальной линии красного цвета, определяющий текущий отсчет времени. Визир управляется мышью или же клавишами горизонтального перемещения курсора. Преимущество мыши состоит в возможности моментального перемещения визира в нужную точку, а преимущество клавиш — в возможности точного пошагового перемещения визира (для ускоренного перемещения визира нужно одновременно держать нажатой клавишу **[Ctrl]** или **[Shift]**).

Маркер. В дополнение к визирю в любом месте экрана можно поставить *маркер* — неподвижную отметку в виде пунктирной вертикальной линии, которая служит для выполнения относительных измерений (относительно визира), отображаемых в *табло* (см. далее). Маркер ставится и убирается двойным щелчком мыши или клавишей **[Ins]**.

Движение записи. Продолжительные по времени записи могут не укладываться в один экран монитора. Тогда для их последовательного просмотра можно воспользоваться нижней горизонтальной линейкой прокрутки. Щелчок мыши по крайним кнопкам линейки влечет плавное медленное движение записи по экрану. Щелчок мыши в промежутках между крайними кнопками и подвижным ползунком влечет быстрое скачкообразное перемещение записи. Можно также тянуть ползунок мышью с нажатой левой кнопкой для перемещения его в нужное положение.

Клавиатурное плавное перемещение записи осуществляется клавишами [Home] и [PageUp], а быстрое перемещение — теми же клавишами, но с одновременным нажатием на клавишу [Ctrl] или [Shift].

Кнопки. Рассмотрим другие часто используемые операции монитора, которые представлены рядом кнопок в третьей экранной строке (в порядке слева направо) и дублируются *быстрыми* клавишами (указаны в тексте):



- две кнопки уменьшения [−] и увеличения [+] вертикального масштаба амплитуды записей;



- две кнопки уменьшения [/] и увеличения [*] горизонтального масштаба времени (или частоты для спектров ЭЭГ

и ЭМГ);



- две кнопки уменьшения и увеличения числа каналов, отображаемых на экране:

Каналы

- а) при уменьшении числа каналов автоматически увеличивается их амплитудное разрешение, однако на экране помещаются уже не все каналы, поэтому в правой части монитора появляется вертикальная линейка прокрутки, с помощью которой можно получить отображение нужной группы каналов;



Эпохи

- две кнопки перехода к предыдущей [←] или следующей [→] эпохе в записи (о разбиении записи на эпохи см. разд. 4.5); использование этих кнопок позволяет ускоренно просматривать запись;



Оси

- две кнопки установки вертикальных и горизонтальных осей (произведенные установки сохраняются в следующих сеансах):

- а) при последовательных нажатиях на первую кнопку появляются: основные и вспомогательные вертикальные временные деления (в виде синих сплошных и пунктирных линий) или же отменяются все деления;

- б) при последовательных нажатиях на вторую кнопку появляются: нулевая ось и оси-разделители между каналами или же отменяются эти оси; если же в мониторе записей установлена визуализация не более четырех каналов, то при наличии обеих осей производится также и разметка шкалы амплитуд горизонтальными линиями;



Записи

- две кнопки перехода к предыдущей [←] или следующей [→] записи в текущем файле;



- кнопка включения/выключения **табло** (см. рис. 3.2) текущих числовых измерений в записи, осуществляемых по положению маркера, визира и указателя канала (текущие измерения из табло можно занести в блокнот для дальнейшей обработки клавишей [F5], см. разд. 9.4.1).

Удалить. Удалить участок записи, отмеченный маркером и визиром, можно по нажатию на клавишу `[Del]`, после чего появится меню выбора способа удаления (рис. 3.1). Выбором из этого меню можно:

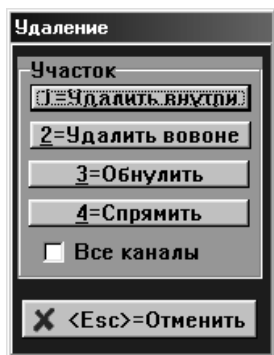


Рис. 3.1. Меню удаления

- удалить фрагмент записи внутри выделенного интервала;
- оставить только выделенный интервал (*Удалить вовне*) для последующего его анализа;
- обнулить выделенный интервал — записать в нем нулевые значения сигнала;
- спрямить интервал наклонной линией по значениям его граничных точек;
- произвести операцию только над текущим каналом или всеми каналами (фонарик *Все каналы*);
- отменить операцию.

Если маркер не установлен, то удаляется вся запись.

Дополнительные средства автоматического удаления артефактов имеются в одноименном подпункте из пункта *Вычисления* верхней командной строки (см. разд. 1.5).

Каналы. Иногда в уже произведенной записи требуется изменить наименования отведений, их расположения или порядок следования по каналам. Для этого следует выполнить пункты *Установки–Отведения* верхней командной строки и произвести требуемые изменения в специальном бланке отведений, работа с которым рассмотрена с п. *Меню и пары* в разд. 2.2.

Контекстное меню.

Читать файл	F3
Сохранить	F4
Печать экрана	F2
Вырезать	Ctrl+X
Копировать	Ctrl+C
Вставить	Ctrl+V
Удалить	Del
Маркер	Ins
Каналы	▶
Метки	▶
Преобразования	

При нажатии на правую кнопку мыши в любом месте монитора появляется контекстное меню с наиболее часто встречающимися операциями работы в мониторе, которые дублируют одноименные пункты верхней командной строки и инструментальные кнопки (см. разд. 1.5), а именно:

операции с файлами записей: чтение и сохранение файла (см. разд. 3.2, включая и экспорт экрана в графическом виде);

печать экрана — вывод на печать окна монитора (см. разд. 3.4); операции с буфером

обмена: вырезание, копирование и вставка окна монитора;

удалить участок записи соответственно положению маркера и визира (`[Del]`, см. рис. 3.1);

маркер — поставить/удалить маркер на месте текущего расположения визира (`[Ins]`);

операции с каналами и метками (см. разд. 1.5, 3.3);
вызов меню преобразований (см. разд. 9.4.2).

Табло. Табло (см. рис. 3.2) представляет собой экранную панель для визуализации числовых значений различных измерений, которая располагается обычно в правом верхнем углу экрана и включается/выключается одноименной кнопкой из третьей строки головного экрана (см. рис. 1.16).



Рис. 3.2. Табло ручных измерений

Табло содержит следующие семь информационных позиций:

Y = значение амплитуды сигнала в микровольтах (или калибровочных значениях) согласно

положению указателя канала и визира;

t = текущее время визира в секундах (или частота в герцах для спектров ЭЭГ и ЭМГ);

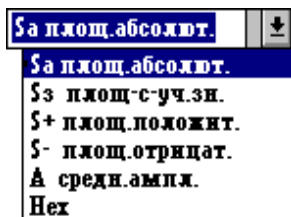
dY = разность амплитуд между маркером и визиром (при единичном сдвиге это будет текущее значение производной);

dt = временной (частотный — для ЭЭГ и ЭМГ спектров) интервал между маркером и визиром;

S = интегральный показатель на интервале между маркером и визиром (см. далее).

Vx , Vyx = шестнадцатеричные значения состояния регистров входных и выходных дискретных сигналов (см. разд. 9.4.5, используя меню *Полиграф*, можно задать и словесную интерпретацию этих значений, см. разд. 9.4.3).

Примечание. При активном окне картирования спектра ЭЭГ по диапазонам и эпохам (см. разд. 4.5) в позицию Y заносится текущее амплитудное значение спектрального показателя, в позицию t — время начала текущей эпохи, а в позицию dt — границы установленного частотного диапазона.



Тип интегрального показателя можно переустановить щелчком по верхней правой кнопке, в результате чего появляется выпадающий список в табло, содержащий выбор из следующих возможностей:

Sa = абсолютная площадь под кривой (относительно нуля) на участке между маркером и визиром;

Sz = площадь с учетом знака;

$S+$ = площадь положительная;

$S-$ = площадь отрицательная;

A = средняя амплитуда;

Hex = для системного администратора.

Чтобы закрыть выпадающий список, надо дважды щелкнуть мышью по нужному показателю.

Текущие измерения из табло можно занести в блокнот (см. разд. 9.4.1) для дальнейшей обработки клавишей **F5** или одноименной кнопкой табло.

3.2. Работа с архивами и базами записей

В рассматриваемой области анализа данных, в отличие от многих других, к возможностям файловой подсистемы предъявляются специальные и повышенные требования:

- 1) большое разнообразие типов файлов: бинарные записи биосигналов, текстовые числовых результатов и заключений, планов исследования, режимов анализа, формул вычислений; нормативных границ, топографических карт и т. п. (см. в разд. 1.5);
- 2) большой объем архивов — в работе реального исследователя число хранимых записей в дисковом архиве может быстро достигнуть многих сотен и тысяч, что порождает серьезную проблему быстрой ориентации и поиска нужной информации в них;
- 3) необходимость группировать файлы записей по различным признакам: норма–отклонения–патологии, функциональные пробы, условия исследования, личностные данные и т. п.

Для обеспечения такого типа задач были предложены следующие новые методико–эргономические решения:

содержательная типизация файлов с автоматической селекцией их в архивах в зависимости от контекста обращения;

сопровождение каждого архивного файла вне зависимости от его типа содержательной информацией — комментарием исследователя;

для файлов записей биосигналов определена структура комментария, включающая значимую для исследования заголовочную информацию с установочными полями: наименование пробы (теста, задачи), группа принадлежности испытуемого, ФИО, личный код, дата рождения, пол, диагноз (заключение);

создание универсального интегрированного диалогового бланка чтения–записи для работы с архивами, учитывающего особенности предметной области с устранением многих недостатков типовых бланков Windows;

разработка специальных режимов ассоциативного поиска и селекции файлов записей в архивах: *Поиск, Выборка, Картотека*.

Дисковые архивы предполагают возможность хранения не только записей биосигналов, но и различного рода другой полезной информации (см. разд. 1.5). Для универсализации и упрощения работы с архивами необходим единый диалоговый механизм, представленный стандартным *бланком чтения–записи*, сочетающим в себе множество разнообразных возможностей.

Правила. Наряду с этим, для упорядоченного хранения многочисленных записей и быстрого поиска полезно строго придерживаться следующих основных правил:

традиционными средствами организации файловой системы создайте систему дисковых папок для хранения записей, относящихся к разным исследователям, группам пациентов, типам исследований, клиническим синдромам и т. п.;

именуйте эти папки не абстрактными именами, а в соответствии с их назначением;

не храните в одной папке много сотен записей, а создавайте дополнительные папки и переносите туда часть файлов в соответствии с их предметным смыслом;

именуйте каждый записываемый файл не абстрактным именем, а в соответствии с типом исследования, пациентом и т. п.;

сопровождайте каждый файл исчерпывающим заголовком (см. разд. 2.1).

Чтение. Возможность чтения из архива определяется наличием в активном диалоговом меню или активном окне кнопки *Читать* с характерной пиктограммой (эту кнопку обычно дублирует быстрая клавиша **[F3]**).

Запись. Возможность записи в архив определяется наличием в активном меню или окне кнопки *Сохранить* с характерной пиктограммой (эту кнопку обычно дублирует быстрая клавиша **[F4]**).

Чтение (или запись) собственно записей биосигналов выполняется из выкидного меню пункта *Файлы* верхней командной строки (или клавишами **[F3]** / **[F4]** при активном окне монитора, или кнопками из третьей экранной строки).

Поскольку при выполнении любой из указанных операций вызывается стандартный *бланк чтения–записи*, то далее сначала рассмотрим его общие возможности и специальные средства, связанные с поиском информации в базах данных, а затем перейдем собственно к выполнению операций чтения–записи.

Бланк чтения–записи

Начальный вид стандартного бланка чтения–записи представлен на рис. 3.3, 3.4. Верхняя строка бланка содержит его наименование: чтение файла или запись файла.

На панели под строкой заголовка располагаются следующие элементы: поле типа файлов в оглавлении архива с кнопкой выкидного списка допустимых типов файлов;

поле даты создания текущего файла (для бланка чтения) или поле ввода имени записываемого файла (для бланка записи);

кнопка вызова/отмены выпадающего меню базы данных (см. ниже), это же меню вызывается/отменяется и нажатием на правую кнопку мыши;

кнопка удаления текущего файла из архива (или клавиша **[Del]**).

кнопка *Архив* включает в правой части бланка поле дерева папок, одновременно под ним появляется линейка переключателей дисководов и поверхностей жесткого диска (рис. 3.4); используя эти средства, можно сменить архив размещения данных; для отмены поля дерева папок следует повторно нажать кнопку *Архив*.



Рис. 3.3. Бланк чтения



Рис. 3.4. Бланк записи с полуокном папок и линейкой дисководов

Большая часть оставшегося пространства бланка отведена под оглавление файлов текущего архива.

Для перемещения по большим архивам, оглавления которых не умещаются на экране, служит вертикальная линейка перемещения, а также клавиши `[PageDw]`, `[PageUp]`. Перейти к нужному фрагменту оглавления можно и нажатием клавиши первой буквы файла, когда поле оглавления является активным.

Комментарии. Под оглавлением обычно находится строка комментария к текущему файлу. Строка комментария позволяет лучше ориентироваться в больших архивах, предметный смысл многих файлов в которых уже позабылся. Поэтому крайне полезно обновлять эту строку перед каждой записью нового файла, чтобы его сопровождал оригинальный комментарий (рис. 3.3). Для файлов записей биосигналов такое обновление производится в подпункте *Заголовок* пункта *Установки* верхней командной строки (см. разд. 1.5). Для других типов файлов комментариев вводится прямо с клавиатуры в нижнее поле ввода бланка записи. Кроме того, наличие комментариев позволяет использовать мощные механизмы контекстного поиска нужных файлов в режиме *Базы данных*.

База данных

Режим *базы данных* является эффективным средством быстрого и ассоциативного поиска требуемой информации в больших архивах. Этот режим реализуется выпадающим меню (рис. 3.5), вызываемым/отменяемым кнопкой *Меню*, и включает три позиции: *Поиск*, *Выборка*, *Картотека*.

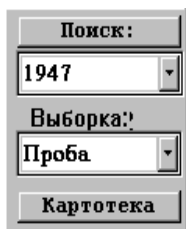


Рис. 3.5. Меню базы данных

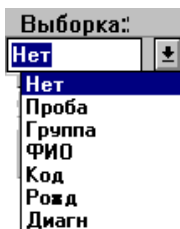


Рис. 3.6. Выпавший список режима *Выборка*

па заголовочной информации (рис. 3.6):

Нет — комментарии не экспонируются;

Проба — из заголовка экспонируется позиция *Проба*;

Группа — из заголовка экспонируется позиция *Группа*;

ФИО — из заголовка экспонируется позиция *ФИО*;

Код — из заголовка экспонируется позиция *Код*;

Рожд — из заголовка экспонируется позиция *Дата рожд.*;

Диагн — из заголовка экспонируется позиция *Диагноз*.

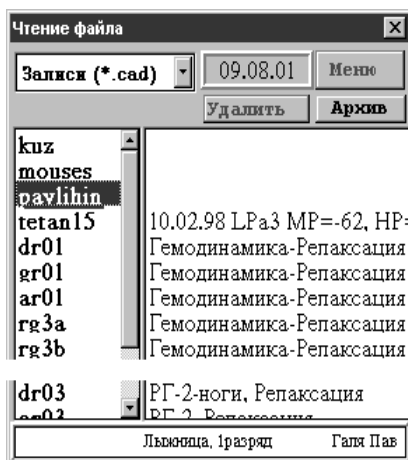


Рис. 3.7. Вид бланка записи в режиме выборки комментария *Проба*

поиска в архиве по введенному шаблону, представляющему собой некоторый фрагмент текста. Ввод шаблона может быть произведен непосредст-

Выборка. Элемент *Выборка* предназначен для изменения формата бланка чтения-записи, когда в нем остается только одно левое поле оглавления файлов, а справа от него появляется поле комментариев-заголовков каждого файла (рис. 3.7).

Справа от поля *Выборка* расположена кнопка выпадающего списка ти-

Выбор пункта, отличного от *Нет*, играет роль только для файлов записей биосигналов, для другого типа файлов выбор любого пункта приводит к экспонированию их комментариев. Напомним, что для файлов записей биосигналов комментарий-заголовок (формируемый перед исследованием, см. разд. 2.2) не является монолитным (как для других типов файлов), а состоит из вышеперечисленных компонентов, и их изменение может быть произведено посредством подпункта *Заголовок* пункта *Установки* верхней командной строки.

Поиск. Кнопка *Поиск* предназначена для выполнения ассоциативного

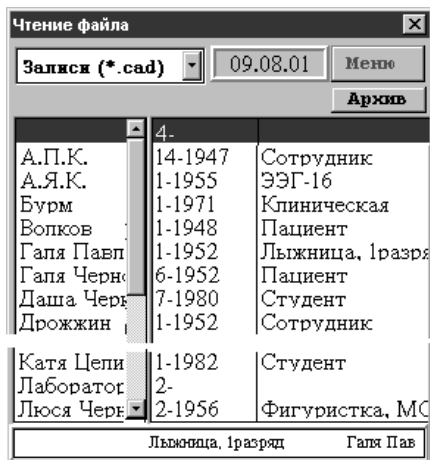
венно в нижерасположенное поле или же он может быть выбран из выпадающего списка, содержащего до 20 типовых шаблонов, сохраняемых от сеанса к сеансу. Выбор из списка осуществляется щелчком мышью. Для установки в список нового шаблона следует выбрать соответствующую позицию в списке и набрать в поле ввода новый шаблон, затем он будет автоматически запомнен в выбранной строке списка. Таким образом можно заготовить наиболее часто встречающиеся шаблоны поиска и тем самым значительно облегчить для себя повторные выполнения операции поиска.

После выполнения поиска в оглавлении архива будут оставлены только файлы, заголовки (комментарии) которых содержат заданный шаблон в любой своей позиции.

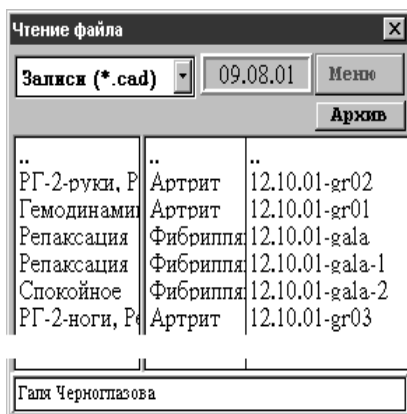
Однажды установленные режимы *Выборка* и *Поиск* запоминаются и воспроизводятся при последовательных обращениях и сеансах до своей отмены.

Картотека. Нажатие кнопки *Картотека* включает/выключает специальный режим, предназначенный для нужд клинической практики. В этом режиме все записи текущего архива структурируются на двух уровнях (рис. 3.8). На первом, верхнем уровне картотеки располагаются пациенты со всеми своими заголовочными сведениями: ФИО, код, группа, г/рожд, пол. На втором уровне для каждого пациента располагаются проведенные для него исследования с относящейся к ним информацией: проба, диагноз, дата проведения, имя файла.

При включенном режиме картотеки бланк чтения–записи преобразуется в три вертикальных поля. На первом уровне картотеки (рис. 3.8а) левое поле содержит список пациентов, по которому и производится выбор. В среднем поле указывается число исследований, проведенных для каждого пациента и его дата рождения, а в левом поле — группа пациента.



а)



б)

Рис. 3.8. Бланк чтения–записи в режиме картотеки:

а — уровень 1; б — уровень 2.

Если для пациента проведено только одно исследование, то двойной щелчок по его фамилии в списке влечет чтение соответствующего файла записи, в противном случае картотека переходит на свой второй уровень.

На втором уровне картотеки (рис. 3.8б) приводятся сведения по исследованиям для пациента, выбранного на первом уровне: левое поле содержит список проведенных проб, среднее поле — соответствующие им диагнозы, а правое поле — дату проведения исследования и имя дискового файла. Двойной щелчок по пробе в списке влечет чтение соответствующего файла.

Для возврата на первый уровень картотеки следует выполнить двойной щелчок по верхней позиции списка, обозначенной двумя точками. Для отмены режима картотеки с возвратом в обычный режим бланка чтения—записи необходимо повторно нажать кнопку *Картотека*.

Чтение файлов

Для чтения файла щелкните дважды по имени файла в оглавлении текущего архива. Если же вы передумали, то нажмите клавишу $\boxed{\text{Esc}}$ для закрытия бланка.

Смена архива. Если ваши файлы расположены в другом архиве, то щелкните по кнопке *Архив* справа—вверху бланка чтения и в правой части бланка появится дерево папок текущей поверхности жесткого диска (см. рис. 3.4), в котором и выберите требуемую папку. Последний установленный архив будет запомнен и воспроизведен при следующем чтении и сеансе.

Для смены текущей поверхности щелкните по соответствующей закладке строки поверхностей (дисководов) в нижней строке бланка.

Удаление файла. Чтобы удалить файл из текущего архива, выделите его наименование в оглавлении архива и нажмите кнопку *Удалить* вверху бланка, после чего подтвердите необходимость удаления файла.

Импорт записей. Чтение файлов записей биосигналов возможно не только во внутреннем формате, но в текстовом формате и в стандартном европейском формате данных (EDF), что обеспечивает совместимость с другими программами анализа данных и электрофизиологическими системами.

Для импорта измените тип отображаемых файлов, щелкнув по кнопке выкидного списка типа файлов слева вверху бланка, и выберите текстовый же EDF тип. Затем считайте из обновленного оглавления нужный файл.

Требования: файлы записей в текстовом формате должны удовлетворять следующим условиям:

первая строка файла содержит последовательность символьных обозначений отведений/каналов;

вторая строка содержит последовательность максимальных значений амплитуд сигнала (относительно нуля по абсолютной величине) в порядке каналов (желательно с 5–10%-ным запасом);

каждая следующая строка содержит последовательность амплитуд сигнала в порядке каналов, а последовательные строки отвечают последовательным дискретам времени;

в качестве разделителей между элементами строк может использоваться любое число пробелов, а также запятые или символы табуляции;

если необходимо импортировать дискретные сигналы, то изменения их состояния приводятся в последней колонке с обозначением *In-Out* в виде двух двухзначных 16-ричных чисел, разделенных дефисом.

Чтобы закрепить эти требования в зрительной памяти, достаточно экспортировать какую-нибудь запись в текстовом формате и просмотреть результаты в любом текстовом редакторе.

Если ваши текстовые файлы не отвечают перечисленным требованиям, их следует предварительно модифицировать средствами любого текстового редактора.

После чтения текстового файла следует установить отвечающую ему частоту дискретизации в меню планирования исследования (см. разд. 2.2). Желательно также сразу сохранить введенную запись во внутреннем формате (.CAD) для ускорения последующих чтений.

Запись файлов

Для записи файла наберите его наименование в среднем верхнем поле ввода и нажмите кнопку *Запись* справа в верхней строке бланка (см. рис. 3.4) или клавишу .

Для записи в уже существующий файл предварительно дважды щелкните по имени файла в оглавлении архива. В этом случае выдается запрос (рис. 3.9) на уточнение операции: следует ли полностью заменить файл, добавить текущую запись в его продолжение (при этом число каналов должно соответствовать имеющейся записи) или добавить все последующие записи текущего файла.

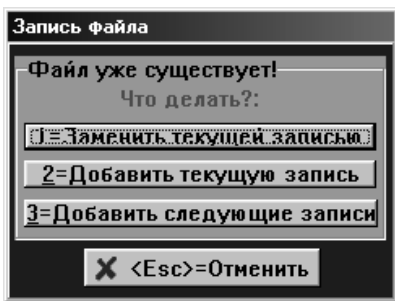


Рис. 3.9. Меню вариантов записи в уже существующий файл

Перед записью нового файла очень полезно сформировать или обновить его комментарий в нижней строке бланка (для записей биосигналов изменения комментария предварительно осуществляется выполнением пунктов *Установки–Заголовок* верхней командной строки, см. разд. 2.2). Наличие подобных комментариев очень облегчит вам ориентировку в необозримых архивах данных, которые рано или поздно возникнут (см. выше *База данных*).

При наличии комментария к файлу его можно будет прочитать в нижней строке бланка чтения.

Если вы передумали выполнять запись, то нажмите клавишу Esc и операция будет отменена и бланк записи исчезнет.

Экспорт записей. Возможность записи биосигналов не только во внутреннем формате, но в текстовом формате и в европейском формате данных (EDF) обеспечивает совместимость системы с другими программами анализа данных [45] и электрофизиологическими анализаторами.

Для экспорта измените тип отображаемых файлов, щелкнув по кнопке выкидного списка типа файлов слева вверху бланка, и выберите текстовый или EDF формат. Затем осуществите операцию записи. Структура текстового файла отвечает вышеприведенным требованиям к импортируемым файлам. В выкидном списке типа файлов имеется также формат локализации источников ЭЭГ-активности (см. разд. 4.5).

Экспорт осуществляется для каналов, отображенных на экране (что позволяет экспортировать только избранное число каналов), а также во временном диапазоне от маркера до визира (при отсутствии маркера экспортируется вся запись). В случае присутствия в файле дискретных сигналов изменение их состояния отображается в последней колонке текстового файла с наименованием *In-Out* и в 16-ричной системе счисления.

Экспорт графики. Экран монитора записей может быть сохранен также в графическом виде в файле BMP-формата. Для этого следует предварительно в бланке чтения-записи по выкидному списку типов файлов установить графический BMP-формат.

Экспорт может быть осуществлен и в новое окно, созданное выполнением пунктов *Конструктор—Создать окно* из верхней командной строки. Перед этим следует забрать экран монитора в буфер обмена, а затем в новом окне вызвать контекстное меню правой кнопкой мыши и выполнить операцию вставки из буфера. Такой прием позволяет визуально сравнивать фрагменты записей из разных участков одного или нескольких файлов.

3.3. Редактирование записей

Задачи редактирования записей биосигналов, предваряющего их вычислительный анализ, требуют наличия комплекса стандартных средств:

- удаление участков, испорченных артефактами;
- выделение фрагментов, представляющих интерес для анализа;
- использование редакторских меток с операциями (см. разд. 1.5): вставить, удалить, перейти к следующей или предыдущей, а также использование меток в аргументах формул (см. разд. 5.4, 9.4.2, 9.4.4);
- обнаружение и удаления артефактов (ручное или автоматическое);
- коррекция влияния сигнала-индуктора;
- коррекции нуля (ручная или автоматическая);
- перекалибровка амплитудной шкалы;
- удаление-вставление каналов (см. разд. 1.5);

- чтение каналов из других файлов (см. разд. 9.4.2).

Артефакты представляют собой не характерные для регистрируемого процесса изменения, наведенные внешними причинами (электрические и магнитные поля, движения пациента и т. п., см. разд. 1.3, 1.4). Ручная коррекция артефактов с использованием клавиши **[Del]** рассмотрена в разд. 3.1.

Полуавтоматическое удаление артефактов производится по выполнению пунктов *Вычисления–Артефакты* верхней командной строки, после чего появляется бланк артефактов (рис. 3.10).



Рис. 3.10. Бланк артефактов

В этом бланке артефакт задается двумя параметрами: минимальная длительность превышения заданной амплитуды (по абсолютной величине). При нажатии кнопки *Удалить* каждый очередной найденный артефакт отображается на мониторе с визиром на начале артефакта и появляется меню удаления артефактов (рис. 3.11).

В этом меню можно выбрать *Удалить* данный артефакт, оставить без изменения (*Пропустить*), продолжить операцию удаления *До конца* записи автоматически или же прекратить (*Отменить*) дальнейшее выполнение операции.

Коррекция артефактов (в меню рис. 3.10) состоит в исключении влияния некоторого сигнала–индуктора на сигнал текущего канала (сигнала–приемника, например, ЭОГ на ЭЭГ).

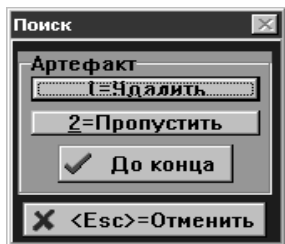


Рис. 3.11. Меню удаления артефактов

Для этого в бланке следует указать номер канала индуктора. Корректировка выбранного канала производится методом линейной регрессии: строится регрессионная модель между парными амплитудами индуктора и приемника, после чего из амплитуд приемника вычитаются соответствующие регрессионные добавки. Такие операции можно повторить для всех каналов, требующих корректировки.

Часто в сигнале–индукторе присутствуют высокочастотные низкоамплитудные колебания или шумы, которые желательно не учитывать при корректировке. В таких случаях рекомендуется предварительно производить сглаживание или фильтрацию канала–индуктора (см. разд. 9.4.2).

Моргания. Эта кнопка позволяет удалить из записи ЭЭГ артефакты от морганий глаз, наиболее проявляющиеся в передне-лобных отведениях. Для этого используется следующий эвристический алгоритм. Производится Фурье–фильтрация в диапазоне 0–7 Гц по отведению Fr1,2 или F3,4. Мор-

гания детектируются по 4-кратному превышению средней абсолютной амплитуды сигнала. Затем отрезок артефакта определяется от первой слева смены знака производной сигнала и до второго пересечения нуля справа (рис. 3.12). Далее подобная фильтрация производится по каждому каналу, и ее результат вычитается из исходного сигнала на всех найденных отрезках морганий. Такой метод дает более качественную коррекцию, чем обычно используемый метод главных и независимых компонент или регрессионный анализ, которые наряду с морганиями удаляют и много другой, не относящейся к морганиям ритмики.

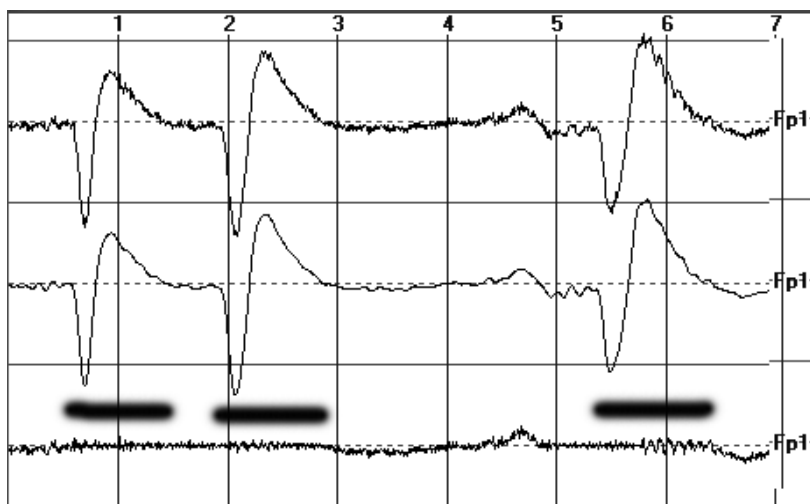


Рис. 3.12. Коррекция морганий (сверху вниз): исходный ЭЭГ-сигнал, фильтрация 0–10 Гц, результат коррекции на участках, отмеченных заливкой черным цветом.

Коррекция нуля. Коррекция нуля состоит в изменении положения нулевой линии в записи, от которой отсчитываются значения амплитуд сигналов. Для коррекции нуля следует предварительно выбрать такой участок в записи, где, по мнению исследователя, регистрируемые сигналы достаточно стабильны относительно своих нулевых значений, и выделить этот участок с двух сторон маркером и визиром. После этого следует выполнить пункт *Установки–Коррекция нуля* и выбрать один из двух доступных вариантов: корректировать только текущий канал или же все каналы в записи. Другой способ коррекции нуля доступен одновременно с калибровкой.

Калибровка. Потребность в перекалибровке записи может возникать, когда нужно перейти к другим единицам измерения для текущей записи, или когда запись была произведена без учета поканальных коэффициентов усиления, или эти коэффициенты имеют случайную межканальную вариативность. Необходимая в таких случаях процедура рассмотрена в разд. 2.2. При этом, если известно реальное значение амплитуды сигнала в записи, то можно обойтись без записи калибровочного сигнала.

3.4. Печать и экспорт результатов

Экспорт и печать записей биосигналов и результатов анализа возможны для любого окна: *монитора, картирования, графиков и результатов*. Эти операции доступны через *быстрые* клавиши, работающие единообразно в различных окнах или же через контекстное меню, появляющееся в активном окне при нажатии на правую кнопку мыши или клавиши [ESC]. Типичный вид такого контекстного меню приведен на рис. 3.13 и в нем присутствуют операции чтения, записи, печати и очистки окна, а также операции с буфером обмена (вырезать, копировать, вставить, см. разд. 1.5) и закрытие окна.

Чтение	F3
Запись	F4
Печать	F2
В таблицу	F6
Очистить	
Вырезать	Ctrl+X
Копировать	Ctrl+C
Вставить	Ctrl+V
Выход	F10

Рис. 3.13. Контекстное меню экранных окон

Чтение окна. По операции чтения или по нажатию клавиши [F3] в окно из выбранного архивного файла (см. разд. 3.2) вводится текст или изображение (тип файла зависит от типа окна).

Запись окна. Содержимое окна можно сохранить в виде архивного файла (тип которого определяется типом окна) клавишей [F4] (см. разд. 3.2).

Печать окна. Вывод на печать окна монитора, когда оно активно, производится по исполнению пунктов *Файлы–Печать* верхней командной строки, по нажатию инструментальной кнопки из третьей строки или по нажатию клавиши [F2].

Печать других окон, когда они активны, производится из контекстного меню, вызываемого правой кнопкой мыши, или клавишей [F2].

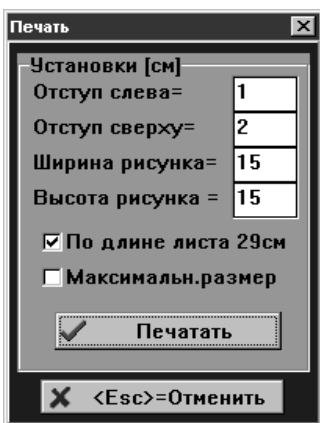


Рис. 3.14. Бланк установок печати

В графических окнах появляется бланк установки параметров печати (рис. 3.14), включающий поля отступов выдаваемого изображения слева и сверху от края листа печати, размеры изображения по ширине и высоте, а также два фонарика: *По длине листа 29 см* (повернутое расположение или же обычное расположение) и *Максимальный размер* (когда размер максимален для выбранного расположения, а другие установки игнорируются). Если же запись представляет ЭКГ в стандартной системе отведений (полной или сокращенной), то предварительно задается вопрос о желательности выполнить печать в стандартном клиническом масштабе (1 см/мВ и 5 см/с).

Установка принтера. Как правило, тип принтера, подключенного к компьютеру, устанавливается в панели управления Windows и действует для

всех приложений. Поэтому пункт *Файлы–Принтер* верхней командной строки, вызывающий типовой бланк Windows установки типа принтера (рис. 3.15), обычно бывает полезен для перехода от выдачи изображения по ширине листа (Portrait) к выдаче более крупного изображения по высоте листа (Landscape). При таком переключении следует не забыть соответственно скорректировать и ширину листа в меню печати (см. рис. 3.14).

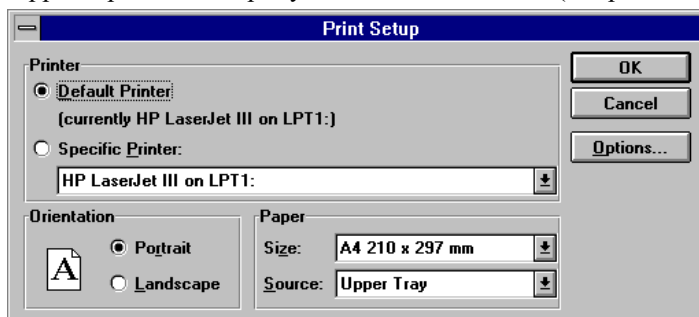


Рис. 3.15. Бланк установки принтера

Совместимость. Кроме того, часто бывает полезным перенос изображения в другие графические программы через буфер обмена, чтобы уже там произвести над ними сложные преобразования и включение в тексты статей и отчетов. Для этого, кроме традиционных средств, бывают полезны клавишные операции забора в буфер всего экрана (клавиша `[PrintScreen]`) и забор в буфер активного окна (клавиши `[Alt]` + `[PrintScreen]`).

Экспорт записей. Операция экспорта записей (см. разд. 3.2) и результатов анализа ЭЭГ (см. разд. 4.5) в текстовом формате в форме матрицы обеспечивает совместимость с другими системами анализа данных и, прежде всего, с универсальной статистической диалоговой системой STADIA [45].

Экспорт графиков. При работе с окном графиков имеется полезная возможность экспорта графиков посредством сохранения в текстовом файле в форме матрицы координат X , Y его точек. Эта операция дополнительно присутствует в контекстном меню окна графиков. Содержимое окна графиков можно также сохранить и в виде графического файла в архиве клавишей `[F4]`.

Очистка окна. По операции очистки из окна убирается содержащийся текст или изображение.

Закрытие окна. Закрытие окна производится клавишей `[F10]` (когда окно активно) или кнопкой закрытия окна.

3.5. Диагноз и числовые результаты

Назначение. Диагноз представляет собой словесное заключение по характеру записи биосигналов или числовые результаты анализа. Он со-

проводит файл записи и располагается в одноименном файле с расширением .CAS.

Окно диагноза. Для этих целей предусмотрено окно простого текстового редактора (рис. 3.16), которое появляется при выполнении следующих операций:

- пункт *Диагноз* меню анализа ЭЭГ;
- пункт *Диагноз* меню анализа ЭКГ;
- пункт *Статистика* меню анализа РГ;
- пункты *Анализ–Диагноз* верхней командной строки.

а также в случаях объемных числовых выдач результатов различных процедур анализа.

В первых трех случаях (см. разделы *Средства анализа* в главах 4–7) в окно редактора выводятся результаты анализа с диагностикой отклонений от нормы, а в начале выдачи приводится заголовочная информация текущего файла записей. При выполнении пунктов *Анализ–Диагноз* (или клавишей [8]) в окно считывается диагноз, сопровождающий рабочий файл записей (если файл диагноза был ранее сформирован).

Закрытие окна. Закрытие окна диагноза осуществляется клавишей [F10]. При этом выдается запрос подтверждения необходимости сохранения полученного диагноза в специальном файле диагноза с расширением .CAS.

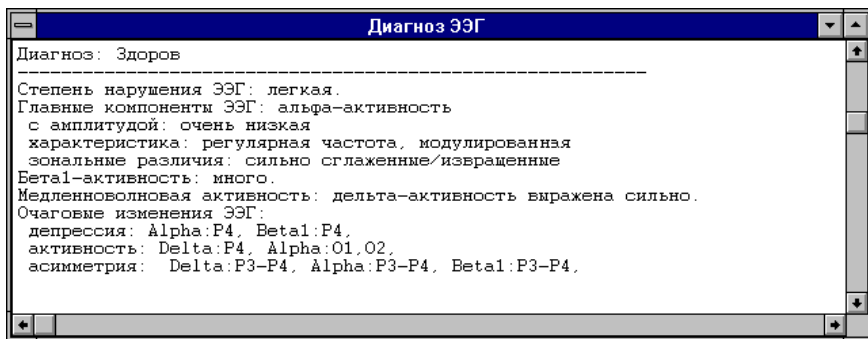


Рис. 3.16. Окно редактора диагноза

Операции. Окно диагноза поддерживает большинство типичных для подобных редакторов операций: передвижение курсора текущей позиции, набор текста, выделение фрагментов текста, удаление символов и фрагментов, забор фрагментов в буфер обмена и вставление фрагментов из буфера. Однако в редакторе не действует клавиша [Del], убирающая следующий символ, вместо нее следует пользоваться клавишей [BackSpace], убирающей предыдущий символ. Редактор поддерживает также общие операции: чтение и запись в отношении текстовых файлов и выдачу результатов на печать. Эти операции доступны через контекстное меню (см. рис. 3.13) или же через стандартные *быстрые* клавиши.

Запись. Операция записи позволяет сохранять выдачу результатов в дисковом файле типа .ТХТ или .САС (см. разд. 3.2).

Чтение. Операция чтения полезна для компоновки общего отчета о полученных в разное время результатах, поскольку содержимое читаемого файла добавляется к имеющейся выдаче результатов и можно легко произвести компоновку окончательного отчета из нескольких различных текстов. По этой операции можно получить доступ к любым текстовым файлам (с расширением ТХТ), а также к текстовым файлам диагнозов (с расширением САС), сопровождающим файлы записей биосигналов.

Шаблоны клинических бланков. Они оказываются очень полезными и для сокращения ручной работы по написанию клинических заключений. Такие типовые бланки (а также и шаблонные фразы диагнозов) полезно заготовить заранее в каждой папке записей и вводить их в окно диагноза, а затем обычными средствами экранного редактирования можно быстро составить клиническое заключение простым перемещением стандартных фраз.

Печать. Операция печати [F2] выводит содержимое окна диагноза (результатов анализа) на принтер. Печать производится моноширинным шрифтом Courier New. При отсутствии такого шрифта в установках Windows его необходимо вручную установить по файлу Courier.ttf из папки CONAN. Для печати результатов с другими шрифтами следует переносить содержимое окна в любой внешний редактор (например, в Word).

В таблицу. Данная операция (быстрая клавиша [F6]) позволяет перекомпоновать серию однородных числовых выдач, содержащих многие показатели, в таблицу, где столбцы отвечают показателям, а строки — последовательно выполненным выдачам результатов. Примером таких результатов может служить выдача статистики и спектрального анализа кардиограммы (см. разд. 6.5). Такое преобразование бывает полезным при необходимости переноса результатов во внешний пакет (например, в электронную таблицу) для их совместного анализа.

4.4. Методы вычислительного анализа ЭЭГ

4.5. Средства анализа

В настоящем разделе рассмотрены компьютерные средства анализа ЭЭГ в соответствии с вычислительными методами, обсуждаемыми в предыдущем разделе. Анализ обычно предваряет визуальный просмотр записи в мониторе (рис. 4.40) и ее редактирование, связанное с удалением артефактов и разбиение ее на эпохи.

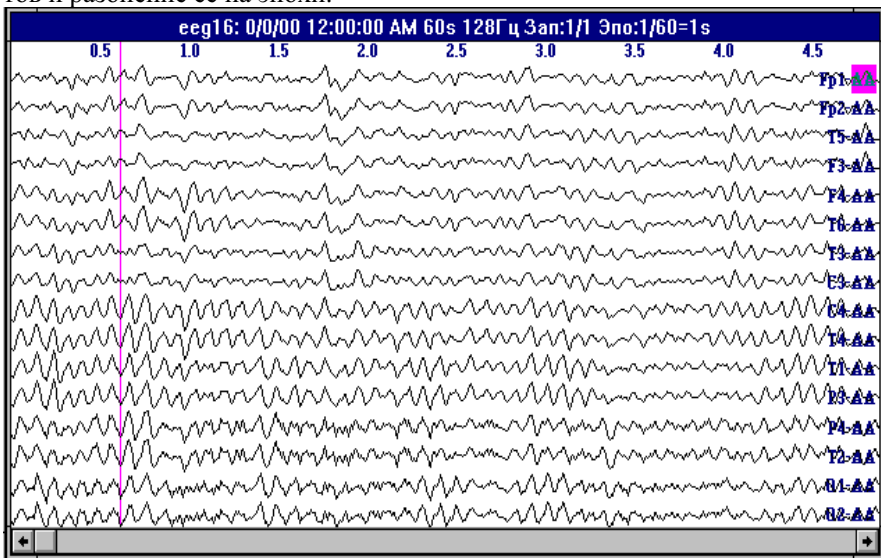


Рис. 4.40. 16–канальная запись ЭЭГ

Для визуального сравнения графических результатов анализа (спектров, диаграмм, карт) полезно создавать дополнительные окна (*Конструктор–Создать_окно* из верхней командной строки или клавиша **[F7]**) и переносить в них изображения через буфер обмена (см. в разд. 1.5).

Меню анализа ЭЭГ (рис. 4.41) вызывается выполнением пунктов *Анализ–ЭЭГ* из верхней командной строки (или клавишей **[I]**)



Рис. 4.41. Меню анализа ЭЭГ

Диагноз осуществляет выдачу нормопатологического заключения по Е.А. Жирмунской. Метод *Локализация* осуществляет расчет 3-мерной локализации дипольных источников ЭЭГ при наличии пакета BrainLoc. Фильтрация осуществляется методом Фурье, другие фильтры и частотные диапазоны представлены в блоке преобразований (разд. 9.4.2).

Частотные характеристики К числу первичных характеристик (установка по выкидному списку *Характеристика*), вычисляемых в методах *Спектр*, *Диапазоны*, *Эпохи*, относятся: амплитуда и мощность спектра, амплитуда и фаза кросс-спектра, когерентность и амплитуда когерентной мощности, корреляционная функция, огибающая, корреляционная синхронность. Более подробно эти характеристикам рассмотрены ниже.

Внимание! Для вычисления кросс-спектральных характеристик и синхронности необходимо задание парных связей между отведениями (см. разд. 2.2). Для вычисления когерентности и амплитуды когерентной мощности необходимо задание числа усредняемых эпох (поле *Усреднить*), которых должно быть не менее 4-х, желательно порядка 10. Корреляционная (интервальная) функция вычисляется только в методе *Спектр*, предварительно надо выделить на записи маркером и визиром корреляционный образец. Для любознательных исследователей имеется малозначимая для ЭЭГ возможность коррекции эффекта *вытекания мощности* при вычислении спектров (выкидной список *Врем.окно*): окно Ханна, Хемминга или одно из семейства окон Блекмана или Кайзера.

Разбиение на эпохи. Для исследования динамики изменения характеристик во времени, необходимо разбить всю запись на более короткие эпохи (выкидной список *Эпохи*), каждая из которых будет анализироваться отдельно. Для более плавного представления динамики эпохи могут следовать с перекрытием друг друга (поле *Сдвиг*). Число эпох индицируется в меню *N=*. После разбиения на эпохи можно по самой записи и результатам

В этом меню присутствуют два раздела:

Методы включает наиболее распространенные в практике средства преобразования и анализа ЭЭГ (подробно рассмотрены ниже);

Установки содержит средства изменения параметров и режимов анализа ЭЭГ из раздела *Методы* и специальные преобразования.

Методы *Период-анализ*, *Фильтрация*, *Асимметрия*, *Синхронность* выполняются для установленного частотного диапазона (выкидной список *Диап=*). Метод

анализа (методы *Спектр* и *Диапазоны*) переходить от эпохи к эпохе клавишами $\left[\leftarrow \right]$ и $\left[\rightarrow \right]$.

При задании числа усредняемых эпох (поле *Усреднить*) для каждой из последовательных эпох вычисляется мгновенный спектр, после чего результирующий спектр получается усреднением мгновенных спектров. Реальное число эпох в методах *Спектр*, *Диапазоны*, *Эпохи* уменьшается на число усредняемых.

Частотные диапазоны.



Рис. 4.42. Бланк установки частотных диапазонов

Переустановка частотных диапазонов осуществляется кнопкой *Диапазоны*, вызывающую экранный бланк (рис. 4.42), где можно установить названия и частотные границы до 16 различных диапазонов, после чего нажать $\left[\text{Enter} \right]$ или кнопку *Утвердить*.

Рекомендуется сначала расположить диапазоны в порядке возрастания их нижних границ, а затем уже поддиапазоны или объединенные диапазоны, для которых невозможно соблюсти это условие. Установленные диапазоны можно сохранить в специальном файле, а потом считать любые из ранее сохраненных (кнопки чтения и записи на бланке).

Установка отведений. Средства корректировки наименования, типа и расположения отведений рассмотрена в п. *Монтаж и пары* разд. 2.2

Биполярные отведения. Пункт *Биполярные* предназначен для переписки исходных записей, регистрируемых в монополярных отведениях, к биполярным отведениям. Биполярный монтаж задается схемой парных связей между отведениями при планировании эксперимента или же в пункте *Отведения*. Операция осуществляется вычитанием сигнала второго отведения в каждой паре из первого отведения в каждой паре. Эта операция не изменяет расположение отведений, а только их наименование, поэтому при необходимости дальнейшего картирования следует вручную скорректировать схему расположения отведений.

Общий референт преобразует записи ЭЭГ к общему референту, а именно: на каждом временном отсчете вычисляется среднее значение ЭЭГ по всем каналам, и из амплитуды каждого канала вычитается это среднее.

Амплитудное нормирование: по каждому каналу вычисляется средняя амплитуда сигнала относительно нуля, затем вычисляется максимальная среди этих амплитуд $Y_{\text{ср-мах}}$. Амплитуды Y по всем каналам изменяются на Y' по формуле $Y' = Y / Y_{\text{ср-мах}} * Y_{25\%}$, где $Y_{25\%}$ — 25% от максимума амплитудной шкалы. Преобразование обеспечивает выравнивание группы записей с сильно различающимися амплитудными уровнями, в результате чего более отчетливо проявляются амплитудные различия между отведениями,

что полезно для выявления топографических различий между группами записей.

Спектральный анализ и картирование

Средства спектрального анализа и картирования объединены общей диалогово–процедурной архитектурой, что выражается:

в интегрировании отдельных близких методов в общие разделы с комплексной визуализацией результатов в специальном окне картирования; в объединении переключателей частотных характеристик, спектральных показателей и режимов в меню анализа ЭЭГ и в контекстном меню картирования (см. рис. 4.52);

в унификации клавиатурных средств работы с результатами анализа.

Первоначальный доступ к методам спектрального анализа ЭЭГ и картирования осуществляется через раздел *Методы* меню анализа ЭЭГ, включающий пункты *Амплитудное картирование*, *Спектры*, *Диапазоны*, *Эпохи*, *Асимметрия*. Последующие переключения режимов и установок удобно производить через меню картирования, вызываемого из активного окна картирования правой кнопкой мыши или клавишей **[ESC]**. При этом в окне картирования сразу же отображаются новые результаты анализа.

При работе в окне картирования действуют также общеоконные операции, рассмотренные в разд. 3.4, а также инструментальные кнопки из третьей строки экрана (см. разд. 1.5), управляющие масштабом амплитуды и сменой эпохи анализа (а также быстрыми клавишами **[+]**, **[-]**, **[<]**, **[>]**).

Амплитудное картирование ЭЭГ (включаемое/выключаемое) кнопкой *АмплКарты* раздела *Методы* (или же быстрыми клавишами **[1]**, **[0]**) полезно для выявления доминантных очагов активности. В правой части экрана выдается окно амплитудной карты, соответствующей текущему положению визира (рис. 4.43). Под картой приводится цветная масштабная шкала. Перемещение визира по монитору записей влечет изменение карты с эффектом ее «оживления».

В случае проставленного маркера картируется абсолютная величина разности амплитуд между маркером и визиром.

При картировании любого показателя может картироваться также и его асимметрия между левым и правым полушарием, т. е. разность значений между симметричными отведениями. Этот режим устанавливается флажком в контекстном меню картирования (см. рис. 4.53).

Спектр. Процедура *Спектр* (быстрый ее запуск осуществляется нажатием клавиш **[1]**, **[1]**) вычисляет поканальные частотные характеристики для текущей эпохи с выдачей на экран монитора их графиков с горизонтальной осью частот (рис. 4.44).

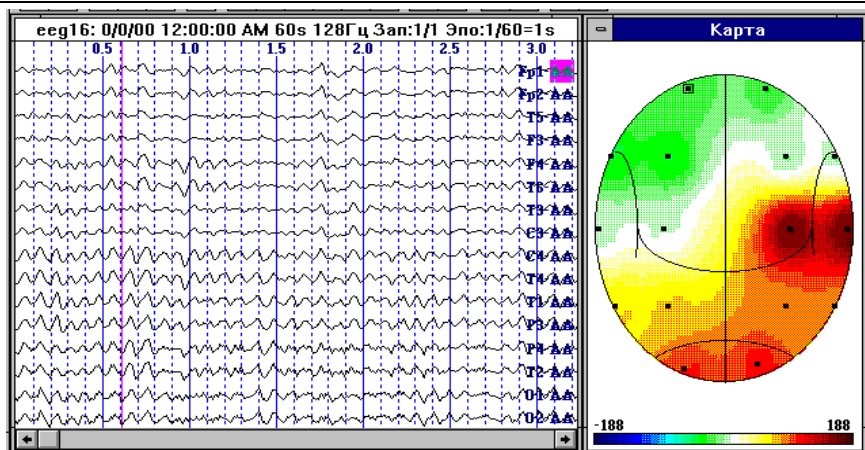


Рис. 4.43. Амплитудное картирование ЭЭГ

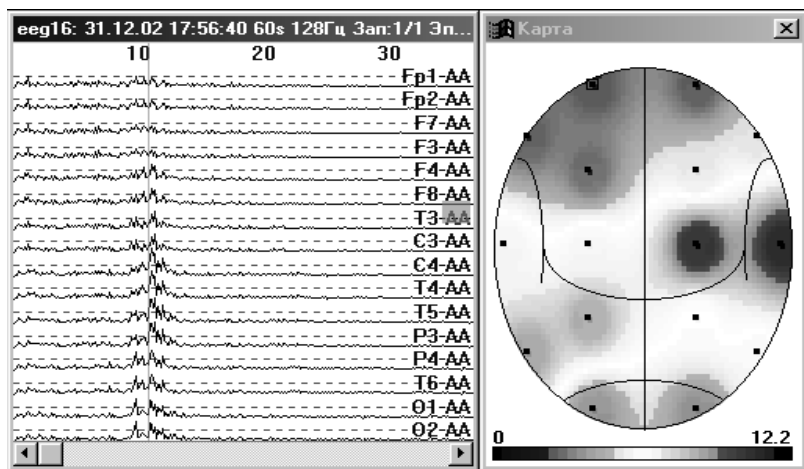


Рис. 4.44. Экран амплитудно–частотных характеристик ЭЭГ с картой

Работа с частотными графиками полностью аналогична работе в мониторе с нативными записями ЭЭГ (см. разд. 3.1) с масштабированием, картированием и измерениями и вычислениями в блокноте (см. разд. 9.4.1). При нажатие на кнопки смены эпохи (или быстрые клавиши $\langle \rangle$), выдаются результаты для следующей эпохи с эффектом «оживления» графиков и карт.

Для картирования вычисленной спектральной характеристики следует предварительно выполнить пункт *Ампл.карта* раздела *Методы* меню анализа ЭЭГ (или же быстрыми клавишами $\langle 1 \rangle$, $\langle 0 \rangle$), а затем уже вычислить спектр. Под картой приводится цветовая масштабная шкала.

При установленном маркере осуществляется картирование абсолютной величины разности амплитуд между маркером и визиром.

Кросс-спектры. Карта кросс-спектральных характеристик содержит изображение связей между отведениями в цветовой шкале соответственно текущим значениям картируемого показателя (рис. 4.45).

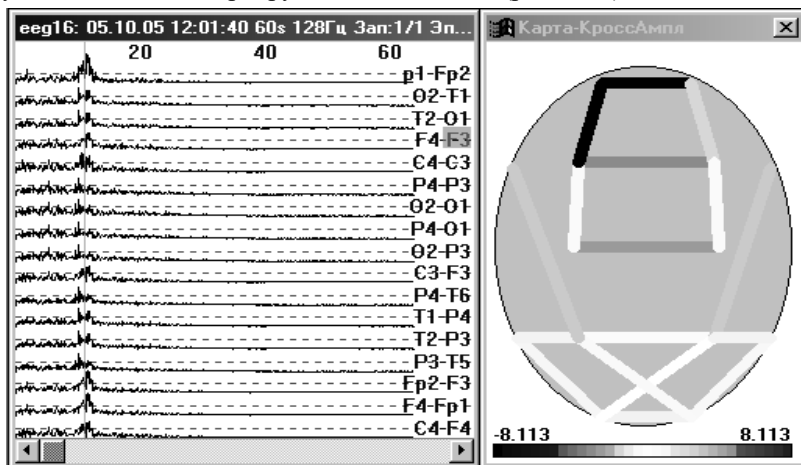


Рис. 4.45. Картирование амплитуды кросс-спектра для заданной схемы парных связей между отведениями

Для вычисления кросс-спектральных характеристик необходимо задание парных связей между отведениями (разд. 2.2). Для вычисления когерентности и амплитуды когерентной мощности необходимо задание числа усредняемых эпох (поле *Усреднить*), желательно не менее 10.

Корреляционная функция. Корреляционный образец для вычисления интервальной корреляционной функции задается маркером и визиром. Для каждой пары отведений (задание пар см. п. *Меню и пары* в разд. 2.2) вычисляется корреляционная функция для второго парного отведения относительно образца первого отведения. На экран монитора выдаются временные графики корреляционных функций в порядке установленных пар отведений и критическое значение корреляции. Если в паре установлено одно и то же отведение, вычисляется автокорреляционная функция.

Диапазоны. Процедура *Диапазоны* по спектру текущей эпохи вычисляет значения установленного обобщенного спектрального показателя ($A_{\text{ср}}$, A_{max} , $F_{\text{ср}}$, F_{max}). В результате в правом окне картирования строятся поканальные столбиковые диаграммы спектрального показателя по частотным диапазонам с картой распределения значений показателя для текущего частотного диапазона (рис. 4.46). Под картой приведена цветовая масштабная шкала с указанием максимального и минимального значений.

По диаграммам перемещаются указатели канала и диапазона, управляемые клавиатурой и мышью. Считанное по указателям значение спектрального показателя выводится в *табло* (см. разд. 3.1) и может быть занесено и обработано в *блокноте* (см. разд. 9.4.1). В заголовке окна указано название спектрального показателя и номер текущей эпохи.

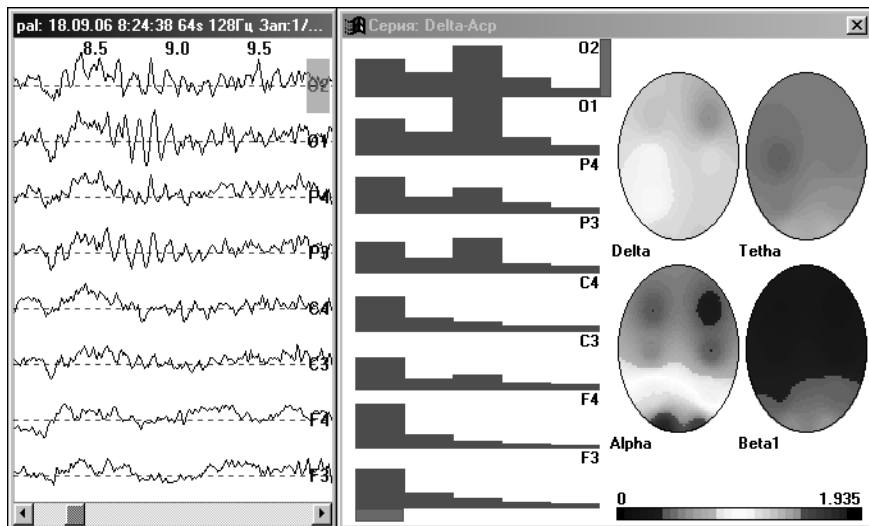


Рис. 4.46. Экран картирования ЭЭГ по диапазонам частот

Пакетная обработка записей. Вычисления можно провести для всех записей текущего архива. Для этого следует вызвать меню выполнения макрокоманд, включить в нем галочку *Все файлы* и выполнить макрокоманду с именем *Asp* (предварительно полезно установить максимальную длину эпохи). Результаты будут записаны в текстовый файл с именем *DiapFiles* в порядке наименований файлов, для каждого файла приводятся значения обобщенного спектрального показателя по первым четырем частотным диапазонам (столбцы) и в порядке отведений (строки).

Анализ эпох. Процедура *Эпохи* вычисляет значения установленного обобщенного спектрального показателя для всех эпох текущей записи. В результате в правом окне картирования строятся поканальные столбиковые диаграммы спектрального показателя по эпохам для установленного частотного диапазона с картой распределения значений показателя для текущей эпохи (рис. 4.47). Под картой приведена цветовая масштабная шкала с указанием максимального и минимального значений.

По диаграммам перемещаются указатели канала и эпохи, управляемые клавиатурой и мышью. Считанное по указателям значение спектрального показателя также выводится в *табло* и может быть занесено в *блокнот*. В заголовке окна указано название спектрального показателя, частотного диапазона и время текущей эпохи. В окне картирования действуют клавиши и кнопки масштабирования диаграмм и карты.

Последней позицией в столбиковых диаграммах является среднее значение спектрального показателя за все эпохи, тем самым последней картой является усредненная карта по всей записи ЭЭГ.

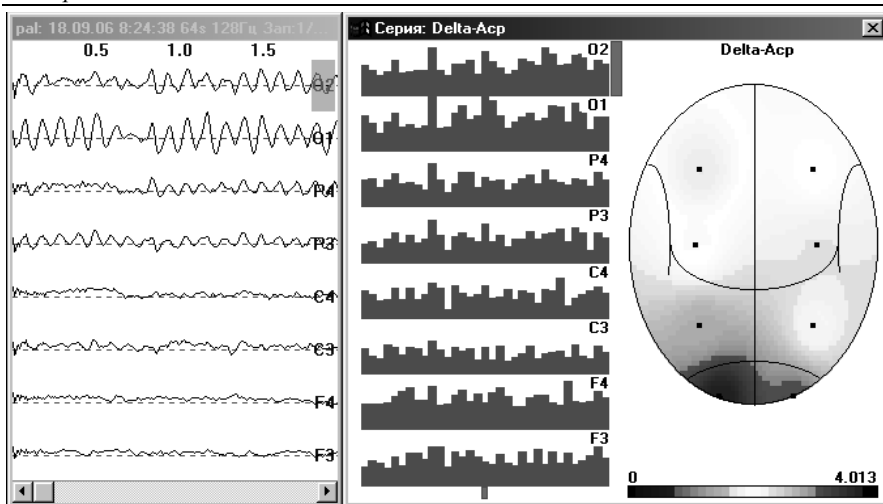


Рис. 4.47. Экран картирования ЭЭГ по эпохам

Анализ асимметрии. При выполнении пункта *Асимметрия* вычисляются разности средних амплитуд ЭЭГ между симметричными отведениями в установленном частотном диапазоне.

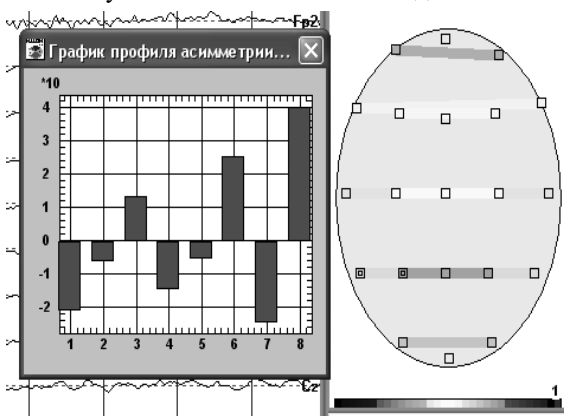


Рис. 4.48. Столбиковая диаграмма и карта асимметрии средних амплитуд ЭЭГ в установленном частотном диапазоне

При этом в зависимости от ответа на последующий вопрос средние амплитуды вычисляются по спектру или по огибающей. В результате выдается столбиковая диаграмма асимметрии в порядке пар отведений и карта асимметрии (рис. 4.48). Нажатием правой кнопки мыши над диаграммой асимметрии ее значения могут быть экспортированы в текстовый файл для дальнейшего анализа.

Анализ синхронности. Пункт *Синхронность* позволяет вычислить оценки синхронности в установленном частотном диапазоне между парами отведений с использованием нескольких показателей, выбор из которых производится по следующему меню (рис. 4.49).

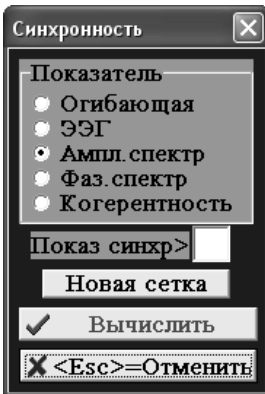


Рис. 4.49. Меню выбора показателя синхронности ЭЭГ

В качестве оценочных показателей могут фигурировать коэффициенты корреляции Пирсона между огибающими ЭЭГ, между нативными ЭЭГ, между амплитудными или фазовыми спектрами или же среднее значение когерентности. Оценки синхронности вычисляются между отведениями, заданными сеткой парных связей. Такие сетки подготавливаются в стандартном текстовом редакторе NOTEPAD и сохраняются в файлах с расширением (типом) .csg в папке CONAN. В каждой строке файла указываются наименования двух отведений очередной пары, разделенные пробелом. Замена установленной сетки на новую производится нажатием кнопки *Новая сетка*, после чего выдается бланк чтения файлов с расширением .csg. Установка поля *Показ синхр* позволяет отображать только значения, большие установленного порога, но не более 0.7. Для вычисления когерентности длина записи должна быть не менее 8 с, тогда эпоха усреднения будет равна 2 с, если число таких эпох в записи больше 16, устанавливается эпоха 4 с.

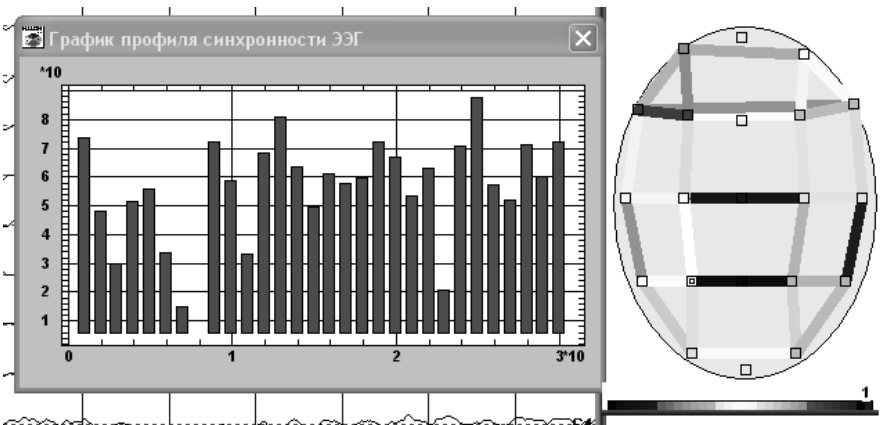


Рис. 4.50. Столбиковая диаграмма и карта оценок синхронности

В результате выдается (рис. 4.50) столбиковая диаграмма оценок синхронности в порядке указанных пар отведений и соответствующая им карта. Нажатием правой кнопки мыши над столбиковой диаграммой оценки синхронности (умноженные на 100) могут быть экспортированы в текстовый файл для дальнейшего анализа.

Данная процедура позволяет вычислять среднюю синхронность по всей записи. В отличие от этого, методы *Диапазоны* и *Эпохи* позволяют вычислять синхронность по отдельным установленным эпохам.

Пакетная обработка записей. Вычисления синхронности можно провести для всех записей текущего архива. Для этого следует вызвать меню выполнения макрокоманд, включить в нем галочку *Все файлы* и выполнить макрокоманду с именем *МКА*. Результаты будут записаны в процентном выражении синхронности в текстовый файл с именем *АКС-“частотный диапазон”* в порядке наименований файлов (столбцы) и в порядке пар отведений (строки).

Режимы картирования. В каждом методе ЭЭГ–анализа доступно три режима картирования, переключаемых по выкидному *меню картирования* (см. далее): одна карта, мультипликация и серия карт.

В режиме *Карта* (исходный режим) на экране экспонируется одна карта, управляемая подвижными указателями.

В режиме *Мультипликация* происходит мультипликационное изменение карты в допустимом диапазоне положения горизонтального указателя: визиера монитора при амплитудном картировании или указателя эпохи при анализе эпох. В анализе диапазонов частот данный режим не действует. Мультипликацию можно повторить нажатием кнопки *Start* из выкидного меню картирования.

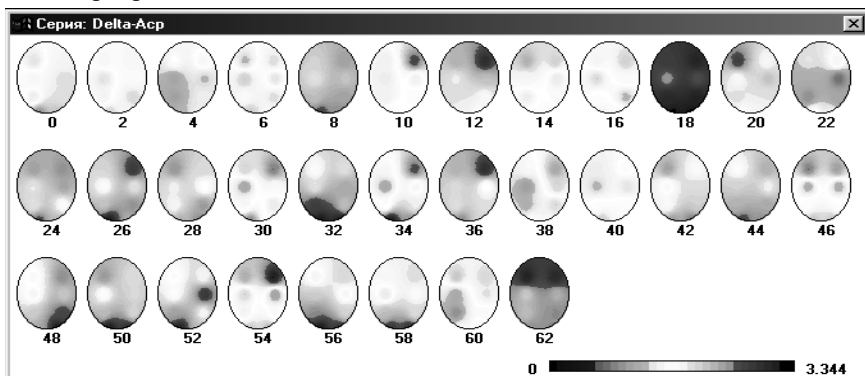


Рис. 4.51. Экран серийного картирования ЭЭГ

Режим *Серия карт* является дополнением к двум вышерассмотренным режимам. На экран выдается последовательность карт в допустимом диапазоне положения горизонтального указателя: визиера монитора при амплитудном картировании или указателя эпохи при анализе эпох (рис. 4.51). Под каждой картой указано начальное время соответствующей эпохи. Если окно картирования не вмещает всех карт, то можно выдать ряд следующие или предшествующие карты клавишами $\boxed{>}$ и $\boxed{<}$.

При картировании амплитуд ЭЭГ и спектров можно увеличить временной или частотный шаг серийного картирования, предварительно изменив горизонтальный масштаб в окне монитора записей.

Меню картирования вызывается из активного окна картирования правой кнопкой мыши или же клавишей \boxed{ESC} и содержит переключатели

режимов и установок спектрального анализа (рис. 4.52) Это очень удобно, поскольку произведенные изменения сразу же запускают соответствующие вычислительные процедуры и их результаты немедленно отражаются в окне картирования. Меню картирования содержит следующие компоненты.

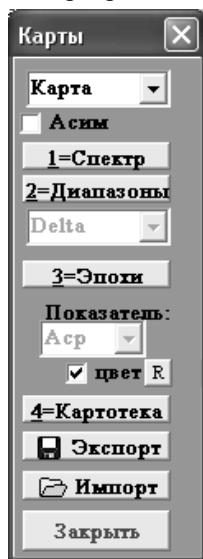


Рис. 4.52. Меню картирования

- выкидной список режимов картирования: *карта, мультипликация, серия*;
- флажок включения/выключения картирования *асимметрии*;
- кнопка *Start* запуска (повторного) мультипликации как из самого режима мультипликации, так и из режима одной карты;
- кнопка *Закреть* для отмены окна картирования и восстановления монитора записей;
- три кнопки переключения методов ЭЭГ-анализа: *Спектр, Диапазоны, Эпохи*;
- выкидной список установки *частотного диапазона* (действует в режимах анализа диапазонов и эпох);
- выкидной список установки обобщенного спектрального показателя: $A_{ср}$, A_{max} , $F_{ср}$, F_{max} ;
- флажок цветного или черно-белого изображения карты;
- кнопка вызова *картотеки* (см. ниже);
- кнопка экспорта результатов в текстовый файл для дополнительного анализа;
- кнопка импорта результатов анализа;
- кнопка вычисления статистических различий спектра (см. ниже).

Меню картирование отменяется клавишей ESC или кнопкой закрытия окна.

Экспорт результатов осуществляется записью в текстовый файл (доступный любому текстовому редактору) и зависит от режима картирования:

при картировании амплитуд сигнала или амплитуд спектра в файл записываются поканальные (в строке) амплитуды сигналов или спектра для последовательных отсчетов горизонтальной шкалы (по строкам) в диапазоне, определенном положением маркера и визира (при отсутствии маркера — во всем диапазоне);

при картировании диапазонов в файл записываются поканальные значения (в строке) спектрального показателя для всех диапазонов (по строкам);

при картировании эпох в файл записываются поканальные значения (в строке) спектрального показателя для всех эпох (по строкам) и значения для усредненной карты (последняя строка).

Импорт результатов осуществляется из текстового файла, структурированного аналогично файлу экспорта результатов.

Картотека

Картотека позволяет создавать архив из отдельных ЭЭГ-карт (амплитудных и спектральных карт и карт по диапазонам частот) в виде файлов типа SAM. В этом архиве можно также производить усреднения карт или сравнивать любую текущую карту с индивидуальной или усредненной картой из архива с выдачей карты Z-оценок и ряда статистик парного сравнения отведений.

Вызов картотеки. Режим картотеки вызывается одноименной кнопкой меню картирования ЭЭГ (см. рис. 4.52), в результате чего на экране появляется меню из 8 пунктов (рис. 4.53).

Чтение — появляется оглавление архива (см. разд. 3.2), в котором необходимо выбрать архивный файл карты для вывода на экран.

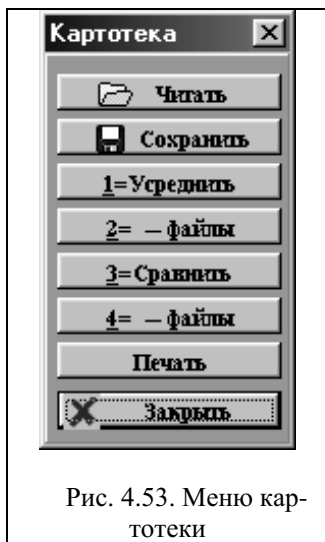


Рис. 4.53. Меню картотеки

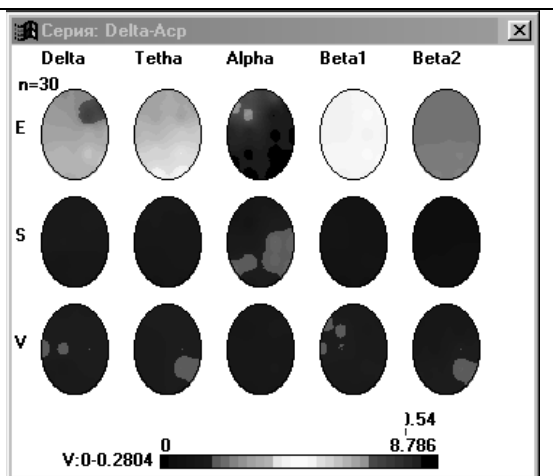


Рис. 4.54. Экран усредненной карты анализа эпох, считанной из картотеки

После выбора файла на экран (рис. 4.54) выдается последовательность карт средних значений E , стандартных отклонений S и коэффициентов вариации V (отношение стандартного отклонения к среднему значению). В режимах анализа по диапазонам частот выдается 10 карт по первым 10 установленным частотным диапазонам. В режимах амплитудной карты и анализа спектра на экране представлена одна карта.

Сохранить — текущая (вычисленная перед вызовом картотеки) карта, карты диапазонов или усредненная карта по эпохам записывается в архив под указанным наименованием (см. разд. 3.2). Помните, что в бланке записи желательно снабдить сохраняемую карту индивидуальным комментарием (для последующего быстрого поиска в архиве), в котором рекомендуется отразить сведения о схеме расположения отведений, частотных диапазонах и прочую полезную информацию.

Усреднить — текущая карта усредняется с файлом карты, выбранным из оглавления архива, с перевычислением средних значений и стандартных отклонений.

Усреднить файлы — производится усреднение карт из двух файлов. Сначала нужно считать первый файл, затем выполнить операцию *Усреднить файлы*, и из оглавления архива выбрать второй файл усредненной карты. Результат усреднения можно затем *сохранить* в новом файле.

Сравнить — производится сравнение экранной (тестовой) карты с картой из файла, выбираемого из архива. На экран (рис. 4.55) выдается серия тестовых карт *T*, серия эталонных карт из архива *E* и серия карт *Z*–оценок. Масштаб цветовой шкалы двух рядов карт и карт *Z*–оценок указан внизу на цветной линейке.

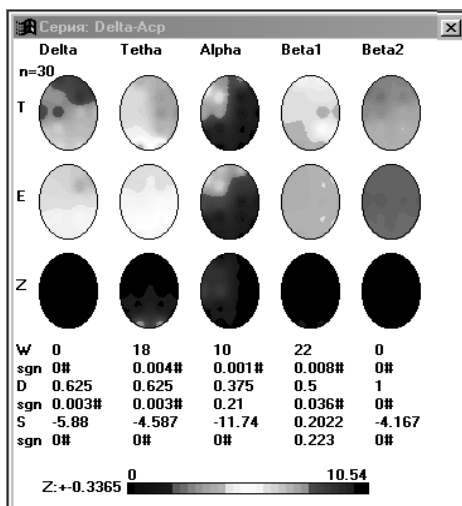


Рис. 4.55. Экран статистического сравнения карт

В режимах анализа по диапазонам частот серия карт представляет карты по первым 10 частотным диапазонам. В режимах амплитудной карты и анализа спектра на экране представлена одна колонка карт. В качестве сравниваемых выборок выступают значения анализируемого показателя по отведениям для тестовой и эталонной карт. В режиме серийного картирования тестовой является карта текущей эпохи.

Под картами приводятся значения трех непараметрических критериев: парного критерия Вилкоксона *W* различия средних, критерия интегральных различий Колмогорова–Смирнова *D*, коэффициента корреляции Спирмана *S*. Для каждого критерия указывается уровень значимости *sgn*. Обычно при *sgn*>0.05 принимается нулевая гипотеза об отсутствии различий между сравниваемыми картами. В противном случае (при наличии различий) после уровня значимости ставится дополнительная пометка «#».

Под картами приводятся значения трех непараметрических критериев: парного критерия Вилкоксона *W* различия средних, критерия интегральных различий Колмогорова–Смирнова *D*, коэф-

Сравнить файлы — производится сравнение карт из двух файлов. Сначала нужно считать первый файл, затем выполнить операцию *Сравнить файлы*, и из оглавления архива выбрать второй файл усредненной карты.

Печать — выдача на печать окна картирования.

Выйти — закрытие окна картирования.

Внимание! Операции усреднения и сравнения прерываются в случае несовпадения в обоих картах числа и наименования отведений, числа частотных диапазонов, режима анализа и анализируемого спектрального показателя (совпадение монтажа и границ частотных диапазонов программа не контролирует).

При работе с картотекой действуют также общеоконные операции, рассмотренные в разд. 3.4.

Периодометрический анализ

Периодометрический анализ ЭЭГ в выбранном частотном диапазоне производится по нажатию одноименной кнопки меню анализа ЭЭГ или же по последовательному нажатию клавиш [1], [5] в мониторе записей. В зависимости от ответа на последующий вопрос анализ проводится по всем отведениям или же по текущему отведению.

При анализе по всем отведениям в окно диагноза (рис. 4.56) в порядке отведений выдаются следующие показатели:

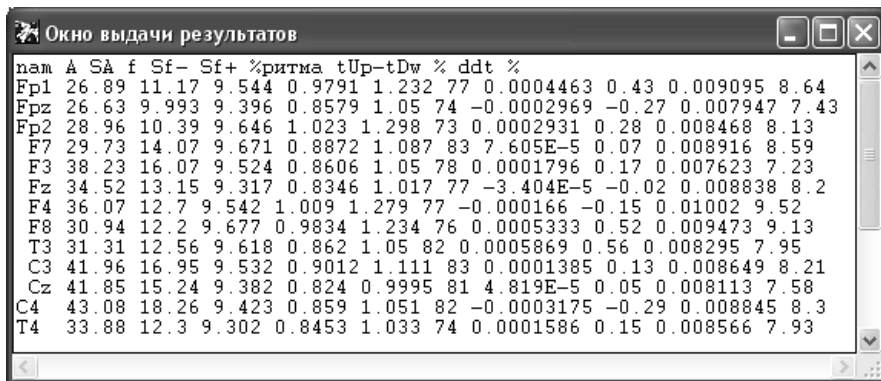


Рис. 4.56. Результаты периодометрического анализа по всем отведениям

- nam — наименование отведения;
- A, SA — средняя амплитуда и ст.отклонение;
- f, Sf-, Sf+ — средняя частота и интервал в одно ст.отклонение;
- %ритма — процент содержания ритма;
- tUp-tDw, % — асимметрия волн, средняя разность между длительностью восходящих и нисходящих участков и ее процентное отношение к среднему периоду;
- ddt % — средняя нестабильность периодов соседних волн и ее процентное отношение к среднему периоду.

При анализе по текущему отведению выдаются два графика (рис. 4.57). На верхнем графике изображена гистограмма распределения амплитуд ритма: по вертикальной оси — частота встречаемости в процентах, по го-

ризонтальной оси — значения амплитуды сигнала в максимумах выделяемого ритма.

Нижний график представляет гистограмму распределения периодов ритма: по вертикальной оси — частота встречаемости в процентах, по горизонтальной оси — частоты соответственно наблюдаемым периодам ритма.

Под графиками приводятся пять числовых показателей:

- процент содержания анализируемого ритма в записи;
- процент модулированного ритма среди выделенного ритма;
- средняя нестабильность между соседними периодами в герцах;
- среднее значение и среднеквадратичное отклонение амплитуды и частоты ритма.

Гистограммы с графиков могут быть экспортированы в файл или буфер обмена.

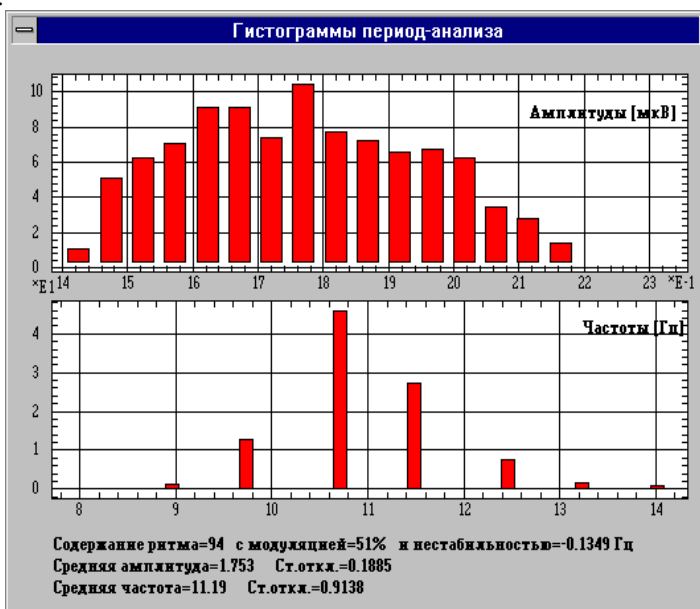


Рис. 4.57. Гистограммы распределения амплитуд и периодов ритма

Нормопатологический диагноз

Нормопатологическая классификация ЭЭГ по Е.А. Жирмунской представляет собой автоматически формируемое словесное заключение на стандартную пробу «закрытые глаза». Анализ производится в первых четырех из установленных диапазонов частот, интерпретируемых как дельта-, тета-, альфа- и бета-1 диапазоны. Для получения заключения выполните пункт *Диагноз* в меню анализа ЭЭГ или же последовательно нажмите клавиши [1], [4] в мониторе записей.

Результаты. В диагнозе даются словесные оценки главной частотной компоненты ЭЭГ, дифференциальных характеристик альфа-, бета-, тета- и дельта-активностей, зональных различий и асимметрии, очаговых изменений, а также нормопатологической классификации ЭЭГ.

Заключение выдается в окно текстового редактора (рис. 4.58), средствами которого можно скорректировать и расширить имеющееся заключение (см. разд. 3.5).

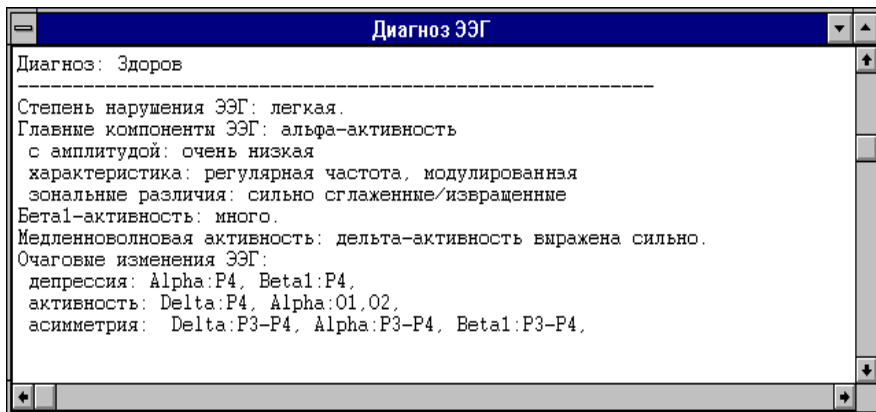


Рис. 4.58. ЭЭГ–заключение

Трехмерная локализация ЭЭГ–источников

Назначение. Пакет трехмерной локализации источников электрической активности головного мозга *BrainLoc* создан и развивается с 1989 г. Ю.М. Коптеловым и А.И. Округом с использованием метода В.В. Гнездицкого [5]. Пакет решает следующие основные задачи:

локализация источников патологической ЭЭГ–активности при эпилепсии, травмах, инсультах, опухолях;

локализация источников вызванных потенциалов, волновых паттернов, генераторов ритмической активности.

Вызов программы *BrainLoc* осуществляется кнопкой *Локализация* из меню анализа ЭЭГ (см. рис. 4.41) или быстрой клавиши [C]. Перед этим следует отметить в активной записи интересующий участок с двух сторон маркером и визиром, тогда после вызова *BrainLoc* автоматически будет введен для анализа выделенный участок (рис. 4.59). Другой возможностью является предварительная запись всего файла в архив в формате *BrainLoc* (см. разд. 3.2), тогда после вызова *BrainLoc* необходимо будет считать записанный файл из архива.

Программа *BrainLoc* (в случае ее включения в поставку CONAN) должна быть установлена в папке \CONAN\BL.

5.4. Усреднение и анализ ВП

Перед усреднением ВП следует просмотреть нативные записи ЭЭГ и удалить артефактные, обычно состоящие в резком зашкаливании амплитуд сигнала.

Усреднение ВП

Постановка задачи. В исследованиях вызванных потенциалов существует огромное разнообразие методов выделения ВП, основанных на усреднении избранных участков ЭЭГ.

Так уже сами нативные записи ВП могут включать участки предстимульного и постреактивного фона, используемые для коррекции нулевой линии, а стимулы могут быть одиночными, серийными или ритмическими, предъявляемыми в случайной или детерминированной последовательности, а также иметь различную модальность: предупредительный, сигнальный, исполнительный, подтверждающий, отменяющий и др.

Сам же процесс усреднения может производиться безусловно или же с автоматической или ручной режекцией участков, испорченных артефактами, со случайным отбором записей или в зависимости от модальности стимула, его направленности (левый–правый, верхний–нижний и пр.), форме, цвету, тону, наличию, правильности и латентности реакции, ВП ожидания, ориентировочные или моторные и многие другие.

Решение. Очевидно, что такое разнообразие требовало структурирования, обобщения и создания некоторого универсального механизма усреднения. Такой механизм, реализованный в 1993 г., базируется на целом комплексе новых понятий и установок: опорная точка, эпоха и условие усреднения с определением множества их необходимых значений и обозначений, с использованием формульного ввода, предварительной фильтрации, усиления результата, режекции артефактов и др.

Бланк усреднения и анализа ВП (рис. 5.29) вызывается из пунктов *Анализ–ВП* верхней командной строки или из монитора нажатием быстрой клавиши [7]. Он содержит два раздела: *Усреднение* и *Пики*. Раздел усреднения содержит несколько позиций ввода определяющих параметров: опорная точка, эпоха, фильтрация, усиление, условие отбора записей и других.

Опорная точка представляет собой некоторое событие, от которого базируется усреднение. Она может быть задана выбором из выпадающего списка (с ручной заменой параметра i на его нужное значение) из следующего набора возможностей:

Ti — время от начала записи в секундах i , например: $T0.2 = 200$ миллисекунд;

Si — наличие входного дискретного сигнала по каналу $i=1-8$, или подача выходного дискретного сигнала по каналу $i=9-16$ (см. разд. 9.4.5), например: $S5$ — появление сигнала по пятому входному каналу; $S12$ — появление сигнала по четвертому выходному каналу;

Ii — наличие заданного шестнадцатеричного кода $i=1-FF$ на входных дискретных каналах;

Oi — наличие заданного шестнадцатеричного кода $i=1-FF$ на выходных дискретных каналах;

Mi — наличие метки исследователя по аналоговому каналу $i=1-32$ (метки ставятся из пункта *Вычисления* верхней командной строки или клавишей [F6]);

Ei — выделенный экстремум по аналоговому каналу номер $i=1-32$ (выделение экстремумов осуществляется в меню полиграфа, см. разд. 9.4.3);

Ci — коррелят по аналоговому каналу $i=1-32$, коррелят означает участок записи, аналогичный исходно заданному образцу, помеченному с двух сторон маркером и визиром;

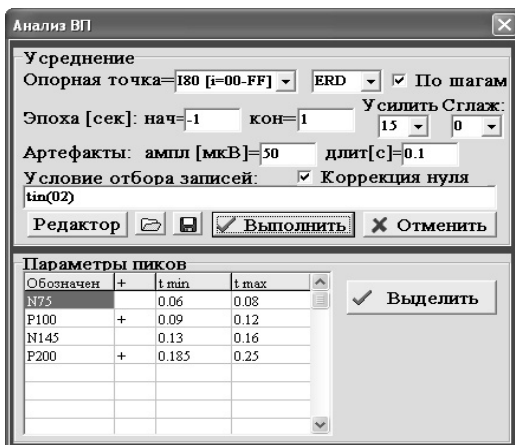


Рис. 5.29. Бланк параметров анализа ВП

Эпоха усреднения или участок усредняемой записи базируется относительно опорной точки и задается в двух полях: начало и конец эпохи в секундах. Если какая-либо граница эпохи лежит влево от опорной точки, то она задается с отрицательным знаком. Длина эпохи не должна превосходить длины записей считанного файла. Щелчок мышью по полю конца эпохи приводит к установке эпохи, начинающейся с нуля и заканчивающейся на 5% ранее конца текущей записи.

Коэффициент усиления может принимать значения от 1 до 10, что часто бывает необходимо для поддержания требуемого уровня разрешения результата по амплитуде, поскольку при многократном усреднении амплитуда результата может значительно понизиться.

Фильтрация. В случае большой зашумленности записей бывает полезно до каждого усреднения производить Фурье–фильтрацию нативной записи для удаления шумов в заданном диапазоне частот, границы которого задаются в герцах в двух полях ввода. Это нередко позволяет достигнуть удовлетворительного результата при значительно меньшем числе усреднений и снизить уровень шумов в усредненном ВП.

Режекция артефактов. Для автоматического исключения из процесса усреднения записей, содержащих артефакты, следует установить значения двух определяющих параметров:

- минимальный уровень амплитуды артефакта;
- минимальный временной интервал артефакта.

Артефактная запись не будет использована для усреднения, если в ней присутствует всплеск, у которого на заданном интервале амплитудный уровень превосходит заданное значение.

Артефактные записи можно удалить и вручную: предварительно просмотреть их все в рабочем файле ЭЭГ (используя клавиши [] и [] для перехода к следующей или предыдущей записи) и удалить те записи (клавишей [Del]), в которых наблюдаются артефакты.

Условие отбора записей для усреднения задается в виде логической функции, определяющей, какие записи необходимо усреднять, а какие не включать в усреднение. Условие можно ввести непосредственно в поле ввода с клавиатуры или же сформировать средствами специального редактора формул (см. разд. 9.4.4) при нажатии на кнопку *Редактор* в бланке усреднения. В условии можно использовать следующие переменные, операции и функции (где параметр k — любое алгебраическое выражение, определяющее номер канала):

– + * / ^ () — алгебраические операции и скобки;

ABS, INT, SQR, SGN, EXP, LN, LOG — алгебраические функции;

&, | — логические И, ИЛИ;

<, >, <=, >=, =, <> — операции отношения;

$a \text{ MOD } b$ — модуль числа a по основанию b , т. е. остаток целочисленного деления a на b ;

$ABS(a)$ — абсолютное значение числа a ;

i — обозначение текущего канала;

$irec$ — порядковый номер записи;

$a(k,t)$ — значение амплитуды сигнала [мкВ] на канале номер k в момент времени t [с];

$te(k)$ — время [с] выделенного экстремума на канале номер k ;

$tm(k)$ — время [с] метки, проставленной на канале номер k ;

$ts(k)$ — время [с] дискретного сигнала с номером k (входные сигналы нумеруются от 1 до 8, а выходные сигналы от 9 до 16);

$tin(k)$ — время появления на дискретном входе кода k , где k может быть задано десятичным числом или же кодом вида $\$<16\text{-ричный код}>$;

$tout(k)$ — время появления на дискретном выходе кода k (аналогично);

$amax(k,t1,t2)$ — значение максимальной амплитуды сигнала [мкВ] на канале номер k в интервале времени $t1-t2$ [с];

$amin(k,t1,t2)$ — значение минимальной амплитуды сигнала [мкВ] на канале номер k в интервале времени $t1-t2$ [с];

Примеры:

1. Чтобы выбрать для усреднения каждую десятую запись, условие формулируется следующим образом: $irec \text{ MOD } 10=0$, т. е. остаток от деления номера записи на десять будет равен нулю (это выполняется для записей с номерами 10, 20, 30, ...).
2. $ts(4)-ts(1)<0.5$ & $ts(2)=0$ — усреднить записи, в которых интервал между стимулом (здесь сигнал 1) и правильной реакцией (сигнал 4) меньше 0.5 с и нет ошибочной реакции (сигнал 2).
3. $amax(4,tm(2),te(3))>25$ — максимальная амплитуда записи по каналу 4 в интервале от метки по каналу 2 до экстремума по каналу 3 больше 25 микровольт.

Другие элементы. В бланке усреднения (рис. 5.29) присутствуют также следующие элементы:

- фонарик *По шагам*: при его включенном состоянии усреднение будет производиться пошагово с визуальным представлением каждого результата усреднения и запросом продолжения, в противном случае процесс усреднения будет выполнен до конца с выдачей окончательных графиков результата;
- кнопка *Редактор* для ввода условия усреднения (см. разд. 9.4.4);
- кнопка *Чтение* для ввода из архива ранее сохраненных значений параметров усреднения (см. разд. 3.2);
- кнопка *Запись* для сохранения в архиве текущих значений параметров усреднения — таким образом в архиве можно образовать целый набор различных установок усреднения, исключив тем самым необходимость их каждоразового рутинного ручного ввода; однако, чтобы уверенно ориентироваться в таком архиве, перед каждой записью установок полезно снабдить их индивидуальным комментарием в бланке записи (см. разд. 3.2);

- кнопка *Утвердить* для запуска усреднения;
- кнопка *Отменить* для отмены усреднения;
- выкидной список выбора типа ВП: ERP/ERD/ERS.

ERP/ERD/ERS. Кроме рассмотренных выше классических когнитивных ВП (ERP — event related potential) в последние 20 лет стали изучаться ВП синхронизации (ERS) и десинхронизации (ERD)¹. Парадигма здесь следующая. Поскольку считается, что ЭЭГ является суммой постсинаптических потенциалов (ПСП), то амплитуда колебаний ЭЭГ увеличивается при большей синхронности изменения ПСП, что можно оценить вычислением усредненного по записям значения амплитуды ЭЭГ ($УсЗА$) на некотором интервале. При предъявлении значимого стимула $УсЗА$ может возрастать (ERS) или уменьшаться (ERD) относительно фона, причем эти изменения могут различаться в зависимости от частотного диапазона. Для выделения ERS/ERD усредняются абсолютные значения отфильтрованной в выбранном частотном диапазоне ЭЭГ. Амплитуды результата усреднения y_i нормируются относительно их среднего значения $М_{уф}$, вычисленного на интервале, заданном в качестве фона: $y_i\% = (y_i - М_{уф}) / М_{уф} * 100\%$. Положительные значения $y_i\%$ представляют ERS, отрицательные – ERD.

Если в бланке усреднения ВП (рис. 5.29) выбрано ERD/ERS, то в следующем бланке можно выбрать или изменить частотные границы фильтрации ЭЭГ, а также задать временной интервал фоновой ЭЭГ для вычисления $М_{уф}$.

Выполнение усреднения. Если установлен режим пошагового усреднения, то после усреднения очередной записи на экран выдается промежуточный результат усреднения и запрос на продолжение усреднения с указанием числа просмотренных и усредненных записей (рис. 5.30).

После усреднения число записей в файле устанавливается равным числу произведенных усреднений со знаком минус. Поэтому, если при чтении файла данных вы видите отрицательное число записей — это является признаком произведенных усреднений.

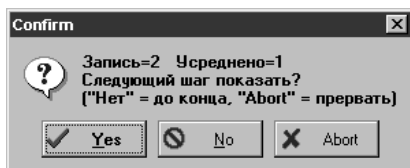


Рис. 5.30. Меню продолжения усреднения

Отдельные файлы усредненных ВП можно далее также усреднять между собой соответствующей операцией из меню *Преобразований* (см. разд. 9.4.2).

Для визуального сравнения различных ВП полезно создавать дополнительные окна (команды *Конструк-*

¹ G. Pfurtschellera, F.H. Lopes da Silva. Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. *Clinical Neurophysiology*. (1999). 110:1842–1857.

Debora Brignani et al. Event-related power modulations of brain activity preceding visually guided saccades. *Brain research*. (2007) 1136:122–131.

тор—Создать_окно) и переносить туда результаты усреднения из монитора через буфер обмена.

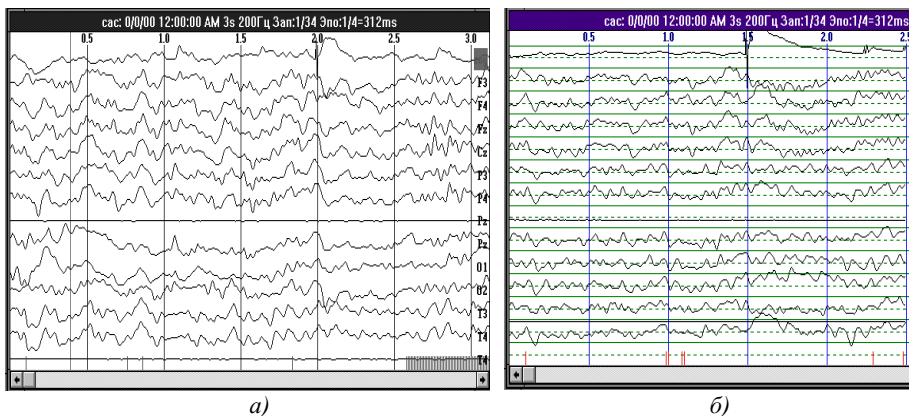


Рис. 5.31. Когнитивные ВП типа CNV на световые стимулы: *а* — запись ЭОГ и 12 каналов ЭЭГ; на канале 1 проставлена метка в начале движения глаз; внизу вертикальными штрихами отмечены моменты подачи предупредительного, сигнального и исполнительных (частые) стимулов; *б* — результат усреднения 34 записей относительно движения глаз, видны характерные медленные и быстрые «волны ожидания»

Предстимульный фон. Часто в каждой записи ВП присутствует начальный участок предстимульного фона, предназначенный для коррекции нуля записи ВП. При необходимости коррекции нуля результата усреднения установите в бланке усреднения расширенную эпоху, включающую и участок записи предстимульного фона, а после завершения усреднения выделите участок фона с двух сторон маркером и визиром и выполните операцию коррекции нуля из пункта *Установки* верхней командной строки.

Пример 1. Пусть для когнитивных ВП (рис. 5.31) усреднение необходимо базировать относительно начала движения глаз (ЭОГ записана по каналу 1), а эпоха усреднения простирается на 1.5 с до и на 1 секунду после этой опорной точки. Тогда предварительно надо вручную отметить начало каждого движения глаз редакторской меткой. После этого в бланке усреднения следует установить: опорная точка = M1, эпоха = -1.5, 1, усиление = 1.

В результате операции усреднения в первой записи файла данных будет образована усредненная запись ВП (рис. 5.31б), а число записей в файле изменится на отрицательное значение, равное числу выполненных усреднений.

Пример 2. Для слуховых коротколатентных ВП (рис. 5.1а) звуковой щелчок выполняется в начале записи. Учитывая длительность каждой записи 10 мс, в бланке усреднения следует установить: опорная точка = T0, эпоха = 0. 0.01, усиление = 5.

Анализ ВП

Последующий анализ усредненных ВП часто состоит в ручном измерении латентностей и амплитуд характерных пиков (см. разд. 3.1), нередко дополняемом их ЭЭГ–картированием (см. разд. 4.5) и трехмерной локализацией источников ВП (см. разд. 4.5).

Для ВП, достаточно стабильных по латентности, измерения могут быть выполнены автоматически. В нижней части меню анализа ВП (см. рис. 5.29) располагается таблица установок пиков ВП, включающая четыре позиции:

- обозначение пика;
- признак положительного пика (отмечается символом «плюс»);
- левая и правая временные границы расположения пика.

Ввод значений в бланк осуществляется вручную, как в обычную электронную таблицу.

Архив. Введенные в бланк параметры сохраняются от вызова к вызову и от сеанса к сеансу. Содержимое бланка может быть запомнено в дисковом архиве по нажатию кнопки с пиктограммой записи, после чего появляется стандартный бланк чтения–записи (см. разд. 3.2). Таким образом может быть сформирован целый архив различных установок для выделения пиков разных типов ВП. Вызов установок из архива в бланк параметров осуществляется нажатием кнопки с пиктограммой чтения, после чего появляется стандартный бланк чтения–записи (см. разд. 3.2).

Результаты. При нажатии на кнопку *Выполнить* производится поиск и выделение пиков согласно установленным параметрам, и в окно редактора результатов (см. разд. 3.4) выдаются амплитуды и латентности пиков в порядке отведений (рис. 5.32).

Результаты									
МГУ им. М. В. Ломоносова – каф. ВНД									
Дата: 0/0/00, время: 12:00:00 AM									
Пациент: г.р.:									
Группа: Сотрудник Проба: Закритие глаза									
Диагноз: Здоров									
Пик	Fp1	Fp2	F72	F32	Fz2	F42	F82	T32	C32
Амплитуды									
P1	6.986	10.01	36.98	51.98	47.97	18.95	5.96	69.96	66.98
N1	22.03	61.02	38.01	1.026	10.01	27.02	47.04	25.01	18.03
P2	8.989	11.04	56.96	56.96	47	40.99	38.98	77.97	81
N2	24.04	56.03	65.02	40.01	62.04	31.02	50.02	66.05	83.05
P3	3.957	1.954	11.04	47	32.98	18.95	10.01	4.006	1.026
N3	100	100	100	100	90.47	100	787.9	662.3	100
F4	100	100	100	100	1482	915.1	1345	938.4	95.65
Латентности									
P1	0	0.0437	0.1	0.1	0.1	0.0437	0.0375	0.1	0.1
N1	0.112	0.0812	0.0437	0.0312	0.0812	0.0812	0.0812	0.05	0.075
P2	0.131	0.131	0.131	0.125	0.143	0.125	0.131	0.118	0.118
N2	0.343	0.25	0.25	0.25	0.256	0.25	0.25	0.25	0.25
P3	0.418	0.418	0.431	0.443	0.437	0.449	0.443	0.456	0.443

Рис. 5.32. Окно выдачи параметров пиков ВП

6.5. Средства анализа

Требования к записи. Число кардиоинтервалов (КИ) в анализируемой записи должно быть не менее трех. Запись ЭКГ желательно проводить в спокойном, расслабленном состоянии, в сидячем или лежачем положении. ФВЧ биоусилителя устанавливается равным 0.5 или 1 Гц. При записи ЭКГ в движении необходимо особо надежно фиксировать электроды на теле пациента, чтобы не допустить их перемещений.

Особенности алгоритма. Алгоритм разметки кардиоинтервалов (используемый во всех режимах анализа) надежно работает в записях, где R зубцы отличаются по совокупности двух параметров (перепад амплитуды и крутизна переднего и заднего фронтов) от других пиков. Такие условия должны выполняться, по крайней мере, на текущем канале.

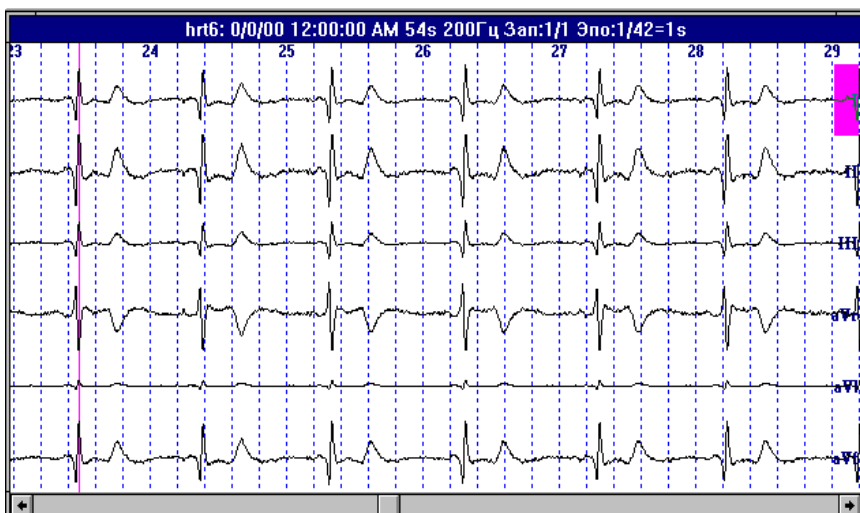


Рис. 6.31. Вид записи ЭКГ в мониторе CONAN

Для повышения надежности предварительно производится фильтрация записи специальным *скользящим окном*, позволяющим увеличить R зубцы

и нивелировать все остальные пики¹. В случае нетипичного вида ЭКГ (например, у различных животных) имеется возможность настройки параметров этого окна (см. в конце разд.).

Перед анализом автоматически производится коррекция дрейфа нуля на каждом КИ по положениям *PQ* площадок. Типичная многоканальная запись ЭКГ в мониторе изображена на рис. 6.31.

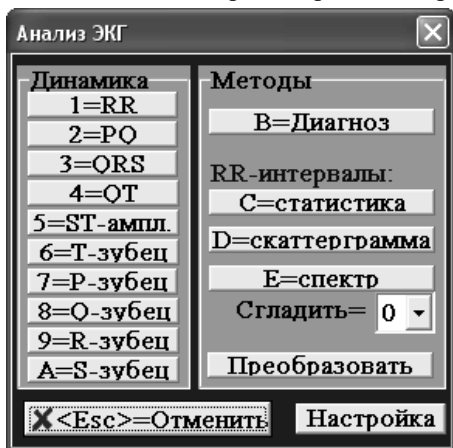


Рис. 6.32. Меню анализа ЭКГ

Редактирование записи.

Перед анализом полезно убедиться в стабильности работы алгоритма распознавания *R* зубцов на текущей записи, построив интервалограмму. В случае корректной работы алгоритмов этот график не будет иметь резких высокоамплитудных выбросов. При наличии выбросов, вызванных артефактами (зашкалы вследствие движений пациента, пропадание *R* зубцов, плохое наложение электродов), такие КИ надо удалить из записи по *R* зубцам. В ряде случаев можно использовать и более тонкие

методы ручной коррекции: увеличение амплитуды некоторых *R* зубцов (блок преобразований, разд. 9.4.2), уширение *R* зубцов (операцией *Спрямить* из меню, вызываемому клавишей $\boxed{\text{Del}}$, рис. 3.1).

Меню анализа. Для анализа кардиограммы следует выполнить пункты *Анализ-ЭКГ* верхней командной строки или же нажать клавишу $\boxed{2}$. В результате появится меню анализа ЭКГ (рис. 6.32) с двумя разделами: *Методы* (куда включены процедуры комплексного анализа ЭКГ) и *Динамика* (для исследования временной динамики отдельных показателей).

В случае выполненной записи ЭКГ по системе двух отведений (*I, III*) или же по системе 3–8 отведений (*I, III* и CF_i , $i=1-6$) нажатие на кнопку *Преобразовать* вызывает переход к традиционной системе: 6 отведений (*I, II, III, aVR, aVL, aVF*) или 12 отведений (дополненная грудными отведениями V_i , $i=1-6$).

Динамика. В результате анализа временной динамики отдельных показателей выдается график (рис. 6.33) изменения выбранного ЭКГ-показателя (*RR*-, *PQ*-, *QRS*-, *QT*-интервалы или амплитуды *ST*-сегмента и *P*-, *Q*-, *R*-, *S*-, *T*-зубцов) в зависимости от порядкового номера КИ (ось *X*) для записи текущего канала. Поэтому перед исполнением

¹ См.: Волхонская Т. А., Василега А.Г., Матеев С.М., Ревенский А.И. Алгоритм выделения последовательности *R-R*, *R-T* и *T-T* интервалов и математическое обеспечение их анализа // Медицинская кибернетика. ИК АН УССР. Киев: 1978.

пунктов из раздела *Динамика* указатель канала следует установить на требуемый канал записи ЭКГ–отведения. Под графиком указаны среднее значение, стандартное отклонение и текущее значение анализируемого показателя. График изменения длительности кардиоинтервалов (КИ) называется *интервалограммой*.



Рис. 6.33. График динамики изменения амплитуды *ST* сегмента

Работа с визиром. По графику динамики можно двигать вертикальную синюю линию—*визир* — указатель текущего положения (клавишами перемещения курсора или мышью) для измерения характерных значений. При двойном щелчке мышью по графику запись ЭКГ на мониторе сдвигается к соответствующему КИ. Это удобно для просмотра на записи ЭКГ участков, для которых на графике динамики наблюдаются различного рода отклонения.

Диагноз. Данная процедура может быть использована в клинических исследованиях и включает обобщенный анализ с выдачей словесной диагностики отклонений от нормы. Ее применение рассчитано на записи, выполненные в многоканальной системе. Однако этот же режим может быть применен и к любой одноканальной записи ЭКГ, тогда в диагнозе отражается только информация для текущего канала.

Результаты выдаются в стандартное *окно диагноза* (рис. 6.34) и их можно скорректировать и дополнить средствами ручного редактирования и выдать на печать (см. разд. 3.5). В этом окне после заголовочной информации следует таблица, в которой приведены средние, максимальные и минимальные значения интервальных параметров [мс], среднее ЧСС, положение электрической оси сердца и средние амплитудные значения пиков [мкВ] для тех каналов записи, которые имеют обозначения стандартных отведений *I, II, III, aVR, aVL, aVF, V_i, i=1–6*. Средние значения показателей вычисляются не статистически, а как среднее между максимальным и минимальным значениями, поэтому результаты могут несколько отличаться от результатов анализа отдельных показателей в случае отличия распределе-

ния от симметричного. В случае одноканальной записи ЭКГ или нестандартных обозначений отведений результаты анализа выдаются только для текущего канала, ЭОС не вычисляется.

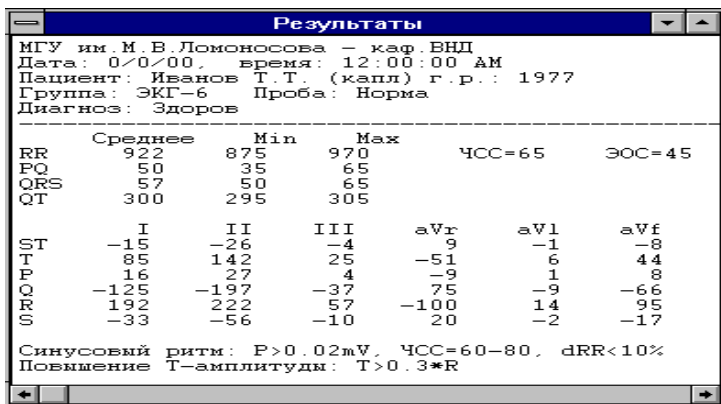


Рис. 6.34. Результаты ЭКГ-диагноза

Следующим в окне диагноза идет словесное заключение об отклонениях избранных ЭКГ-характеристик от нормы: тип ритма (аритмия, тахикардия, брадикардия), положение электрической оси сердца (ЭОС), вольтаж, гипертония, *ST*, *T*, *QRS*, *PR*, *PQ*, *P*, *R*, *S*, *RR* отклонения. Каждая диагностика сопровождается пояснением с указанием соответствующих пороговых значений параметров.

Основная цель словесного заключения — не заменить врача, а освободить его от рутинного предварительного анализа записи и обратить его внимание на те отклонения, которые требуют более детального экспертного исследования.

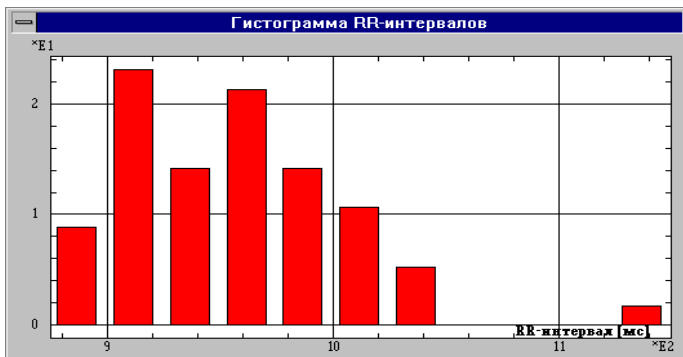


Рис. 6.35. Гистограмма распределения КИ

Статистика. Эта процедура реализует метод вариационной пульсометрии, включая построение гистограммы (рис. 6.35) с вычислением статистических и специальных показателей, выдаваемых в окно диагноза (рис.

6.36). Гистограмма выдается в стандартном диапазоне 0.4–1.4 с размером бина 50 мс.

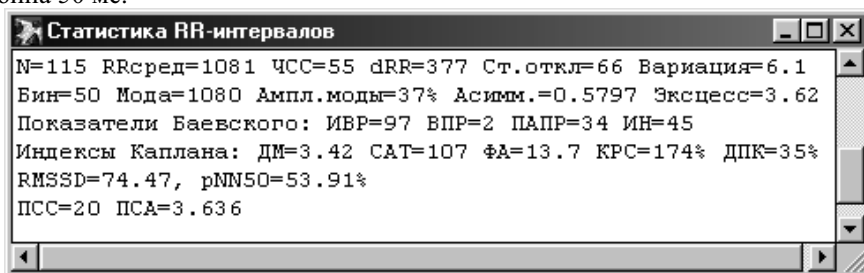


Рис. 6.36. Показатели распределения КИ

Нередко возникает необходимость вычисления статистики для всех файлов текущего архива. Для автоматизации такой работы полезно сформировать специальную макрокоманду, а при ее исполнении в меню (см. рис. 1.22) включить фонарик *Все файлы*. Для переноса накопленных результатов для специального анализа во внешние пакеты можно преобразовать выдачу в табличную форму, вызвав контекстное меню окна результатов (см. разд. 3.5) и выполнив из него операцию *В таблицу*.

Скаттерграмма. На диаграмме рассеяния КИ (рис. 6.37) каждой точкой представлено соотношение длины предыдущего и последующего кардиоинтервала: X -координата — предыдущий интервал; Y -координата — последующий интервал. На графике изображается также эллипс рассеяния с осями размером в два стандартных отклонения в направлении диагонали и перпендикуляра к ней. Вверху графика выдаются значения этих стандартных отклонений a , b и их отношение a/b . Скаттерграмма может быть выдана в стандартном диапазоне 0.4–1.4 с (для удобства сравнения разных скаттерграмм) или же в своем собственном диапазоне наблюдаемой вариабельности КИ (для более подробного представления).



Рис. 6.37. Скаттерграмма

Спектрограмма. После выполнения пункта *Спектр* выдается бланк установки анализируемых частотных диапазонов. Обычно при спектральном анализе используются три частотных диапазона с границами 0–0.04, 0.04–0.15 и 0.15–0.4 Гц.

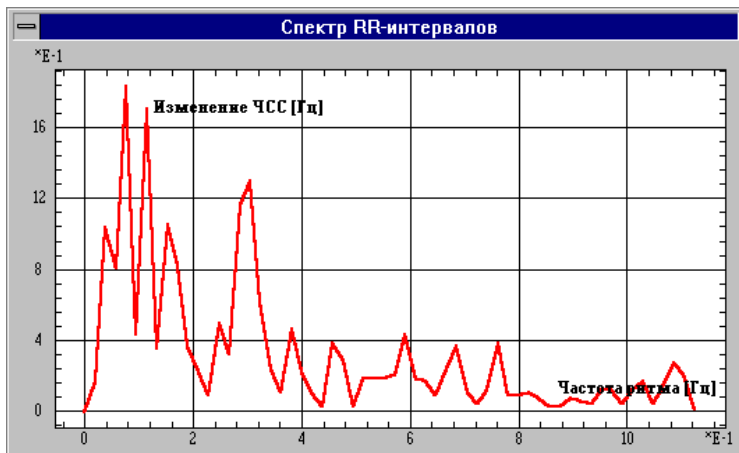


Рис. 6.38. Спектрограмма

В результате выводится график спектра КИ (рис. 6.38), где по вертикальной оси расположена амплитуды гармонических составляющих [мс], а по горизонтальной оси — их частоты. Установка поля *Сгладить* позволяет заданное число раз сгладить спектр скользящим окном шириной в три точки.

Под графиком в окне диагноза (рис. 6.39) приводятся следующие показатели для последовательных частотных диапазонов: амплитуда A_{max} и период T_{max} максимального пика; средняя амплитуда A_{cp} ; средневзвешенный период T_{cp} ; мощность спектра (в процентах) по отношению к суммарной мощности диапазонов; мощности LF- и HF-диапазонов по отношению к их суммарной мощности; отношение мощностей LF- и HF-диапазонов.

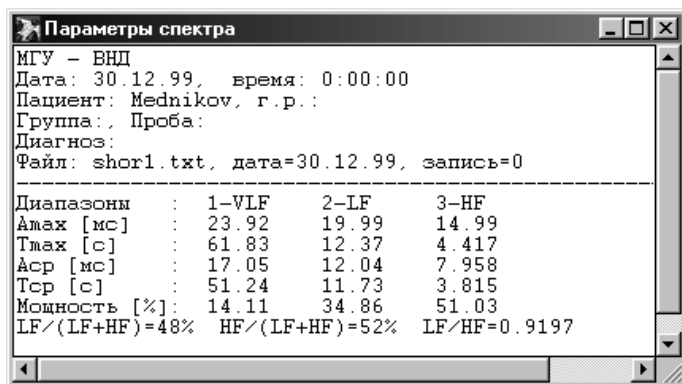


Рис. 6.39. Спектральные показатели

Нередко возникает необходимость вычисления статистики для всех файлов текущего архива. Для автоматизации такой работы полезно сформировать специальную макрокоманду, а при ее исполнении в меню (рис. 1.22) включить фонарик *Все файлы*. Для переноса накопленных результатов для специального анализа во внешние пакеты можно преобразовать выдачу в табличную форму, вызвав контекстное меню окна результатов (см. разд. 3.5) и выполнив из него операцию *В таблицу*.

Анализ внешних КИ. Нередко исследователь уже имеет ряд кардиоинтервалов, измеренных некоторым внешним способом (например, в холтеровском мониторинге) и хранимых в дисковом файле. Такие КИ также можно обработать вышерассмотренными средствами, для чего нужно подготовить текстовый файл (см. требования в разд. 3.2), в котором исходные КИ следует выразить целыми числами с размерностью 1 мс, затем вставить в начале этого ряда следующие пять значений: 1) обозначение отведения; 2) калибровочное значение, превышающее максимальный КИ; 3)–5) три одинаковых значения, превышающие калибровочное. Затем в CONAN следует считать полученный файл, установить частоту дискретизации 1000 Гц (в меню планирования исследования, рис. 2.1, которое затем отменить), после чего можно выполнять любой из методов анализа ВСР.

Таким же образом можно проанализировать и очень длительную регистрацию ЭКГ, состоящую из многих последовательно выполненных записей. Для этого по каждой записи надо построить интервалограмму, с каждого графика выполнить экспорт значений в текстовый файл (контекстное меню вызывается правой кнопкой мыши). Затем в любом внешнем редакторе объединить полученные файлы, отредактировать результат в соответствии с вышесприведенными требованиями и выполнить анализ внешних КИ.

Настройка алгоритма. Алгоритм выделения R-зубцов надежно работает для большинства записей ЭКГ человека. Однако ЭКГ животных и в некоторых патологических состояниях человека записи могут существенно различаться по форме и частоте зубцов (рис. 6.40).

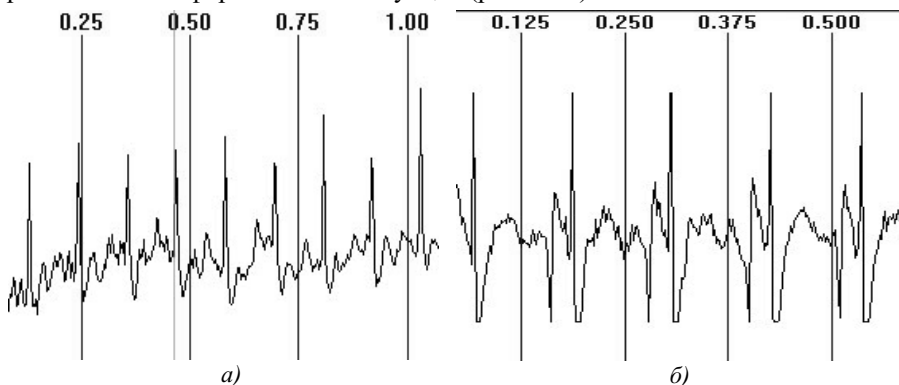


Рис. 6.40. ЭКГ животных: а — мышь; б — птенца перепелки

Для того чтобы перестроить алгоритм в таких случаях, в меню анализа ЭКГ (см. рис. 6.32) есть кнопка *Настройка*, которая вызывает бланк установок (рис. 6.41). В этом бланке имеется четыре настраиваемых параметра:

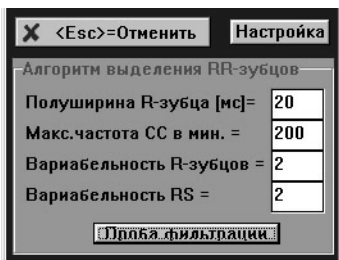


Рис. 6.41. Бланк настройки алгоритма выделения R -зубцов

dR — средняя полуширина R -зубца в мс (длина RS -интервала);
 $maxCC$ — максимальная ЧСС в мин;
 aR — коэффициент вариабельности амплитуды R -зубцов;
 tRS — коэффициент вариабельности длительности RS -интервала

Для человека хорошо работают следующие установки: $dR=20$, $maxCC=200$, $aR=2$, $tRS=2$. Для проверки эффективности вновь установленных значений можно проконтролировать результат фильтрации R зубцов, нажав на нижнюю кнопку бланка. Затем следует повторить контроль по интервалограмме. Нередко настройка параметров может потребовать несколько таких проб и переустановок.

7.4. Методы и средства анализа

В данном разделе рассмотрены средства анализа *одноканальной* (РКГ, РГГ, РВГ, РЭГ, ТРГ), *двухканальной* (РЭГ, РВГ) в симметричных отведениях от головы или конечностей и *многоканальной* реограммы (РЭГ, ТРГ). В любом случае реозапись должна сопровождаться одновременной записью

ЭКГ (в любом отведении от конечностей) по третьему каналу для надежно-го выделения реоволн.

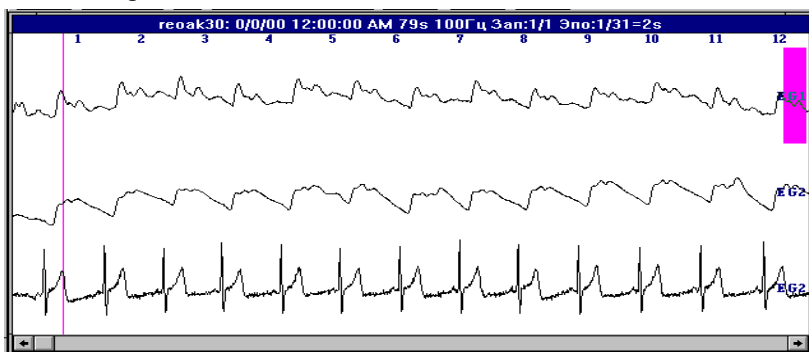


Рис. 7.19. Пример записи РГ от височной области и предплечья совместно с ЭКГ (внизу)

Средства анализа позволяют вычислить значения наиболее употребительных показателей с указанием вариаций их значений и отклонений от нормы, с вычислением асимметрии между правым и левым отведениями и построением графиков изменения их значений во времени. Типичное изображение реограммы в мониторе записей приведено на рис. 7.19.

Меню анализа. Анализ реограммы производится выполнением пунктов *Анализ-РГ* из верхней командной строки (или клавишей $\boxed{4}$), в результате чего появляется меню анализа (рис. 7.20) с двумя разделами: *Методы* и *Динамика*.

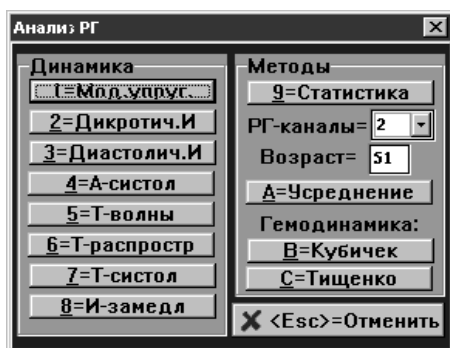


Рис. 7.20. Меню анализа реограммы

В раздел *Методы* включены процедуры комплексного анализа РГ-волн: *статистика*, *усреднение* и *гемодинамика*. Перед их использованием в ниже расположенных полях ввода следует указать число РГ-отведений (одно, два или четыре) и возраст пациента для определения отклонений от нормы.

Перед выполнением любого метода полезно предварительно визуально просмотреть реозапись и в случае необходимости средств

ручного редактирования оставить в ней для анализа фрагмент (включающий не менее 7–10 реоволн) со стабильными, неискаженными реоволнами без артефактов. Полезно также убедиться в стабильности работы алгоритмов анализа на текущей записи, построив график изменения кардиоинтервалов по третьему каналу (см. *Динамика* в разд. 6.5). В случае корректной работы алгоритмов этот график не будет иметь резких высокоам-

плитудных выбросов. В противном случае следует сгладить ЭКГ или удалить артефактные интервалы.

Дополнительные средства работы с окнами результатов анализа рассмотрены в разд. 3.4, 3.5.

Статистический анализ. В результате статистического анализа по индивидуальным РГ-волнам в окно диагноза выдается таблица значений основных реографических показателей (рис. 7.21), в которой приведены средние значения следующих показателей:

- модуль упругости;
- дикротический индекс;
- диастолический индекс;
- реографический индекс;
- длительность реоволны;
- время распространения реоволны;
- время магистрального систолического наполнения;
- индекс замедления кровенаполнения: отношение времени быстрого кровенаполнения к времени медленного кровенаполнения;
- время быстрого кровенаполнения;
- время медленного кровенаполнения;
- время диастолического максимума;
- индекс перенапряжения регуляторных систем *ИПС*; для его вычисления нужно ввести время распространения реоволны в состоянии покоя; регистрацию проводят с использованием датчика фотоплетизмограммы, наложенного на палец руки;
- число реоволн в записи.

Статистика реограммы								
МГУ им. М.В. Ломоносова – каф. ВНД								
Дата: 0/0/00, время: 12:00:00 AM								
Пациент: Алекс П.К. г.р.: 1947								
Группа: РГ-2 рука-голова Проба: Спокойное состояние								
Диагноз: Здоров								
Показатель	P1	СтО	норма	P2	СтО	норма	Асимм	норма
Модуль упругости	10.14	0.02	мН	13.39	0.28		-0.13	бН
Дикротич. индекс	43.04	2.9		100.5	1.69	бН	-0.4	бН
Диастолич. индекс	107.3	10.09	бН	212	8.82	бН	-0.32	бН
Ампл. систол. волни	8.07	144.4		7.28	168.3		0.05	
Длительность волни	1.01	0.21		1.01	0.2		0	
Время распространен	0.14	0.03	мН	0.13	0.02	мН	0.03	
Время систолич. волни	0.1	0.02		0.13	0.29		-0.13	бН
Индекс замедления	0.76	0.14		0.5	0.06		0.2	бН
Время быстр. наполн.	0.04	0.03		0.03	0.01		0.14	бН
Время медл. наполн.	0.06	0.01		0.09	0.3		-0.2	бН
Время диастол. волни	0.63	0.27	бН	0.69	1.02	бН	-0.04	
Реоволн=76								

Рис. 7.21. Таблица значений РГ-показателей

Для каждого показателя имеется три колонки: *P1* — среднее значение; *СтО* — стандартное отклонение; *норма* — признак отклонения среднего значения от нормы (*бН* — больше нормы, *мН* — меньше нормы).

В случае двухканальной реозаписи приводятся также три аналогичных колонки для второго отведения (*P2*, *СтО*, *норма*) а также значение коэффициента асимметрии *Асимм*, вычисляемого по формуле: $(P1 - P2) / (P1 + P2)$,

и признак отклонения его от нормы (δH или mH в зависимости от выхода за верхнюю или нижнюю границы нормы).

Если требуется проанализировать отдельный участок записи, то его необходимо предварительно выделить с двух сторон маркером и визиром и удалить все вне этого участка.

Примечание. Некоторые результаты анализа на первый взгляд могут показаться странными, например, индекс замедления обычно отличается от отношения времени быстрого наполнения ко времени быстрого опорожнения. Однако это является следствием усредненных вычислений, когда результат деления средних двух рядов статистически не совпадает со средним отношений элементов этих же двух рядов.

Анализ усредненной волны. В данном режиме по индивидуальным РГ-волнам, существующим в записи, вычисляется усредненная РГ-волна и в специальное окно выдается ее график (красный) совместно с графиками первой (зеленый) и второй (голубой) производных (рис. 7.22).

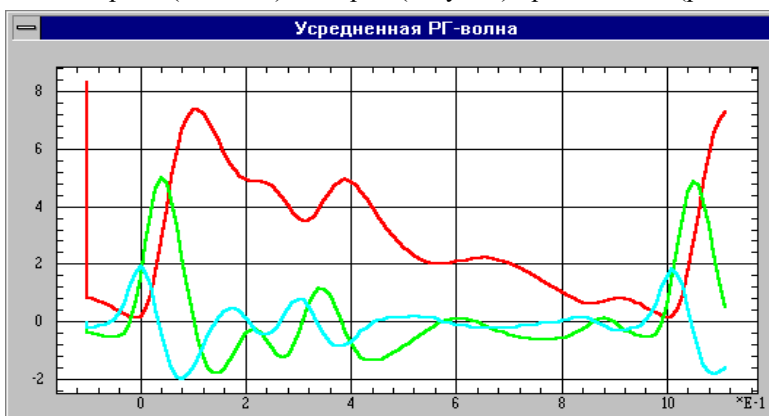


Рис. 7.22. График усредненной РГ-волны с первой и второй производными

Под графиками в окне редактора диагноза (см. разд. 3.5) приводится таблица числовых результатов, включающая (рис. 7.23):

- положение характерных точек первой производной на временной оси от начала РГ-волны: первого и второго максимума ($Max1$, $Max2$) и первого минимума ($Min1$);
- положение характерных точек второй производной: первого–третьего максимума ($Max1$ – $Max3$), первого и второго минимума ($Min1$, $Min2$);
- средние значения основных показателей (аналогично статистическому анализу);
- значение индекса функционального резерва, вычисляемого как разность между амплитудой первого отрицательного пика второй производной и третьим и четвертым пиками, деленная на амплитуду первого пика.

Показатели усредненной РГ-волны	
Производная:	Max1=0.04 Min1=0.27 Max2=0.34
Ускорение:	Max1=0 Min1=0.07 Max2=0.17 Min2=0.23 Max3=0.3
Дикротич.И=	54.81 Диастолич.И=117.1
А-систола=	7.557 А-диастола=4.706
Т-волны=	1.04 И-замедления=0.6667
Т-систола=	0.1 Т-диастола=0.36
Модуль упругости=	9.615 И-функц. резерва1.042

Рис. 7.23. Показатели усредненной РГ-волны

Особенности алгоритма. При усреднении каждая реоволна приводится посредством пропорционального растяжения или сжатия к длине средней реоволны с коррекцией дрейфа нулевой линии.

Начало очередной РГ-волны определяется как положение локального минимума, после которого сигнал монотонно нарастает до максимума. В качестве инцизуры принимается положение локального минимума после главного максимума или начало выполаживания сигнала при отсутствии минимума. В качестве дикротического зубца берется положение следующего за инцизурой максимума, а при отсутствии такового — начало спада сигнала после выполаживания.

Гемодинамика.

Пациент	
Эритроциты=	4.5
<input type="checkbox"/> гематокрит	
Давление=	90
Расстояние=	35
Вес=	70
Рост=	170
Охват=	90
Пол=	m
<input checked="" type="checkbox"/> Утвердить	

Рис. 7.24. Бланк пациента

Показатели гемодинамики	
Показатель	Значение
Баз. сопр=	31
Ударный объем	32.72
Минутный объем	2.08
Сердечный индекс	1.149
Должный объем	5.486
МО/ДО%	37
Общ. периф. сопр.	4546
Удель. периф. сопр.	121.8
Мощн. сокращ. СМ.	1.908

Рис. 7.25. Показатели гемодинамики

Исследование гемодинамики производится при тетраполярной регистрации реограммы от тела пациента при интегральной реокардиографической регистрации по методу Кубичика или методу Тищенко в зависимости от выбора в меню анализа реограммы (см. рис 7.20) и схемы наложения электродов. При этом появляется экранный бланк (рис. 7.24), в котором необходимо указать дополнительные сведения о пациенте: количество эритроцитов в крови, среднестатистическое давление, расстояние между электродами [см], вес [кг], рост [см], охват груди [см] и пол и нажать кнопку *Утвердить*. Под первым полем ввода в бланке пациента находится фонарик гематокрита. При его включенном состоянии в поле ввода вводится значение гематокрита, в противном случае — количество эритроцитов.

После этого в окно редактора диагноза выдается таблица значений основных показателей (рис. 7.25): ударный, минутный и должный объемы, сердечный индекс и процентное отношение минутного объема к должному, общее и удельное периферическое сопротивление, мощность сокращения сердечной мышцы.



Рис. 7.26. График изменения дикротического индекса

Динамика. При анализе динамики отдельных показателей в специальное окно выдается график изменения выбранного показателя во времени (рис. 7.26) для записи текущего канала (поэтому перед исполнением пунктов из раздела *Динамика* указатель канала следует установить на требуемый канал записи реограммы — отведение). Под графиком указаны: среднее значение, стандартное отклонение и текущее значение анализируемого показателя.

По графику можно двигать вертикальную синюю линию-визир — указатель текущего положения (клавишами перемещения курсора или мышью) для измерения характерных значений. При нажатии клавиши `[Ins]` (или же исполнения пункта *Монитор* выкидного меню) нативная реозапись на мониторе сдвигается к соответствующей РГ-волне, поэтому, убрав график в сторону, можно визуальнo изучить экстремальные реоволны.

Требования к записи. Реограмма должна быть записана в правильной полярности, когда систолический зубец имеет положительную амплитуду.

Для записей, в которых форма реоволн нерегулярна или искажена высокочастотными колебаниями, бывает полезно предварительное сглаживание или фильтрация сигнала.

Изменение границ нормы. Нормативы РГ-показателей находятся в текстовом файле REO.NRM, доступном для изменения средствами любого текстового редактора. Этот файл включает последовательность строк, отвечающих конкретным показателям (рис. 7.27, точкой с запятой отделены комментарии).

14 45 100 ;возраст
10 27 12.4 18.2 11.8 13.4 ;Мод.упруг
40 50 42.8 49.6 56 68 ;Диркот.И
70 80 56.8 61.4 63 75 ;Диаст.И
0 0 0 0 0 ;Асис
0 0 0 0 0 ;Тволны
0.1 0.24 0.16 0.24 0.1 0.24 ;Траспростр
0 0 0 0 0 ;Тмах
0 0 0 0 0 ;Изамедл
0 0 0 0 0 ;Тбыст
0 0 0 0 0 ;Тмедл
0.1 0.12 0.089 0.107 0.143 0.22 ;Тсистол
0 0 0 0 0 ;Тдиа
0 0 0 0 0 ;Ифункрез
0 0.2 0 0.09 0 0.15 ;Асим

Рис. 7.27. Файл REO.NRM нормативов
РГ

Другие реографические нормативы, дифференцированные по типу исследования и пациентам, можно найти в [21].

В первой строке перечислены правые возрастные границы групп. В каждой следующей строке приведены парами левая и правая границы нормы показателя в порядке перечисленных возрастных групп. Если границы не определены, то им приписаны нулевые значения. Поэтому каждому исследователю легко отредактировать данный файл, приспособив его к своим задачам, а именно: изменить конкретные границы каждого показателя или ввести дополнительные возрастные группы (за исключением добавления и перестановки строк).

8.2. Средства регистрации

Регистрация ЭМГ проводится на частотах опроса от 500 до 10 000 Гц на интервалах 50–100 мс. Коэффициенты усиления при регистрации М- и Н-ответов устанавливаются на уровне 500–800, а при регистрации ПД — на уровне 20 000–50 000.

Управление стимулятором может производиться по протоколу (см. разд. 10.1) или вручную. Ниже рассмотрены две типовые методики исследования М-ответов на редкую и частую ритмическую стимуляцию.

Редкая стимуляция. Данная методика позволяет регистрировать М-ответы с высоким разрешением на стимулы, следующие с интервалом 1 с. В течение такого удлиненного интервала исследователь может вручную градуально увеличивать уровень раздражителя или длительность стимула, определяя положение минимального и максимального порогов. Досрочный останов исследования производится клавишей `[Esc]`. Отдельные М-ответы располагаются в последовательных записях, поэтому для их совместной визуализации и сравнимости в блоке редактора полезно их предварительно слить в одну запись. Внизу приводятся установочные параметры и протокол плана исследования, содержащиеся в файле EMG-S.

Параметры:

- число отведений — 1;
- частота оцифровки сигнала — 5 кГц;
- интервал наблюдения — 50 мс;
- частота стимуляции — 1 Гц;
- длительность стимула — 10 мс;
- число реализаций — 1000;
- управляющий выход АЦП (электростимулятор) — 1.

Протокол:

№	Действие	Объект	Условие	Ждем
1	Цикл=1000			
2	Включить	Запись		Да
3	Включить	УпрСиг=1	Да	
4	Выкл.	УпрСиг=1	Время=50	Да
5	Выкл.	Запись	Время=200	Да
6	Цикл=5			
7	Пауза		Время=1000	Да
8	Повторить			
9	Повторить			

Ритмическая стимуляция. Данная методика позволяет со средним разрешением регистрировать М-ответы на стимулы, следующие с частотой 20 Гц (50 мс) сериями длительностью 1 с и с интервалами между сериями 10 с. Досрочный останов исследования производится по клавише \boxed{Esc} . М-ответы одной серии располагаются в одной записи файла данных, а М-ответы последовательных серий — в последовательных записях. Установочные параметры и протокол плана исследования содержатся в файле EMG-R.

Параметры:

- число отведений — 1;
- частота оцифровки сигнала — 1 кГц;
- интервал наблюдения — 50 мс;
- частота стимулов в серии — 20 Гц;
- длительность стимула — 10 мс;
- интервал между сериями — 10 с;
- число серий — 100;
- управляющий выход АЦП (электростимулятор) — 1.

Протокол:

№	Действие	Объект	Условие	Ждем
1	Цикл=100			
2	Включить	Запись		Да
3	Цикл=20			
4	Включить	УпрСиг=1		Да
5	Выкл.	УпрСиг=1	Время=10	Да
6	Пауза	Время=40		Да
7	Повторить			
8	Выкл.	Запись		Да
9	Цикл=10			
10	Пауза		Время=1000	Да
11	Повторить			
12	Повторить			

Вызванные кожно-симпатические потенциалы (ВКСП) являются синонимом кожно-гальванической реакции (см. разд. 9.2) и определяются изменением кожного сопротивления в ответ на электрическую, болевую, звуковую и др. стимуляцию. Регистрация ВКСП возможна при наложении электродов на любой участок кожи, где имеются потовые железы. Расстояние между электродами составляет порядка 15–20 см.

Параметры:

- число отведений — 2–4;
- частота оцифровки сигнала — 100 Гц;
- эпоха анализа — 5 с;
- электрическая стимуляция осуществляется вручную клавишей \boxed{I} ;
- длительность стимула — 0.05 с;
- число реализаций — 5;

- управляющий выход АЦП — 1.

План эксперимента находится в файле ESSP.

Протокол:

№	Действие	Объект	Условие	Ждем
1	Цикл=5			
2	Включить	Запись	Клавиша=1	Да
3	Включить	УпрСиг=1	Время=5	Да
4	Выкл.	УпрСиг=1	Время=5	Да
5	Выкл.	Запись	Время=495	Да
6	Повторить			

Нестимуляционная миография. Запись поверхностной ЭМГ обычно производится на частоте от 200 до 300 Гц в состоянии релаксации или физической нагрузки. Основными анализируемыми и сравниваемыми показателями является средняя амплитуда и мощность ЭМГ–сигнала, вычисляемые по нативной записи или по амплитудному спектру на отдельных участках записи, во временной эволюции и в отдельных частотных диапазонах.

Запись внутримышечной ЭМГ производится на частотах от 1 до 5 кГц. Анализ состоит в визуальном изучении записи, ручных измерениях длительностей и амплитуд ПДЕ, с накоплением их в блокноте и с последующим статистическим анализом с построением гистограмм распределения этих показателей.

8.3. Средства анализа и практикум

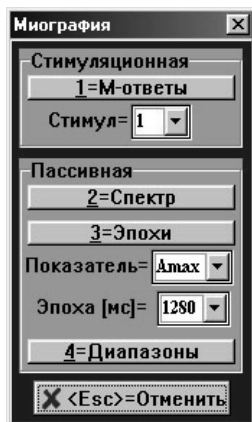


Рис. 8.6. Меню анализа ЭМГ

Средства анализа ЭМГ сосредоточены в меню *Анализ ЭМГ*, вызываемом из пункта *Анализ* верхней командной строки или клавишей [Э]. Это меню имеет разделы стимуляционной и пассивной ЭМГ (рис. 8.6). Та и другая ЭМГ обычно регистрируется с частотой дискретизации от 500 Гц до 1 кГц.

Анализ М-ответов. Данный пункт предназначен для анализа М-ответов (как электрических, так и механических — регистрируемых тензодатчиками) на электрический раздражитель. При планировании исследования необходимо включить режим регистрации дискретных сигналов. В том случае, если подача электростимула осуществляется не программно от управляющего порта АЦП, а вручную или автономно, следует инженерно предусмотреть, чтобы включение стимула отмечалось сигналом

в некотором бите входного дискретного порта, а снятие этого бита производилось через 20–50 мс, независимо от длительности стимула. В таком случае из выкидного списка *Стимул* в меню анализа ЭМГ следует установить номер входного дискретного сигнала включения стимула (1–8)

или же номер выходного управляющего сигнала (9–16). Типичная запись М-ответов приведена на рис. 8.7.

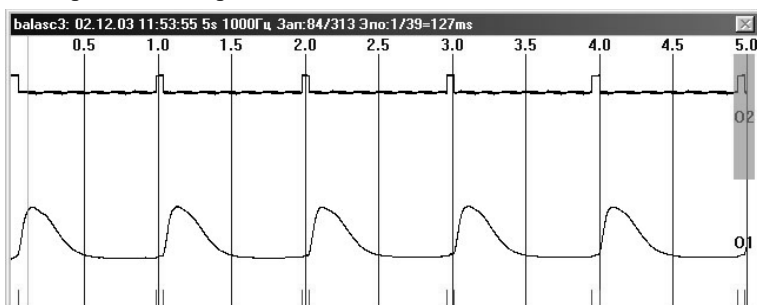


Рис. 8.7. Запись пяти М-ответов (канал 2) на электрический раздражитель (канал 1) с отметками дискретных управляющих сигналов (внизу)

При выполнении операции *М-ответы* для всех имеющихся в текущей записи М-ответов вычисляются и заносятся в блокнот (рис. 8.8) следующие параметры: X — латентность М-ответа относительно стимула [с] (начало М-ответа определяется по максимуму второй производной); Y — максимальная амплитуда М-ответа [мкВ] относительно его начала; dX — длительность М-ответа [с] (конец М-ответа определяется по началу увеличения амплитуды), dY — порядковый номер М-ответа (полезен для построения временной диаграммы в блокноте); S — площадь М-ответа, вычисляемая как сумма амплитуд [мкВ], приведенная к временному интервалу 1 с (средством умножения на шаг дискретизации — это позволяет сравнивать результаты, записанные с разной частотой дискретизации).

Блокнот					
N	X	Y	dX	dY	S
1	0.045	92.15	0.547	1	24.97
2	0.052	92.02	0.575	2	25.38
3	0.052	90.68	0.633	3	25.05
4	0.045	94.28	0.606	4	25.82
5	0.052	88.48	0.597	5	25.14
6					

Рис. 8.8. Блокнот с параметрами М-ответов

В блокноте последовательно накапливаются результаты произведенного анализа каждой проанализированной записи. Это позволяет планировать эксперимент, состоящим из многих записей, а затем в любом порядке накапливать результаты их анализа в блокноте, после чего пользоваться всеми там имеющимися аналитическими возможностями (см. разд. 9.4.1). Поэтому перед началом накопления нового пакета ЭМГ-данных блокнот следует обнулить.

Процедуры анализа пассивной ЭМГ работают с записями миоактивности в состоянии релаксации или же при различных физических напряжениях (рис. 8.9).

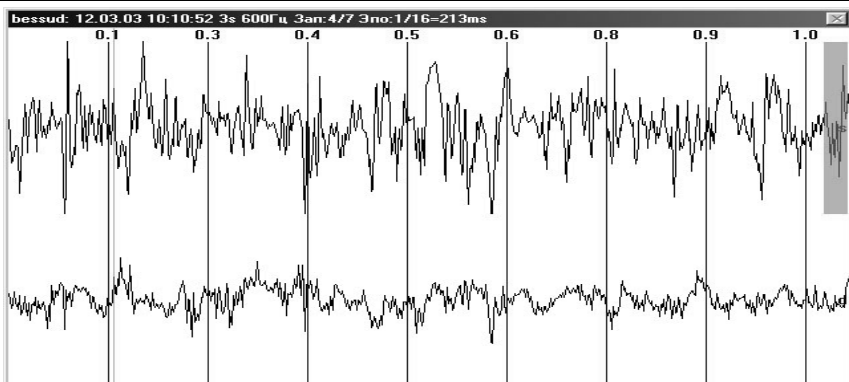


Рис. 8.9. Запись ЭМГ среднегодичных мышц двух ног при физической нагрузке разведения бедер

Спектр. Данный пункт предназначен для вычисления спектра текущей эпохи по всем каналам (аналогично спектру ЭЭГ, см. разд. 4.5). Однако здесь эпоха анализа должна быть отмечена с двух сторон маркером и визиром, иначе она принимается равной 4096 отсчетам, а если меньше — то равной длине записи. В этом режиме действуют операции смены эпохи, что влечет перевычисления спектров и позволяет визуально сравнивать спектры последовательных эпох, наблюдать их временную динамику.

Для визуального сравнения различных спектров полезно создавать дополнительные окна (*Конструктор—Создать_окно* из верхней командной строки) и переносить в них графики спектров через буфер обмена (см. в разд. 1.5).

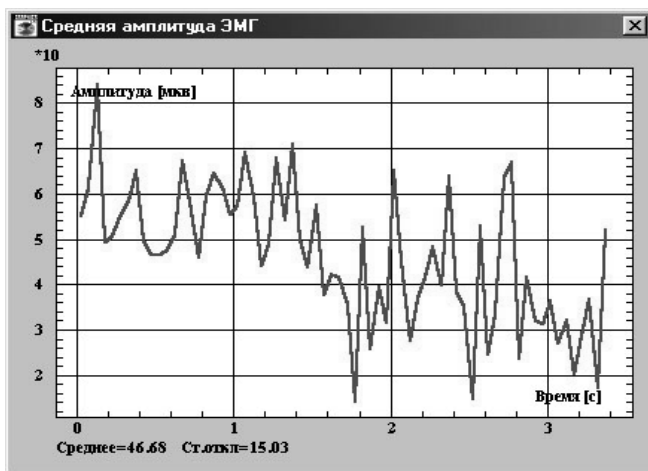


Рис. 8.10. Временная диаграмма изменения среднего значения ЭМГ по эпохам

Эпохи. Данный пункт позволяет проследить временную динамику изменения амплитуд (и частот) ЭМГ для текущего канала. Для выполнения

этого режима необходимо установить два параметра: 1) показатель: A_{cp} — средняя амплитуда ЭМГ или же A_{max} — максимальная амплитуда спектра в 5-герцовых частотных диапазонах; 2) длина эпохи анализа.

В случае A_{cp} вычисляется средняя по абсолютной величине амплитуда колебаний ЭМГ на каждой эпохе и строится временной график по эпохам (рис. 8.10) с указанием среднего значения и стандартного отклонения.

В случае A_{max} для каждой эпохи вычисляется спектр, который разбивается на 5-герцовые частотные диапазоны. В каждом диапазоне вычисляется усредненная амплитуда спектра и выбирается диапазон с наиболее высокой усредненной амплитудой A_{max} , в котором вычисляется частота F_{max} наиболее высокоамплитудной гармоник. Для вычисленных таким образом A_{max} и F_{max} строятся два временных графика по эпохам (рис. 8.11) с указанием их средних значений и стандартных отклонений.

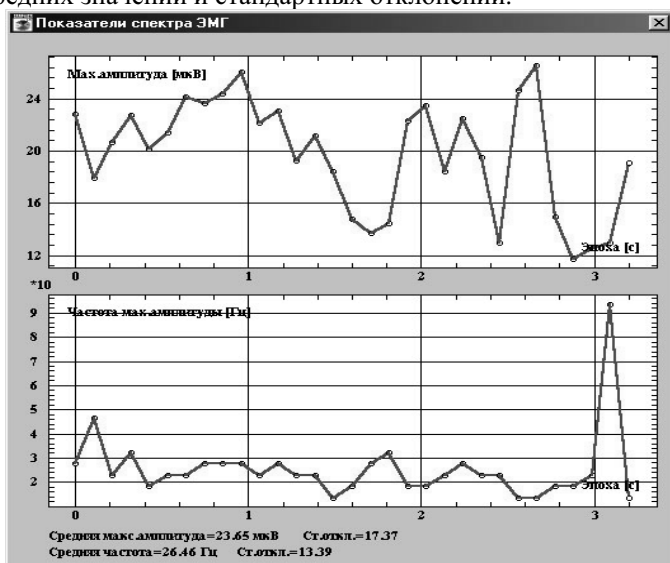


Рис. 8.11. Временные диаграммы A_{max} и F_{max} по эпохам

Диапазоны. Данная процедура производит вычисление спектра текущего канала и текущей эпохи установленной для A_{max} в поле *Эпоха*= длительности (при установленном A_{cp} берется эпоха минимальной длительности 128 отсчетов). Вычисленный спектр разбивается на 5-герцовые интервалы и в каждом интервале вычисляется средняя амплитуда спектра. Результатом выдается график средних амплитуд спектра по частотным диапазонам с указанием среднего значения и стандартного отклонения (рис. 8.12). В этом режиме действуют операции смены эпохи, что влечет пере-вычисление спектра и позволяет визуально сравнивать спектры диапазонов последовательных эпох, наблюдать их временную динамику.



Рис. 8.12. Усредненные амплитуды ЭМГ-спектра по 5-герцовым частотным диапазонам для текущей эпохи

=

9.4. Методы и средства анализа

Основным результатом обобщения специальных методик, используемых при анализе полиграфических записей, явилось расширение компьютерного анализатора до уровня универсального сигнального контроллера–вычислителя посредством создания целого комплекса новых диалогово–процедурных компонентов, наподобие универсальных наборов специализированных измерительно–вычислительных инструментов. Эти инструменты можно применять как выборочно, так и конструировать из них средствами аппарата макрокоманд различные цепочки для выполнения специальных вычислительных методик:

- *блокнот*, предоставляет средства анализа считанных визиром с записей показателей;
- блок *Преобразования*, содержит набор математических и комбинаторных операций над записями;
- блок *Полиграф*, включает специальные поисково–вычислительные операции;
- формульный ввод и вычисления;
- использование дискретных сигналов.

9.4.1. Электронная таблица измерений – блокнот

N	X	Y	dX	dY	S
1	1.539	-9.449	0.3359	37.8	2374
2	1.555	-11.02	0.3516	36.22	2298
3	1.578	9.449	0.375	56.69	2217
4	1.609	-39.37	0.4063	7.874	2169
5	1.641	-40.94	0.4375	6.299	2491
6	1.672	-1.575	0.4688	45.67	2587
7	1.703	-40.16	0.5	7.087	2551
8	1.734	-7.874	0.5313	39.37	2643
9	1.766	18.9	0.5625	66.14	2571
10	1.797	-18.11	0.5938	29.13	2518
11	1.828	-14.17	0.625	33.07	2482
12	1.859	-6.299	0.6563	40.94	2432
13	1.891	-17.32	0.6875	29.92	2387
14	1.922	-32.28	0.7188	14.96	2388
15	1.953	-13.39	0.75	33.86	2427
16					
17					
18					
19					
20					

Рис. 9.28. Табличный процессор блокнота

Назначение. Одним из распространенных приемов анализа биосигналов являются ручные измерения на записи различных амплитудных, временных и интервальных параметров с последующим их накоплением и обработкой внешними ручными средствами: блокнот, ручка, калькулятор, миллиметровая бумага и др. Для автоматизации такого рода деятельности создан следующий комплекс средств:

- возможности типичного подвижного экранного измерителя–визира существенно расширены за счет добавления целого ряда интегральных и дифференциальных показателей, значения которых отображаются в специальном информационном поле — *табло*;
- значения этих показателей могут построчно заноситься и накапливаться в специальной электронной таблице, названной *блокнотом*;
- над накопленными значениями переменных в блокноте по задаваемым исследователем алгебраическим формулам могут производиться различные вычисления, преобразования, статистический анализ, построения графиков зависимостей, содержимое блокнота может быть сохранено в архиве для последующего использования, анализа и документирования, включая и экспорт в другие пакеты анализа данных.

Блокнот (рис. 9.28) позволяет накапливать, хранить и обрабатывать до 200 значений (строки) 5 переменных (столбцы), определенных в *табло* ручных измерений (см. разд. 3.1) и обозначаемых X , Y , dX , dY , S .

Занести в блокнот. В блокнот заносятся текущие измерения из *табло* (см. разд. 3.1) клавишей $\boxed{F5}$ или одноименной клавишей *табло*, а именно:

X — текущее время по визиру в секундах;

Y — значение амплитуды сигнала в микровольтах по визиру;

dX — временной интервал между маркером и визиром;

dY — разность амплитуд между маркером и визиром;

S — интегральный показатель на интервале между маркером и визиром.

При работе в мониторе записей в первые две переменные блокнота записываются амплитуда сигнала и время, соответствующие текущему положению визира. Если при этом поставлен маркер (клавиша $[Ins]$), то в третью–четвертую переменную блокнота считываются относительные координаты по амплитуде и времени между визиrom и маркером, а в пятую переменную — значение интегрального показателя. В режиме анализа спектра в первые две переменные блокнота считываются амплитуда и частота с текущей частотной характеристики. В режимах анализа ЭЭГ по диапазонам и эпохам в первую переменную блокнота считываются текущие значения обобщенного спектрального показателя.

Вход в блокнот для работы с накопленными измерениями производится по нажатию клавиши $[B]$ или из пункта *Вычисления* верхней командной строки.

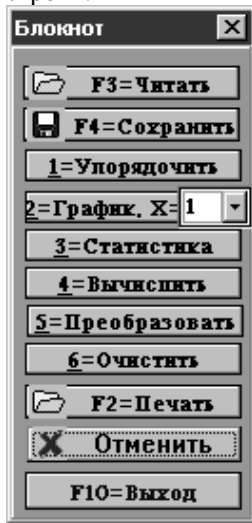


Рис. 9.29. Меню операций блокнота

Операции. Работа с блокнотом на клавиатурном уровне аналогична работе с любой электронной таблицей:

- ввод значений в текущую позицию таблицы;
- $[Ins]$, $[Del]$ — удаление/вставка строк;
- $[←]$, $[↑]$, $[→]$, $[↓]$ — изменение текущей позиции в блокноте;
- $[PgUp]$, $[PgDn]$ — смена страниц блокнота;
- $[Enter]$ — изменение текущей позиции в блокноте посредством ввода нового значения с нажатием $[Enter]$.

Выход из блокнота производится клавишей $[F10]$, или через его меню, или кнопкой закрытия окна блокнота.

Меню операций блокнота. Правой кнопкой мыши или клавишей $[Esc]$ вызывается меню блокнота (рис. 9.29) для выполнения как простых

операций:

- упорядочивание строк блокнота $[1]$ по возрастанию значений текущей переменной (столбца);
- очистка блокнота $[6]$ от содержащихся данных;
- закрытие (*Отменить*) меню блокнота $[Esc]$;
- выход из блокнота $[F10]$,

так и ряда комплексных, рассматриваемых далее операций.

Для ускорения выполнения каждая операция в меню блокнота снабжена указанием клавиши–ключа вызова.

Читать. Выполняется чтение в блокнот содержимого ранее сохраненного содержимого блокнота, выбираемого обычным образом из архива (см. разд. 3.2).

Сохранить. Сохраняется [F3] содержимое блокнота в текстовом файле указанного наименования (типа САВ), что позволяет обработать имеющиеся в блокноте данные любым внешним пакетом анализа данных или текстовым редактором. Таким образом можно создать целый архив различных блокнотов, однако, чтобы уверенно ориентироваться в таком архиве, перед каждой записью полезно снабдить блокнот индивидуальным комментарием в бланке записи (разд. 3.2).

График. По нажатию [2] строится график зависимости $y=f(x)$ текущей переменной (играющей роль y) от переменной x , порядковый номер которой указывается в поле ввода справа от клавиши графика.

Статистика. По нажатию [3] выдается описательная статистика для значений текущей переменной, а также строится гистограмма распределения ее значений.

Вычислить. По нажатию [4] вычисляется значение по заданному выражению, введенному в стандартный бланк формул (см. разд. 9.3.4). В этом выражении могут быть использованы обозначения $b(l,k)$, где в качестве параметров l и k можно указать любое алгебраическое выражение, при этом l определяет номер столбца блокнота, а k — номер строки в блокноте (в этом качестве можно также использовать специальные обозначения: i — для текущего столбца и j — для текущей строки блокнота), таким образом, $b(i,j+1)$ означает значение в текущем столбце блокнота и в следующей позиции за текущей.

Пример. Предположим, что в блокнот считаны по визиру три амплитуды для ряда последовательных реографических волн: вершина волны, инцизура и дикротическая волна. Тогда в вычислителе можно задать два выражения:

$$x(i+1)/x(i)*100; \quad x(i+2)/x(i)*100.$$

После этого можно передвигать курсор в блокноте на амплитуду очередной волны и по первому выражению вычислять дикротический индекс, а по второму — диастолический индекс (см. разд. 7.2).

Преобразовать. По нажатию [5] выполняется замена (преобразование) значений текущего столбца согласно заданному выражению, введенному в стандартный бланк формул (см. разд. 9.4.4). В этом выражении могут быть использованы обозначения $bk(k)$, где в качестве параметра k можно указать любое алгебраическое выражение, определяющее фактический номер столбца блокнота и можно использовать специальное обозначение i

в качестве номера текущего столбца блокнота. Таким образом, $bk(i+2)$ означает вторую справа от текущей колонку блокнота.

9.4.2. Преобразования сигналов

Для приведения записей к виду, удобному или приемлемому для дальнейшего визуального или вычислительного исследования часто требуется выполнение предварительных специальных поканальных преобразований, а также различные приемы перекомпоновки и объединения записей.

В результате накопления, отбора и обобщения подобного рода приемов был сформирован покрывающий их многообразие комплекс вычислительных и структурных операций, включающий следующие три раздела:

1. *Поканальные преобразования* над записью текущего канала позволяют: *изменить* амплитуду сигнала; *удалить* или *вырезать* помеченный участок записи текущего канала; *усреднять* отдельные участки текущей записи; клонировать или удалять текущий канал из записи (пункты *Вычисления—Канал* из верхней командной строки); поканально собирать вместе записи из различных файлов; *сравнивать* участки записей по статистическим критериям.

2. *Функции или вычислительные операции* над текущим каналом или над всеми каналами обеспечивают: *фильтрацию* в заданном диапазоне частот различными фильтрами; *сглаживание*; вычисление производной и *огibaющей*; выполнение любых алгебраических преобразований по вводимым исследователем формулам; исполнение *внешних программ* (см. разд. 10.4); эти операции могут выполняться над текущим или же всеми каналами.

3. *Операции с файлами записей* позволяют: компоновать сборные записи из различных файлов для их совместного анализа и сравнения; различным образом по-фрагментно *реорганизовать* записи для последующего анализа; *усреднять* фрагменты записей, а также файлы, уже являющиеся результатом усреднения.

Меню преобразований (рис. 9.30) вызывается из пункта *Вычисления* верхней командной строки или клавишей \boxed{F} . Для ускорения выполнения каждая операция снабжена клавишей—ключом вызова.

Поканальные преобразования

Амплитуда. Изменить амплитуду сигнала на месте расположения визира на значение, указанное в поле ввода справа от данной кнопки.

Усреднить. В отличие от усреднения ВП (см. разд. 5.4) эта операция позволяет усреднять не отдельные записи, а отдельные участки текущей записи. В качестве опорных точек участков могут быть использованы дискретные сигналы, метки или экстремумы по любому из каналов, а также равномерные временные интервалы. Начало усреднений задается положением визира. Расстояние между визиром и маркером dt также играет определенную роль: поиск следующей опорной точки начинается не сразу от предыдущей опорной точки, а со сдвигом dt (при отсутствии маркера $dt=1$).

В случае если опорная точка временного типа (T_i), то усреднения производятся просто с временным шагом dt . Проверка условия усреднения производится с текущей опорной точки очередного участка.

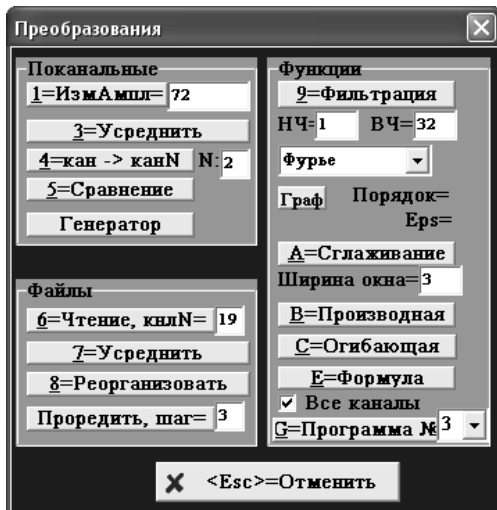


Рис. 9.30. Меню преобразований

Копировать ($кн \rightarrow кнN$) запись текущего канала на канал, номер которого N указан в поле ввода справа от данной кнопки (канал–приемник). Результат операции зависит от того, проставлен маркер в записи или нет. Если маркер не поставлен, то копируется вся запись. Если же маркер установлен, то участок записи текущего канала между маркером и визиром переносится в начало записи канала–приемника, исходная запись которого предварительно смещается вправо на длину копируемого участка, а в конце перенесенного участка ставится разделитель — метка.

Результат операции зависит от того, проставлен маркер в записи или нет. Если маркер не поставлен, то копируется вся запись. Если же маркер установлен, то участок записи текущего канала между маркером и визиром переносится в начало записи канала–приемника, исходная запись которого предварительно смещается вправо на длину копируемого участка, а в конце перенесенного участка ставится разделитель — метка.

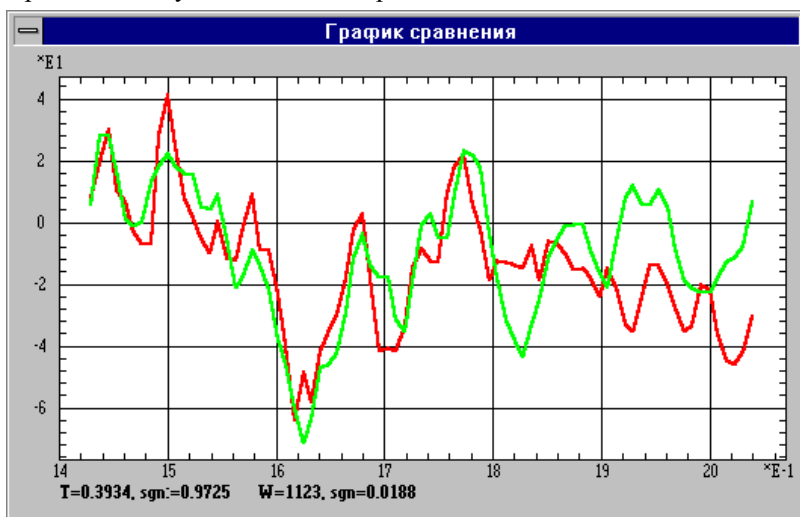


Рис. 9.31. Окно графика сравнение двух отведений ЭЭГ

Сравнение. На участке записи между маркером и визиром производится сравнение записи текущего канала и записи канала, номер которого N указан в поле ввода справа от данной кнопки. В результате сравнения на экран выдается совместный график (рис. 9.31) двух записей, под которым

приводятся значения параметрического парного критерия Стьюдента T , непараметрического парного критерия Вилкоксона W (для каждого критерия указывается уровень значимости sgn), а также коэффициент корреляции Пирсона с проверкой гипотезы о равенстве его нулю (см. в [45]). Обычно при $sgn < 0.05$ нулевая гипотеза об отсутствии различий между сравниваемыми участками записей может быть принята. При отсутствии маркера сравнение производится на начальном участке, размером не более 255 точек. Возможности работы с окном графиков рассмотрены в 3.4.

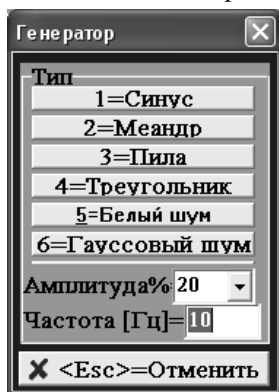


Рис. 9.32. Меню генератора сигналов

Генератор позволяет на текущем канале генерировать сигнал заданной формы (рис.9.32), амплитуды (в процентах от максимальной) и частоты (кроме шумов). Белый шум имеет равномерное распределение в установленном амплитудном диапазоне. Гауссовый шум имеет нормальное распределение с нулевым средним и стандартным отклонением, соответствующим установленному амплитудному уровню.

Преобразования - функции

Внимание! При установленном фонарике *Все каналы* преобразования-функции выполняются над всеми каналами, в противном случае будет преобразован только текущий канал.

Фильтрация состоит в удалении из сигнала гармонических составляющих в заданном диапазоне частот (рис. 9.33) и часто применяется перед анализом сигналов, если нужно удалить шумы или сконцентрироваться на анализе определенного частотного диапазона. Фильтрация из меню преобразований может производиться одним из четырех видов фильтров: Баттерворта, Чебышева-1, Чебышева-2 и Фурье (в зависимости из установки по выкидному списку).

Перед исполнением фильтрации в поля ввода меню преобразований необходимо установить значения следующих параметров:

- частота среза на нижних частотах;
- частота среза на верхних частотах;
- порядок фильтра, определяющий крутизну среза и выбираемый в диапазоне 1–50 (для фильтра Фурье это значение несущественно);
- уровень нелинейных флуктуаций Eps (в полосе пропускания для фильтров Чебышева-1 или в полосе задержания для фильтров Чебышева-2, для фильтров Баттерворта и Фурье это значение несущественно), исчисляется в процентах от уровня пропускания.

Для фильтрации задается вопрос, нужно ли удалить частоты в указанном диапазоне (режекторный фильтр) или же удалить частоты вне указанного диапазона (полосовой фильтр). Если установленная верхняя частота среза превышает половину частоты дискретизации, режекторный фильтр

становится фильтром нижних частот, а полосовой фильтр — фильтром верхних частот.

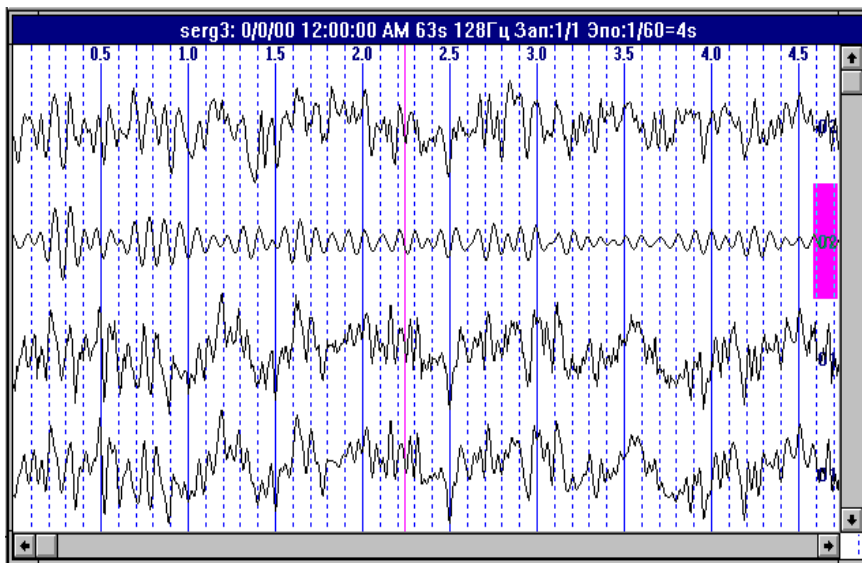


Рис. 9.33. Фильтрация нативной записи ЭЭГ (канал 1) методом Фурье с выделением альфа ритма (канал 2) и фильтрация другой записи ЭЭГ (канал 3) с удалением высокочастотных составляющих в полосе 32–128 Гц (канал 4); графики получены средствами блока преобразований и вставления каналов

В поле установок фильтров имеется также специальная кнопка *Граф*, нажатие на которую позволяет получить график амплитудно–частотной характеристики выбранного фильтра (рис. 9.34), что служит учебным и иллюстративным целям, позволяя визуально прочувствовать назначение различных параметров фильтрации.



Рис. 9.34. Амплитудно–частотная характеристика полосового фильтра Чебышева–2 7-го порядка с флуктуациями 10%

Сглаживание записи текущего канала или всех каналов производится методом скользящего среднего по трем точкам. Для получения хорошего эффекта нередко следует выполнить несколько повторных сглаживаний.

Производная (рис. 9.35) есть скорость изменения сигнала, и вычисляется как разность соседних амплитуд сигнала; ее значения рекомендуется сглаживать.

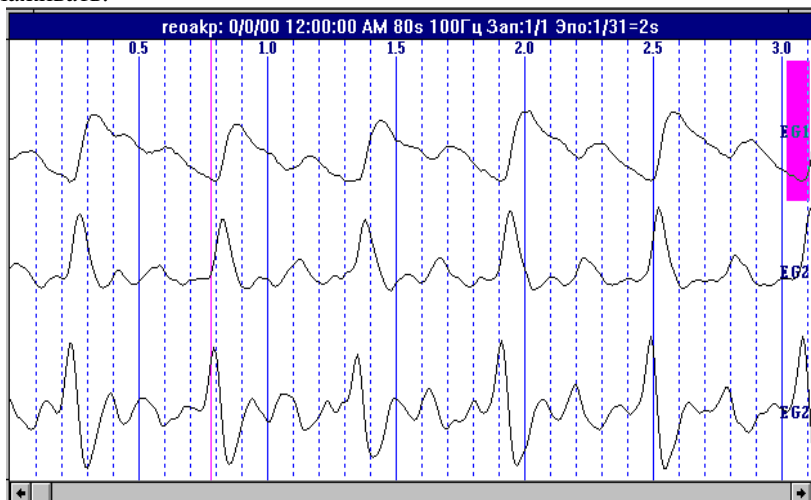


Рис. 9.35. Вычисление 1-й и 2-й производных (каналы 2, 3) для реограммы (канал 1); запись получена средствами блока преобразований и вставки каналов

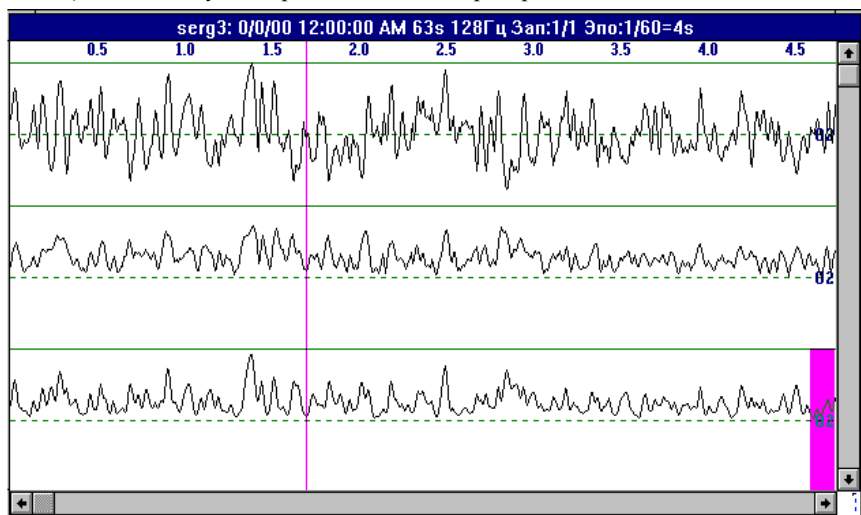


Рис. 9.36. Огибающая (канал 2) для ЭЭГ–отведения (канал 1) и результат взятия модуля ЭЭГ–сигнала с тремя сглаживаниями (канал 3); запись получена средствами блока преобразований и вставки каналов

Огибающая является положительной функцией, которая «огibaет» положительные и инвертированные отрицательные колебания сигнала (рис. 9.36). Огибающая может быть полезна при анализе быстромменяющихся сигналов (ЭЭГ, миограммы и т. п.), отражая амплитудную модуляцию сигнала.

Преобразование по формуле, вводимой в стандартный бланк формул (см. разд. 9.4.4).

В формуле можно использовать следующие операции и функции (где параметр k — любое алгебраическое выражение, определяющее номер канала, или специальное:

— $+ * / ^ ()$ — алгебраические операции и скобки;

$ABS, INT, SQR, SGN, EXP, LN, LOG$ — алгебраические функции;

$x(N_i)$ — запись по каналу указанного номера (обозначение i используется для номера текущего канала).

Примеры формул: $(x(i+1)+x(i))/2$ $SQR(x(1)^2+x(2)/2)$

Определяя формулу преобразования, следует позаботиться о правильной нормализации результата, чтобы экстремальные значения не выходили за предельные границы (в этом случае часть результатов будет «зарезаны»).

Преобразования - файлы

Чтение. По операции *Чтение* на текущий канал считывается запись с указанного в поле ввода канала N из выбранного по оглавлению архива файла (см. разд. 3.2). Длина считанной записи приравнивается к длине записи рабочего файла. Эта операция выступает средством компоновки сборной записи из файлов, полученных в разное время и при разных условиях.

Реорганизовать. Данная операция позволяет выделить фрагменты текущего файла, представляющие интерес для последующего анализа, и записать эти фрагменты в виде последовательных записей во вновь создаваемый файл. Это может быть полезным для проверки установок выделения ВП и для выборочного спектрального анализа ЭЭГ.

При выполнении данного пункта появляется бланк установки параметров реорганизации с полями: опорная точка, начало и конец эпохи и условие отбора записей, которые аналогичны одноименным полям бланка усреднения ВП (см. разд. 5.4).

После утверждения введенных установок необходимо в стандартном бланке чтения–записи (см. разд. 3.2) указать имя файла записи результатов реорганизации. Далее производится поиск среди всех записей текущего файла указанных опорных точек и запись в выходной файл указанных эпох относительно опорных точек. В том случае, если дополнительно определено условие отбора записей, из результата исключаются записи, не удовлетворяющие этому условию. Далее, если был установлен маркер, то проводится поиск всех опорных точек в каждой записи с шагом, соответствующим расстоянию между маркером и визиром. В противном случае в каждой записи «срабатывает» только первая найденная опорная точка.

Усреднение касается файлов, записи которых уже являются результатом усреднения. Записи рабочего файла поканально усредняются с записями файла, выбранного по оглавлению архива. Предполагается, что записи обоих файлов имеют одинаковую длину, в противном случае результат усреднения некорректен на хвосте результирующей записи. Усреднение каждой амплитуды производится по формуле:

$$Y = (n * Y_a + m * Y_b) / (n + m),$$

где Y_a — амплитуда рабочего файла; Y_b — амплитуда архивного файла; n — число усреднений рабочего файла; m — число усреднений архивного файла.

Внимание! После выполнения операций удаления и вставления каналов следующие записи рабочего файла (если они есть) становятся недоступными для вызова до повторного чтения этого файла из архива.

Проредить — операция удаления временных отсчетов с шагом, равным $2^{\text{шаг}-1}$, и с соответствующим изменением частоты дискретизации.

9.4.3. Поиск и анализ событий

Исследования как первоочередных, так и вспомогательных биопоказателей (ЭКГ, ЭМГ, КГР, дыхание, ЭОГ) часто сводятся к поиску их характерных изменений как спонтанного характера, так и связанного с внешними событиями, сопровождаемых измерениями амплитудных и интервальных показателей и последующим их статистическим анализом. Для подобных задач создан специальный комплекс средств, включающий два раздела: выделение экстремумов и поиск и анализ событий.

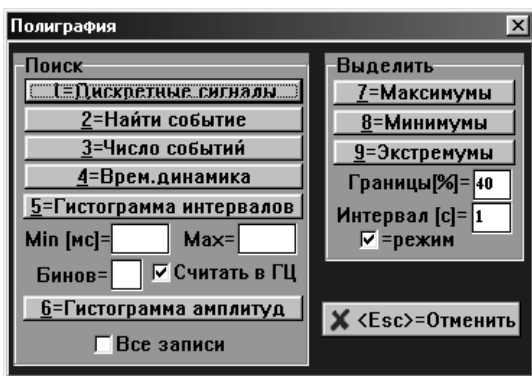


Рис. 9.37. Меню дополнительных операций анализа полиграфии

Здесь можно получить расшифровку дискретных входных и выходных сигналов, произвести поиск заданных событий и подсчитать их число, выделить экстремумы и др. Для ускорения выполнения каждая операция в меню снабжена указанием клавиши-ключа быстрого вызова.

Дискретные сигналы. Регистрация дискретных сигналов заказывается в плане исследования и осуществляется в ходе выполнения исследова-

Меню специальных операций *Полиграф* (рис. 9.37) вызывается из пунктов *Анализ-Полиграф* верхней командной строки или клавишей $\boxed{6}$ и содержит ряд специальных операций для обработки полиграфических записей. Здесь можно получить расшифровку дискретных входных и выходных сигналов, произвести поиск заданных событий и подсчитать их число, выделить экстремумы и др. Для ускорения выполнения каждая операция в меню снабжена указанием клавиши-ключа быстрого вызова.

ния через входной порт контроллера АЦП (подробнее см. разд. 9.4.5). Коды состояния регистров входных и выходных дискретных сигналов в 16-ричном виде отображаются в *табло* монитора (см. разд. 3.1) при просмотре полученной записи. Однако восприятие такого рода информации может оказаться затруднительным, поэтому предусмотрена возможность сопроводить каждый дискретный сигнал словесной расшифровкой, например: «нажатие на кнопку», «вопрос экспериментатора», «непроизвольное движение испытуемого», «ответ испытуемого на заданный вопрос» и т. п.

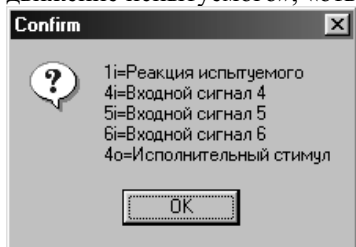


Рис. 9.38. Панель расшифровки дискретных сигналов

Для этого средствами любого текстового редактора в папке CONAN следует подготовить файл DIO.INI, где в порядке номеров сигналов построчно приведены их расшифровки. Каждая такая строка включает номер сигнала (входные сигналы имеют номера от 1 до 8, а выходные сигналы — от 9 до 16), за которым через пробел следует короткий (20–30 знаков) текст-интерпретация.

При наличии такого файла нажатие на кнопку *Дискретн.сигн* меню полиграфа вызывает появления панели с расшифровкой дискретных сигналов в месте расположения визира (рис. 9.38).

Поиск событий. Здесь под событиями понимаются некоторые участки записи, обладающие определенными свойствами, задаваемыми логическим условием. При нажатии на соответствующие кнопки меню появляется стандартный бланк формул (см. разд. 9.4.4), в котором нужно выбрать одно из заранее введенных логических условий или ввести новое условие. В этом условии, кроме алгебраических и логических операций можно использовать следующие функции (где параметр k означает любое алгебраическое выражение, определяющее номер канала, в этом качестве можно также использовать специальное обозначение i для текущего канала):

$x(k)$ — амплитуда сигнала на канале номер k [мкВ];

$m(k)$ — метка на канале номер k ; данная функция выдает значение единица при наличии метки или ноль при ее отсутствии;

$e(k)$ — экстремум на канале номер k ; данная функция выдает значение амплитуды экстремума или ноль, если экстремум не найден;

$c(k)$ — коррелят на канале номер k ; коррелят означает участок записи, аналогичный исходно заданному образцу, предварительно помеченному с двух сторон маркером и визиром; данная функция выдает значение коэффициента корреляции между образцом и очередным участком записи;

in — код на входных дискретных каналах; его значения задаются двузначной шестнадцатеричной константой с префиксом \$, например, \$FA, \$0C; проверка наличия заданного кода \$AC может быть задана формулой $in=\$AC$, а наличие сигнала на пятом входном канале — формулой $in\&\$10=\10 ;

out — код на выходных дискретных каналах (аналогично);

>, >=, <, <=, =, <> — операции сравнения;

&, | — логические операции: И, ИЛИ;

— + * / ^ () — алгебраические операции и скобки;

ABS, INT, SQR, SGN, EXP, LN, LOG — алгебраические функции.

Поиск начинается с текущего положения визира и до конца записи (или же по всем записям, начиная с текущей, если в меню *Полиграф* включен фонарик *Все записи*). В случае успеха (очередное событие, удовлетворяющее условию, найдено) визир перемещается на начало этого события, а маркер — на исходное расстояние от визира. В каждом очередном поиске сначала проверяется невыполнение заданного условия, и только после того, как условие дало отрицательный результат, контролируется его выполнение. Благодаря такой процедуре, к примеру, условие превышения заданного амплитудного уровня срабатывает не для каждой очередной точки высокоамплитудного пика, а только в начале следующего пика.

После нахождения очередного участка его атрибуты можно занести в *блокнот* для последующего анализа клавишей F5.

Пример. Пусть требуется найти все участки записи, в которых амплитуда первого канала превышает 100 мкВ, амплитуда текущего канала меньше 10 мкВ, а входной сигнал содержит единицу в пятом разряде. Для этого применимо условие поиска вида:

$$x(1) > 100 \ \& \ x(i) < 10 \ \& \ ((in \ \& \ \$10) <> 0).$$

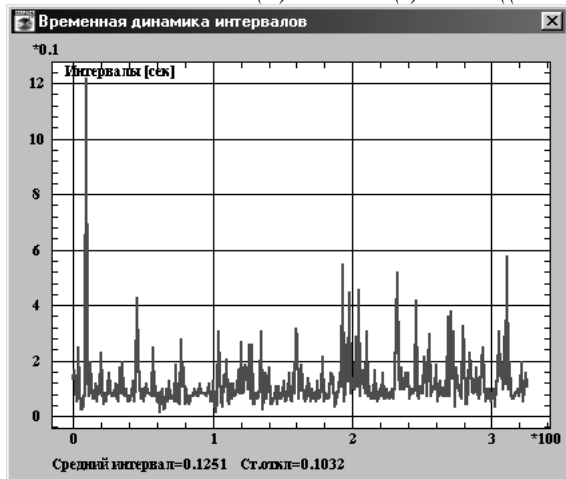


Рис. 9.39. График временной динамики интервалов между событиями

Число событий.

При выполнении операции подсчета числа событий производится последовательный вышеописанный поиск и результатом выдается общее число найденных в записи событий.

Временная динамика. При нажатии на кнопки *Динамика интервалов* и *Динамика амплитуд* строятся временные диаграммы интервалов между найденными событиями (рис. 9.38) и амплитуды био-

сигнала текущего канала записи, соответствующие моментам событий. Внизу каждого графика приводятся средние значения и стандартные отклонения.

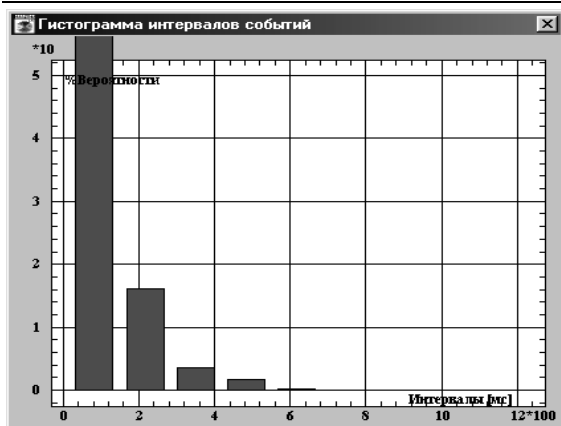


Рис. 9.40. Гистограмма интервалов событий

Гистограммы интервалов и амплитуд представляют распределения интервалов или амплитуд событий (рис. 9.40). Для гистограмм в меню (см. рис. 9.37) можно задать положение левой и правой границ (*Min=* и *Max=*) и число бинов, что полезно для обеспечения хорошей визуальной сравнимости разных гистограмм, а также задать расчет гис-

тограммы интервалов в герцах. Этими процедурами можно обработать также сразу все записи текущего файла, если включить одноименный фонарик. Построение гистограмм сопровождается выдачей описательной статистики (рис. 9.41): число значений, среднее значение, диапазон, стандартное отклонение, коэффициент вариации, размер бина, мода, амплитуда моды, асимметрия и эксцесс.

Число анализируемых событий автоматически ограничивается диапазоном от трех до 500.

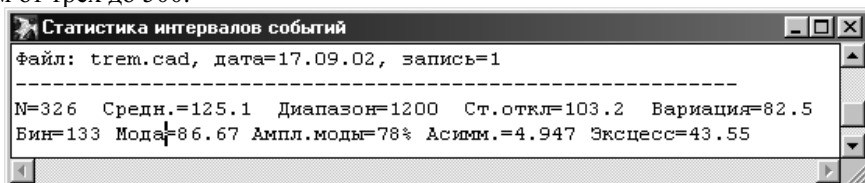


Рис. 9.41. Выдача описательной статистики по гистограмме интервалов событий

Экстремумы. Отдельный раздел возможностей в меню полиграфа предназначен для обработки экстремумов, максимумов и минимумов в изменении сигнала на текущем канале записи. Перед их выделением необходимо выполнить следующие действия:

- установить визир и маркер на соседние максимум и минимум изменения сигнала, что служит предварительной информацией об уровне амплитудного перепада и временном интервале;
- задать в поле ввода меню процентные границы колебания этих двух критериальных показателей (при выходе за эти границы экстремум не детектируется);
- задать в следующем поле ввода меню (см. рис. 9.37) минимальный временной интервал между экстремумами (своеобразную зону нечувствительности для выделения очередного следующего экстремума);

- установить/снять фонарик режима выделения: в обычном режиме (фонарик включен) вся запись обнуляется, кроме амплитуд экстремумов (максимумов, минимумов), при снятом же фонарике запись не обнуляется, только на месте экстремумов ставятся метки.

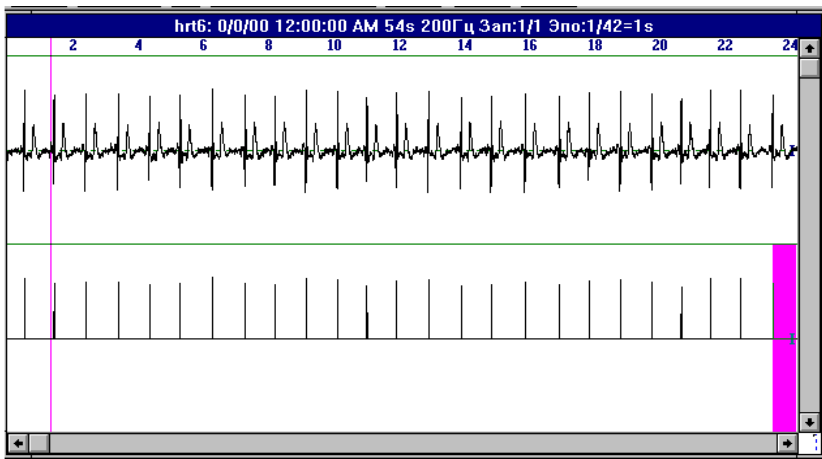


Рис. 9.42. Выделение R-зубцов (канал 2) записи ЭКГ по каналу 1

После завершения данной операции на экране представлен результат выделения экстремумов (рис. 9.42). Иногда может потребоваться несколько повторений данной операции с подбором правильных значений параметров выделения. Поэтому после выделения просмотрите запись. Если в полученной записи присутствуют паразитные пики, то восстановите исходное состояние записи (из пункта *Записи* верхней командной строки) и повторите выделение с другими параметрами.

Для улучшения результата выделения экстремумов в некоторых случаях может быть полезным предварительное сглаживание записи или фильтрация. Для целей визуального сравнения и дальнейшего анализа бывает также полезно предварительно размножить запись обрабатываемого канала, операцией *Канал–Вставить* из пункта *Вычисления* верхней командной строки.

После выделения экстремумов (максимумов, минимумов) можно произвести их анализ нажатием необходимой кнопки из раздела *События* меню полиграфа с указанием подходящего условия поиска события. Например, если экстремумы выделялись в режиме обнуления и указатель канала установлен на канал выделенных экстремумов, то условие может иметь вид $x(i)>0$.

9.4.4. Использование формул

При наличии всех вышерассмотренных возможностей вполне могут встретиться и вычисления, выходящие за их рамки. Для кардинального решения подобных проблем создана интегральная система задания специальных вычислений посредством формульного определения алгебраических и

логических выражений во всех допускающих это контекстах (калькулятор, блокнот, преобразования, усреднение ВП, полиграф, виртуальные приборы). В дополнение к этому разработана система экранного и архивного сохранения и быстрого использования ранее введенных формул, а также специальный формульный редактор, позволяющий составлять формулы компоновкой из списков арифметических и логических операций, алгебраических функций и встроенных макроопераций над биосигналов и результатами их анализа.

Бланки формульного ввода. Для ввода формул имеются специальные типовые *бланки формульного ввода*, а также бланки составления и редактирования формул. И хотя эти бланки в деталях могут различаться в зависимости от контекста, но основные принципы работы с ними едины.

Рассмотрим типовой бланк формульного ввода, приведенный на рис. 9.43, вверху которого указано название в зависимости от контекста. В таком бланке имеются восемь независимых полей для ввода восьми различных формул. Поскольку поля ввода запоминающие, то их содержимое сохраняется от вызова к вызову и от сеанса к сеансу и повторный ввод уже имеющейся формулы не требуется.

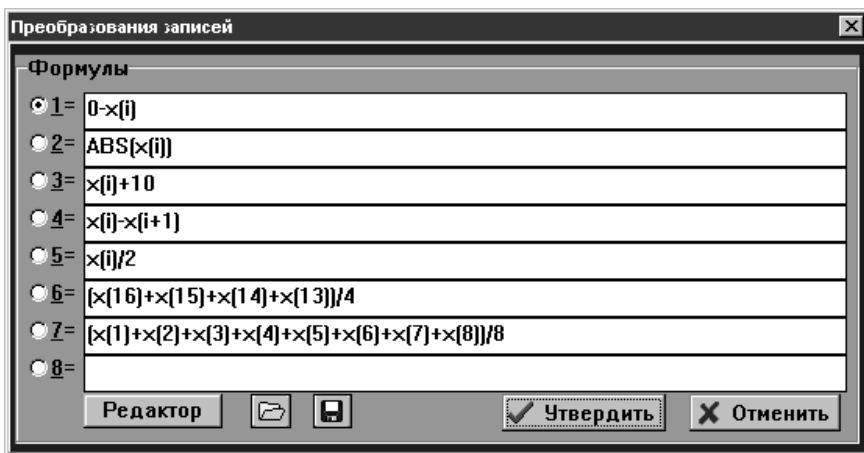


Рис. 9.43. Бланк формульного ввода

Далее в бланке имеется две кнопки с пиктограммами чтения и записи. Эти кнопки позволяют сохранять содержимое бланка в архиве в специальных файлах и считывать в бланк из архива формулы из различных файлов. Чтение и запись файлов осуществляется по стандартному диалогу файловой системы (см. разд. 3.2). Таким образом, можно использовать не только память восьми формул экранного бланка, но и произвольное количество таких наборов, имеющихся в дисковом архиве.

Исполнение выбранной формулы происходит по любому из следующих действий:

- нажатие клавиши с порядковым номером формулы;

- двойной щелчок мышью по формуле;
- зажигание фонарика слева от формулы и нажатие кнопки *Утвердить*.

Редактор формул. Ввести новую формулу можно непосредственно в рассмотренный бланк формул, однако часто удобно пользоваться специальным *формульным редактором*, вызываемым кнопкой *Редактор*, после чего появляется бланк, изображенный на рис. 9.44 (вид этого бланка может незначительно варьироваться в зависимости от контекста).

В этом бланке имеются следующие компоненты:

- верхнее поле вводимой формулы;
- левый список переменных, допустимых в данном контексте;
- правый список допустимых алгебраических функций;
- кнопки переноса элементов из этих списков в поле формулы;
- центральная цифровая и операционная клавиатура (сложение, вычитание, умножение, деление, возведение в степень, логические операции);
- кнопки утверждения составленной формулы или же ее отмены с закрытием редактора формул.

Перенос элемента из списка в поле формулы производится по двойному щелчку мышью или же после его выделения в списке и нажатия на кнопку переноса. Утвержденная формула будет занесена в текущее поле бланка формул (у которого горит фонарик).

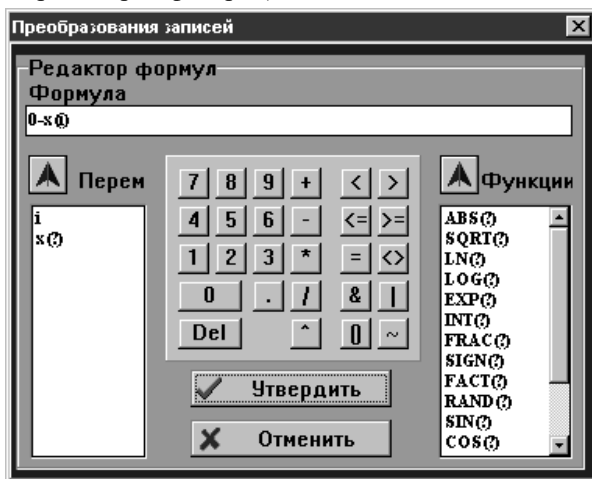


Рис. 9.44. Бланк редактора формул

9.4.5. Дискретные сигналы

Именно использование дискретных сигналов для управления в экспериментальной среде и для отметок о сложных событиях является одним из условий универсализации измерительно–вычислительного комплекса.

Постановка задачи. Во многих исследованиях изучение динамики изменения электрофизиологических показателей необходимо производить с привязкой к различным событиям, происходящим в эксперименте, многие из которых не поддаются автоматической регистрации, а могут быть осуществлены только самим исследователем с выносного пульта или с клавиатуры ПЭВМ: к моменту подачи речевых стимулов разной модальности; к физиологическим реакциям организма; к сложным двигательным движениям и другим поведенческим или когнитивным действиям; к изменениям окружающей среды; к информационным воздействиям и т. п. Выполнению каждого подобного исследования ранее обычно предшествовал длительный процесс создания уникального экспериментального оборудования и программного обеспечения.

Решение было найдено в универсализации использования входного и выходного портов контроллеров АЦП с целым комплексом сопутствующих средств и методических приемов, включая:

- техническое подключение и использование в эксперименте (выносной пульт, замыкатели, выключатели, подача с клавиатуры и из протокола эксперимента);
- регистрация с сохранением в файле записи;
- несколько форм визуализации: красные штрихи внизу монитора (отмечают изменения состояния дискретных сигналов), числовые значения в табло, смысловая расшифровка;
- задание реакций на дискретные сигналы в эксперименте (протокол);
- использование в аргументах формул поиска и анализа.

Технически ввод/вывод дискретных сигналов осуществляется через входной/выходной порты (регистры) контроллера АЦП (см. рис. 1.12). *Входные дискретные сигналы* обычно служат отметками о различных событиях в ходе исследования типа *есть/нет*. *Выходные дискретные сигналы* представляют собой команды на включение/выключение внешних устройств.

Запись входных дискретных сигналов удобно использовать для базирования относительно их различных измерений. Наличие такого сигнала обычно определяется нулевым потенциалом на соответствующей ножке входного порта, тогда как исходно там присутствует потенциал TTL-уровня (2–2.5 В). Тем самым подача сигнала технически может быть реализована простым замыканием выбранной ножки на землю (через шунтирующее сопротивление порядка 300 Ом), что позволяет легко подключать в качестве источников входных сигналов выносные кнопки, пульты, различные концевые выключатели и пр.

Наличие выходного сигнала определяется потенциалом TTL-уровня на соответствующей ножке выходного порта, тогда как исходно там присутствует нулевой потенциал. Это также достаточно просто инженерно использовать для управления различной внешней аппаратурой.

Управление аппаратурой. Имеется два варианта подключения и работы внешних устройств:

- 1) каждое из нескольких устройств управляется через отдельный контакт выходного порта: включается при наличии на этом контакте сигнала (положительный TTL-уровень) и выключается при отсутствии сигнала (нулевой TTL-уровень);
- 2) устройства управляются по параллельному 8-битовому коду на выходном порту АЦП, что позволяет переключать режимы работы одного устройства, производить псевдонепрерывные воздействия или управлять многими внешними устройствами (до 255 вариантов).

В качестве управляемых внешних устройств часто используются стимуляторы (например, в ЭМГ-исследованиях или для регистрации ВП). Амплитудные параметры стимуляции обычно регулируются на самом устройстве, а время включения и выключения стимула (т. е. частота повторений стимулов, их длительность и порядок) определяется протоколом (см. разд. 10.1). В случае нескольких внешних стимуляторов необходимо использовать несколько управляющих выходов контроллера АЦП.

При включенной регистрации дискретных сигналов состояние регистров дискретных входов и управляющих выходов в процессе исследования будет фиксироваться в файле записей по отдельному каналу в виде шестнадцатибитового числа. Состояние этого канала отображается на экране монитора при просмотре записи в виде вертикальных штрихов внизу экрана и числовыми шестнадцатеричными значениями в *табло*. Кроме того, можно получить на экране словесную интерпретацию дискретных сигналов средствами меню *Полиграф* (см. разд. 9.4.3).

Если некоторые выходы контроллера АЦП не применяются для управления аппаратурой, то их можно использовать в качестве дополнительных информационных битов для записи в файл регистрации специальных отметок, формируемых в ходе выполнения исследования ручным нажатием клавиш [1] – [8].

Сопряжение с внешней аппаратурой. Для управления конкретными внешними устройствами обычно достаточно просто соединить проводами дискретные выходы контроллера АЦП с соответствующими управляющими входами внешнего устройства. Так, для подключения распространенных стимуляторов производства венгерской фирмы MEDICOR необходимо распаять управляющий выход АЦП и земляную клемму на ножки 1 и 3 стандартного 5-штырькового медикоровского разъема. Далее в случае фотостимулятора FTS21 необходимо вставить этот разъем в гнездо EXT на задней панели, а на передней панели нажать кнопки EXT и START. В случае фоностимулятора FNS21 необходимо вставить упомянутый разъем в гнездо START на задней панели, а на передней панели не нажимать кнопки EXT и START. В случае электростимулятора необходимо использовать входной разъем TRG и произвести небольшую доработку контрол-

лера АЦП, чтобы включение стимулятора производилось через промежуточное реле (поскольку в разьеме TRG используется напряжение 15 В).

Подключение штатной аппаратуры. Электростимулятор двухканальный подключается дифференцированно по 1- и 2-му управляющим каналам. На управляющей панели стимулятора расположены: ручки поканальной регулировки длительности (0.05–1.5 мс) и величины тока (1–30 мА); ручки поканальной регулировки мощности звука в аудионаушниках (0–100 дБ).

Светодиодная вспышка с ручкой регулировки яркости или дисплей об-ращаемого шахматного паттерна подключается по третьему управляющему каналу.

Звуковой стимулятор подключается дифференцированно по четвертому (правое ухо) и пятому (левое ухо) управляющим каналам. Установка типа стимула или высоты тона производится числовым двоичным кодом по 6–8 каналам, а именно (в скобках приведены соответствующие 16-ричные коды для 8-разрядного выходного регистра АЦП): 000(00) = 500 Гц, 001(20) = 1 кГц, 010(40) = 2 кГц, 011(60) = 3 кГц, 100(80) = 4 кГц, 101(A0) = 5 кГц, 110(C0) = щелчок движением мембраны от уха, 111(E0) = щелчок движением мембраны к уху.

РАСШИРЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

*«Чтобы выжить при встрече с Незнаемым,
ты должен быть кристально чистым
и смертельно уверенным в себе»*

[Жуан Марус]

В настоящей главе сконцентрированы те методические возможности, которые являются дополнительными к вышерассмотренным и предназначены для электрофизиологических исследований специальной и научной направленности.

10.1. Автоматизация исследований — протокол

Решение задачи автоматизации экспериментальных исследований является ярким и показательным примером, на котором удобно продемонстрировать основные компоненты системного анализа и методологической разработки (см. рис. 1.1).

Изучение деятельности, постановка задачи. Как было отмечено в разд. 1.1, значительные усилия исследователя ранее были связаны с этапами постановки и проведения экспериментов. У каждого экспериментатора есть некоторый набор концепций и задач, а также собственная экспериментальная среда с аппаратурой, которую необходимо включать/выключать в определенной последовательности и при определенных условиях (наступление заданного момента времени, появление внешнего сигнала, достижение некоторым регистрируемым параметром критического значения, появление заданного ритма, реакции испытуемого и т. д.). Подключить такую аппаратуру к компьютеру не представляет проблемы. Проблема в другом: дать исследователю простые и понятные средства описания всего многообразия, последовательности и взаимосвязи различных событий, не требуя от него приобретения для этого высокой квалификации системного аналитика и программиста.

Предпосылки. В собственно научных экспериментальных исследованиях требуется применение широкого набора внешних устройств стимуляционного воздействия на испытуемого, строго синхронизованных между собой или с определенными событиями в организме (пик–волны ЭЭГ, пакеты альфа–волн, фазы дыхательного ритма, движения глаз и др.), а также с самой деятельностью испытуемого (с нажатиями на исполнительные клавиши, ответами на вопросы и т. п.). Особый интерес представляет и регистрация биосигналов в условиях ауторегуляции физиологических функций по

принципу биологической обратной связи или в процессе сложной когнитивной деятельности (см. разд. 9.3.2).

При традиционном подходе каждая постановка новой методики требовала разработки специального технического и программного обеспечения с привлечением высококвалифицированных системных программистов и инженеров. Вследствие поискового характера работы и взаимного несовпадения понятий данный этап выливался во многие месяцы совместных усилий, поэтому экспериментатор в течение жизненного периода активной творческой деятельности успевал поставить и апробировать лишь считанные единицы оригинальных методик исследования.

Идея. В связи с этим возникла идея¹ предоставить возможность самому исследователю описать (и тем самым — опосредовано «запрограммировать») последовательность и взаимосвязь экспериментальных *событий* в форме списка (последовательности) предложений на специальном языке, приближенном к естественному языку и получившем впоследствии название *протокол*. Действительно, только экспериментатор отчетливо представляет, что и в какой последовательности у него должно происходить в эксперименте, и он (по своему статусу) обязан и способен последовательно и детально изложить это на естественном языке. Такой язык должен быть предельно прост, понятен и неизбыточен, поскольку в физиологии не столь приоритета и значима самоценность изощренных математических построений. В студенческих лекциях это иллюстрируется следующей аналогией: если студент–программист не понимает язык Си, то он или слишком глуп, или не туда попал, если физиолог не понимает язык Си, то этот язык или слишком глуп, или не туда попал.

Системный анализ. Если рассматривать эксперимент как последовательность событий, то, что же такое *событие*? В результате осмысления этого вопроса стало очевидно, что в общем случае — это некоторое *действие*, производимое над неким *объектом* и которое вызвано определенной *причиной*. Такое понимание события всецело укладывается в синтаксис предложения естественного языка, а именно: *сказуемое* (наименование действия или команда), *прямое дополнение* (объект действия) и *обстоятельство* (логическое условие, определяющее наличие причины, вызывающей событие, или же момент реализации действия). Остается только уточнить один из двух возможных вариантов будущего развития событий (названный *признаком ожидания причины*): или же следующим в эксперименте может произойти только одно конкретное событие, которое *ждет* появления инициирующей его *причины*, или же может произойти любое из некоторого множества событий, для которого первой появится его *причина*.

При последующей детальной проработке этой идеи выяснилось, что и собственно различных форм для каждого компонента события требуется

¹ Ее истоки восходят к системе автоматизации когнитивных исследований ЭКСПО, реализованной на БЭСМ–6 в начале 80–х гг. [32].

совсем немного для реализации очень широкого класса экспериментальных методик, а именно:

а) действия и объекты:

- *включить* (актуализовать, установить) или *выключить* (деактуализовать) указанный *объект*, а именно: запись биосигналов на диск, управляющее действие, заданную внешнюю программу, выбранную форму экспресс-анализа, мониторинг биосигналов на экране, спецпризнаки и др.;
- выдерживать *паузу* (условную или временную);
- *перейти* к выполнению указанной строки протокола (безусловно или по выполнению условия), такие переходы используются для изменения линейного порядка исполнения протокола;
- выделить некоторую последовательность строк протокола, которую надо *повторить циклически* заданное число раз;

б) условия:

- наступление заданного или случайно выбранного в заданном интервале *момента времени*;
- появление внешних или управляющих *сигналов* или наличие *спецпризнаков*;
- нажатие на заданную *клавишу*;
- *вероятностное* условие, которое может произойти случайно соответственно заданной вероятности;
- условие определяется задаваемой экспериментатором логико-алгебраической *формулой* от биопоказателей и встроенных функций;
- выполнение условия определяется *внешней программой*.

Как показала многолетняя практика, средствами протокола можно в считанные минуты и собственными силами описать и исполнить конкретную методику проведения эксперимента вплоть до исследований со сложной и неоднозначной последовательностью взаимосвязанных действий, реакцией на разнообразные события, биологической обратной связью и управлением внешними исполнительными устройствами и процессами.

Научение деятельности. Поскольку такой язык протокола по своему замыслу и реализации адекватен деятельности, то методологический этап *научения* (см. рис. 1.1) этой новой форме деятельности (составление протоколов) обычно сводится к самообучению физиолога на основе разбора типовых примеров (см. по предметному указателю: *протокол-примеры*). При этом если исследователь в процессе экспериментов обнаруживает изъяны в своей постановке задачи, то он может внести необходимые коррективы в протокол в считанные секунды. Более того, язык протокола становится

средством систематизации, формализации и творческого расширения самого научного мышления экспериментатора¹.

Один из практических результатов этой методологии состоит в том, что если 15–20 лет тому назад на реализацию каждого нового эксперимента уходили месяцы и годы работы целого коллектива высокопрофессиональных специалистов, то теперь даже студенты–физиологи третьего курса это же делают для совершенно различных экспериментов за 10–15 минут. Нетрудно подсчитать, что результирующая временная интенсификация данного этапа деятельности физиолога достигает нескольких тысяч раз.

В плане же теоретической значимости протокола как *алгоритмического языка* отметим, что нахождение простого и понятного решения проблемы нередко является не менее значимым научным достижением, чем создание сложноорганизованного, формализованного и разветвленного языка, доступного пониманию только для узкого круга избранных специалистов.

Составление протокола. Формирование протокола начинается с выполнения одноименного пункта меню планирования исследования (рис. 2.1). Это действие вызывает таблицу (рис. 10.1), в которой можно последовательно определить все события, происходящие в процессе выполнения исследования.

Протокол					
№	Операция	Объект	Условие	Ждем	↑
1	Включить	Отладчик	Время=0	Да	
2	Цикл=200				
3	Включить	Запись	Время=0	Да	
4	Включить	УпрСиг=2	Время=100	Да	
5	Выключить	УпрСиг=2	Время=100	Да	
6	Повторить				
7	Включить	Программа	СлучВр=10	Нет	
8	Выключить	Анализ=	Вероятн=50	Да	
9	Пауза		Отношение=	Да	
10	Вызов=1		Нет	Да	
11	Перейти=?		СигПрз	Да	
12	Возврат				
13	Вызов=12		Клавиша=1	Да	
14	Выключить	УпрКод=16	СигПрз	Нет	
15	Включить	ПрзКод=42	Сигнал=1	Нет	
16					
17					
18					
19					↓

Рис. 10.1. Экран протокола исследования

Каждая строка протокола — *предложение*, описывает некоторое событие и может включать до четырех компонентов:

¹ Действительно, используя исторические параллели, аналогичные события в древнейшей истории соответствуют возникновению письменности, позволяющей фиксировать и систематизировать мысли и идеи.

- 1) *операция* или выполняемое событийное действие;
- 2) *объект* выполняемого действия;
- 3) *условие* выполнение действия;
- 4) *ожидание* — специальный признак реального времени (см. далее).

Эти компоненты представлены в последовательных столбцах таблицы протокола.

Выполнение протокола в режиме реального времени начинается с первой его строки и продолжается до достижения последней строки протокола. Частота появления событий или минимальный ненулевой временной интервал между двумя событиями (интервал системного времени) определяется установленной в плане исследования частотой дискретизации.

На очередном отсчете *системного времени* (в соответствии с заданной в плане частотой дискретизации) проверяется *условие* выполнения события текущей строки протокола:

- если это *условие* удовлетворяется (становится «истинным»), то данное *событие* реализуется (т. е. выполняется предусмотренное *событием действие* над указанным *объектом*), и тогда на том же такте системного времени производится *переход* к следующей строке протокола (проверка условий реализации следующего протокольного события) и так далее;
- если же *условие* выполнения текущего *события* не удовлетворяется, то дальнейшая работа протокола зависит от признака *Ожидание* текущего события:
 - а) если признак *Ожидание* не установлен (*Ждем=Нет*), то на этом же *такте системного времени* происходит *переход* к проверке *условия* следующего протокольного *события* и так далее (как описано выше);
 - б) если признак *Ожидание* установлен (*Ждем=Да*), то исполнение протокола (переходы к реализации следующих событий) приостанавливается до выполнения *условия* текущего события.

Тем самым простейшая концепция дихотомического признака *Ожидание* оказывается достаточной для описания всего разнообразия процессов реального времени. К примеру, отсутствие признака *Ожидание* во взаимодействии с циклом или переходом позволяет организовывать «ловушки» на любое из нескольких различных событий–условий (однако здесь следует быть внимательным, чтобы не «зависнуть» в цикле, условия которого никогда не выполняются).

Средства формирования протокола просты и включают следующие действия:

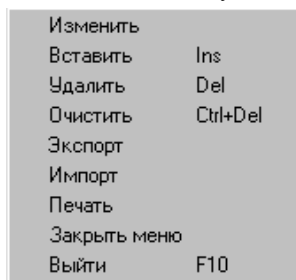
Активизировать некоторую позицию таблицы протокола (см. рис. 10.1) можно щелчком мыши или перемещением по ней клавишами управления курсором.

Чтобы **изменить** некоторую позицию протокола, следует дважды щелкнуть по ней мышью (или нажать `[Enter]` на активной позиции) — появится выкидное меню выбора, в котором надо дважды щелкнуть мышью по нужной позиции (или нажать `[Enter]` на активной позиции).

Чтобы **вставить** новую строку, надо активизировать ее и нажать клавишу `[Ins]`.

Чтобы **удалить** строку, надо активизировать ее и нажать клавишу `[Del]`.

Контекстное меню. Кроме того, эти возможности дублируются и подсылаются в выкидном меню, вызываемом правой кнопкой мыши и включающем следующие пункты:



- изменить позицию `[Enter]` ;
- вставить строку `[Ins]` ;
- удалить строку `[Del]` ;
- очистить таблицу `[Ctrl] + [Del]` ;
- экспортировать протокол;
- импортировать протокол;
- выйти из меню `[Esc]` ;
- выйти из протокола `[F10]` .

Операции экспорта/импорта протоколов в текстовой форме (файлы *.prt) полезны для составления сложных протоколов, где повторяются одинаковые с небольшими вариациями последовательности событий, а также для компоновки нового протокола из нескольких вариантов. Такие операции намного проще просто сдублировать (но не изменять!) во внешнем редакторе, чем построчно вводить в протоколе. Кроме того, длинные протоколы проще читать в текстовом виде, чем в таблице протокола. В файлах экспорта каждая текстовая строка протокола сопровождается справа кодовой информацией о ее позициях, и это коды также надо сохранять при переносе строк. Измененный в текстовом виде протокол надо сохранить, а затем импортировать, после чего можно производить редакторские изменения строк.

Для исключения протокола из плана исследования следует просто очистить таблицу протокола. Для окончания формирования протокола следует закрыть окно таблицы или нажать клавишу `[F10]` .

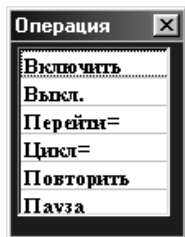


Рис. 10.2. Меню выбора операций

Операции. В рамках протокола определены следующие шесть типов действий над объектами (рис. 10.2):

1. *Включить* (актуализовать) указанный объект, а именно: запись данных на диск, управляющий сигнал, заданную внешнюю программу, анализ данных, экран, системный признак и др. (см. далее).
2. *Выключить* (деактуализовать) указанный объект.
3. *Перейти* к выполнению указанной строки протокола (безусловно или по выполнению условия). *Переходы*

- используются для изменения линейного порядка исполнения протокола.
4. Начать *цикл* на заданное число повторений последующих строк протокола.
 5. *Повторить* цикл согласно вышерасположенному в протоколе парному началу цикла (перейти на начало цикла, если не исчерпано заданное для него число повторений). Тем самым операции *начала* и *повторения цикла* являются своеобразными скобками, ограничивающими с двух сторон последовательность событий, которую необходимо повторить заданное число раз.
 6. Выдержать *паузу* (условную или временную).

Как нетрудно заметить, *объекты* фигурируют только в операциях *включить–выключить*. Условия допустимы для всех операций, кроме *цикл* и *повторить*.

Объекты. *Объектами* операций включения/выключения могут быть: запись на диск, экран, управляющий сигнал, признак, программа, анализ данных, отладчик и др. (рис. 10.3).



Рис. 10.3. Меню выбора объектов

Запись данных. Включение/выключение *записи биосигналов* на диск позволяет управлять процессом регистрации и размером интервала наблюдения:

- событие *включить запись* обнуляет буфер регистрации, после чего буфер начинает заполняться амплитудами сигналов соразмерно установленной частоте регистрации, а развертка монитора идет с начала экрана;
- по событию *выключить запись* интервал наблюденных сигналов из буфера регистрации переписывается на магнитный диск (если заказан файл записи сигналов).

Экран. Включение/выключение *экрана* можно использовать в качестве вспомогательного средства регулирования процесса мониторинга сигналов на экране реального времени для достижения большей наглядности. Включение экрана можно производить перед включением записи, а выключение — после выключения записи. Тогда на мониторе будет только развертка очередного интервала наблюдения и не будет развертки сигналов в течение различных технологических пауз. Кроме того, включение экрана обеспечивает визуализацию накопленного интервала наблюдения в режиме отложенного мониторинга (см. разд. 2.2).

Выключение экрана необходимо в случае его использования для других экспериментальных целей — для зрительной стимуляции, в качестве информационного поля испытуемого и т. п.

Управляющие сигналы подаются на восьмиразрядный выходной порт контроллера АЦП, который может использоваться для включения/выключения внешних устройств, например — стимуляторов (см. разд.

9.4.5). В протоколе имеются три формы задания управляющих сигналов, соответственно различным вариантам управления внешними устройствами:

УпрСиг — задается номер управляющего сигнала (от 1 до 8), который устанавливает (операция *Включить*) или обнуляет (операция *Выключить*) соответствующий разряд выходного управляющего порта АЦП;

УпрКод — задается шестнадцатеричный код (например: 0A, F1, EE), устанавливаемый в выходной порт (во все его разряды);

УпрПрз — в выходной порт устанавливается (по операции *Включить*) значение *системного признака*, такой вариант бывает полезен, когда управляющий код или сигнал предварительно формируется в виде значения системного признака.

Признаки. *Системный признак* представляет собой доступную пользователю внутреннюю 8-битовую переменную, значения которой можно формировать и использовать при проверке условий и реализации управлений. В протоколе имеются две формы задания значений признаков:

Признак — задается номер бита признака (от 1 до 8), который устанавливается в 1 (операция *Включить*) или обнуляется (операция *Выключить*);

ПрзКод — задается шестнадцатеричный код (например: 0A, F1, EE), устанавливаемый в признак (во все его разряды, по операции *Включить*).

Сигнал. Объект *Сигнал=i*, $i=1-8$, позволяет задавать фиктивное значение входного сигнала. Это бывает полезно для выполнения специальных отметок в записи о различного рода событиях. Такая отметка существует и отражается в записи только в течение одного дискрета времени, поскольку в следующий дискрет она будет заменена на реальное значение, считанное с входного регистра АЦП.

Стимулы предназначены для управления встроенным стимулятором (см. разд. 10.4, стимулятор должен быть задействован в плане исследования чтением файла стимулятора в пункте *Конструктор* меню планирования исследования). Объект *Стимул=i*, $i=1-15$, передает (по операции *Включить*) номер стимула i на стимулятор. Объект *СтимПрз*, устанавливает стимул, равный значению *системного признака*. Такой вариант бывает полезен, когда номер стимула предварительно формируется в виде значения *системного признака*.

Анализ. Операция *включение анализа* состоит в выполнении установленного экспресс-анализа (см. разд. 10.2) над накопленным интервалом наблюдения. Операция *выключение анализа* состоит в визуализации результатов проведенного экспресс-анализа, поэтому она должна следовать за включением анализа. Однако выключение анализа может отсутствовать, если дальнейшая обработка и/или визуализация результатов проводятся далее включаемой специально подготовленной программой пользователя.

Отладчик. При включении *отладчика* в заголовке монитора появляется дополнительная надпись, в которой указывается текущая выполняемая строка протокола, а также состояние регистров входных и выходных сиг-

налов. Для надежного визуального отладочного контроля выполнения протокола на время отладки рекомендуется уменьшить частоту дискретизации в плане исследования. В режиме отладки в верхней заголовочной строке монитора выдаются следующие показатели:

- индикатор состояния входных дискретных каналов;
- индикатор включения/выключения управляющих выходных каналов;
- индикатор текущей выполняемой строки протокола;

Примечание. Операции записи на диск, выполнения анализа или внешней программы могут занимать целый ряд тактов системного времени (в зависимости от установленной частоты дискретизации) и в течение этого промежутка регистрация внешних сигналов не ведется. Однако по окончании операции счетчик системного времени автоматически сдвигается на проистекшее число тактов системного времени. Это следует учитывать в том случае, если последующие события необходимо осуществлять с точной привязкой к астрономическому времени.

Так, например, в серии исследований, проводимых в Пушинском институте биофизики клетки, необходимо было стимулировать экспериментальное животное с частотой тета-ритма (5 Гц) и с записью ЭЭГ-ответов для каждого стимула на диск. Такое исследование могло бы проводиться по протоколу, сходному с SEP100 из разд. 5.3, где выбранная пауза в конце каждого предъявления обеспечивала бы начало следующего предъявления через время, кратное $1/5$ Гц = 0.2 с. Однако величина такой паузы должна быть не менее задержки, вызванной записью очередного интервала наблюдения на диск, которая в свою очередь зависит от множества факторов: величины этого интервала, числа каналов регистрации, быстродействия процессора и жесткого диска и т. п. Оценить величину этой задержки можно только экспериментально. Для этого следует выполнить в цикле достаточно много (порядка 1000 и более) подобных записей и засечь по секундомеру (или каким-либо другим способом) затраченное на это время.

Условия. Позиция *Условие* определяет, когда или при наличии каких условий должна быть выполнена соответствующая *операция* (реализовано конкретное *событие*). Условия бывают следующих типов (рис. 10.4):

- Отсутствие условия (*Нет*) означает безусловное выполнение действия.
- Наступление заданного (*Время*) или случайно выбранного в заданном интервале (*СлучВр*) *момента времени* с отсчетом времени от предшествующего события (время измеряется в тактах соответственно установленной частоте дискретизации).
- Появление *внешних сигналов* на 8-разрядном входном порту контроллера АЦП (*Сигнал*, *СигнКод* и *СигПрз*).
- Нажатие на заданную *клавишу* клавиатуры компьютера, если клавиша не указана, то условие выполняется при любой нажатой клавише.

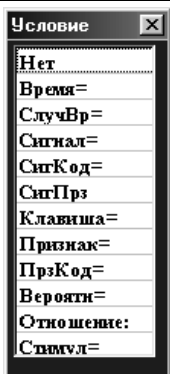


Рис. 10.4. Меню выбора условий

- Наличие заданного состояния *системного признака* (*Признак* и *ПрзКод*).
- *Вероятностное условие* — событие происходит с указанной вероятностью (вероятность указывается в процентах), использование этого типа события полезно для исключения нежелательных эффектов привыкания и прогнозирования, свойственного живым существам.
- Условие выполнения заданного логической формулой *отношения* между системными переменными.
- Произведенная до этого подача *сигнала* заданного номера на встроенный стимулятор (см. разд. 10.4).

Примечание. Во многих исследованиях, которые по тем или иным причинам трудно многократно повторять, требуется, чтобы заданные две альтернативные ветви событий в течение эксперимента реализовывались соответственно заданному соотношению вероятностей. В то же время, если просто использовать датчик случайных чисел, то в их конечных последовательностях часто (по чисто случайным причинам) будут иметь место существенные отклонения от равномерного закона распределения вероятностей. Поэтому для вероятностного условия, но применительно только к одному действию *Перейти* введена специальная корректировка случайной последовательности выбора, чтобы заданная вероятность всегда выполнялась в течение эксперимента с отклонением не более 10% от своего заданного значения.

Время. *Временное условие* требует задания длительности и имеет две модификации:

- *Время* — фиксированный временной интервал от предыдущего события, задаваемый его длительностью в тактах системного времени;
- *СлучВр* — плавающий временной интервал от предыдущего события, выбираемый по случайному равномерному закону распределения от нуля до заданной длительности.

Примечание. Задание временных условий в абстрактных единицах (тактах системного времени, определенных установленной частотой дискретизации) может вызвать определенные неудобства, например, необходимость ручной коррекции протокола в случае изменения частоты опроса каналов. Однако преимуществом такого подхода является возможность отладки протокола на медленной скорости без изменения временных параметров, а также отсутствие потери точности при внутрисистемном преобразовании протокола (компиляции) для исполнения.

Сигнал. *Входные сигналы* поступают на восьмиразрядный входной порт контроллера АЦП (подробнее см. разд. 9.4.5). В протоколе имеются три формы контроля поступления входных сигналов:

- *Сигнал* — контролируется наличие единицы в бите входного порта, заданного его порядковым номером в *условии* (от 1 до 8);

- *СигКод* — контролируется наличие восьмиразрядного кода на входном порту, заданного шестнадцатеричной константой в *условии* (например, 0A, F1, EE);
- *СигПрз* — контролируется наличие восьмиразрядного кода на входном порту, соответствующего текущему значению *системного признака*.

Признаки. *Системный признак* представляет собой доступную пользователю в качестве его рабочей памяти внутреннюю 8–битовую переменную. В протоколе имеются две формы контроля значений признаков:

- *Признак* — контролируется наличие единицы в бите признака, заданного его порядковым номером в *условии* (от 1 до 8);
- *ПрзКод* — контролируется наличие восьмиразрядного кода у признака, заданного шестнадцатеричной константой в *условии* (например, 0A, F1, EE).

Отношения. Условия выполнения заданного формулой *отношения* между системными переменными являются чрезвычайно мощным средством организации экспериментов с различными типами биологической обратной связи.

При выборе условия типа *отношение* появляется стандартный бланк формул (см. разд. 9.4.4), в котором нужно выбрать одно из заранее введенных логических условий (или ввести новое условие). В этом условии, кроме алгебраических и логических операций можно использовать следующие переменные и функции (где параметр k означает любое алгебраическое выражение, определяющее номер канала):

$x(k)$ — текущая амплитуда сигнала [мкВ] на канале номер k ;

$amax(k, t1, t2)$ — значение максимальной амплитуды сигнала [мкВ] на канале номер k в интервале времени $t1-t2$ [с];

$amin(k, t1, t2)$ — значение минимальной амплитуды сигнала [мкВ] на канале номер k в интервале времени $t1-t2$ [с];

$tmax$ — текущая длина интервала наблюдения [с];

$ts(k)$ — время дискретного сигнала с номером k (входные сигналы нумеруются от 1 до 8, а выходные сигналы — от 9 до 16);

in — текущее состояние регистра входных дискретных сигналов; значения входного/выходного сигналов можно задавать десятичным числом (от 0 до 255) или же двузначной шестнадцатеричной константой с префиксом \$, например, \$FA, \$3C;

out — текущее состояние регистра управляющих выходных дискретных сигналов (аналогично);

$anal(k, i)$ — результат выполненного экспресс–анализа по каналу номер k , где параметр i зависит от вида экспресс–анализа:

- для спектра: i = частота спектральной гармоники, а процедура выдает амплитуду спектральной гармоники;
- для картирования: i = порядковый номер частотного диапазона, а процедура выдает среднюю амплитуду спектра в диапазоне;

- для ЭКГ-анализа: i = порядковый номер ЭКГ-показателя, а процедура выдает среднее значение этого показателя;
- $>$, $>=$, $<$, $<=$, $=$, $<>$ — операции сравнения;
 $\&$, $|$ — логические операции И, ИЛИ;
 $- + * / ^ ()$ — алгебраические операции и скобки;
ABS, INT, SQR, SGN, EXP, LN, LOG — алгебраические функции.

Ожидание.



Позиция *Ждем=Да/Нет* определяет, происходит или нет приостановка исполнения протокола на данном событии с ожиданием момента, когда это условие выполняется (становится «истинным»).

Признак *Нет* полезно использовать для ожидания исполнения любого из некоторого множества событий, например:

10	Перейти=13	Клавиша=s	Нет
11	Перейти=20	Сигнал=2	Нет
12	Перейти=10	Время=1	Да

Здесь в цикле ожидается наступление любого из двух событий: нажатие на клавишу s или же приход дискретного входного сигнала по каналу 2. Следует обратить внимание, что возобновление цикла ожидания (строка 12), производится спустя один временной такт, поскольку для возникновения новых событий требуется время. При отсутствии временного условия в строке 12 программа реального времени «зависла» бы в этом цикле.

Отладка. Специальная отладка требуется только для очень длинных и сложноорганизованных протоколов. Неисправности же в простых протоколах очевидны и невооруженному глазу.

Для отладки в начало протокола следует добавить строку включения отладочного режима. Тогда в заголовке монитора будет отображаться информация о выполняемых строках и состоянии входного и выходного портов.

Отладку рекомендуется проводить на более медленной скорости, позволяющей визуально следить за всеми этапами его выполнения. Для этого следует выбрать подходящую тактовую частоту с помощью меню планирования эксперимента.

Если протокол должен реагировать на входные сигналы, то желательно изготовить их имитатор в виде кнопочного пульта, с которого соответствующие контакты входного порта АЦП можно замыкать на землю через сопротивление порядка 300 Ом.

Примеры. Многочисленные примеры простых протоколов см. по предметному указателю *протокол-примеры*. Здесь же мы рассмотрим пример достаточно сложного протокола организации исследования вызванных потенциалов типа контингент-негативных отклонений на ком-

плексные зрительные стимулы¹. Разбор этого примера позволит читателям прояснить для себя многие тонкости автоматизации сложных исследований средствами протокола.



Рис. 10.5. Полусфера зрительной стимуляции

Экспериментальная установка включает исполнительную кнопку испытуемого, подключенного ко входу 1 АЦП, а также специальную полусферу зрительной стимуляции (рис. 10.5) с вмонтированными в нее неоновыми лампочками: одна центральная (зажигается по наличию кода \$3A на выходном порту АЦП) и по две горизонтальных слева и справа (управляемые кодами \$C, \$4, \$16, \$8) и две вертикальные (управляющие коды \$22 и \$2A), расположенных соответственно на 10° и 20° зрительного поля относительно центральной. Отсутствие зажженных лампочек на полусфере опре-

деляется выходным кодом \$18. Регистрация ЭЭГ производится с частотой 200 Гц, поэтому один такт системного времени соответствует длительности 5 мс.

Приведем предварительно общий вид протокола этого исследования, чтобы при последующих пояснениях параллельно ссылаться на его строки:

№	Действие	Объект	Условие	Ждем
1	Цикл=36			
2	Включить	Запись	Сигнал=1	Да
3	Выкл.	Призн=2		Да
4	Выкл.	Призн=1		Да
5	Включить	УпрКод=22		Да
6	Перейти	Строка=9	Вероятн=50	Нет
7	Включить	УпрКод=2A		Да
8	Включить	Призн=2		Да
9	Пауза		Время=40	Да
10	Включить	УпрКод=3A	Время=140	Да
11	Пауза		СлучВр=60	Да
12	Включить	УпрКод=18	Время=40	Да
13	Перейти	Строка=20	Вероятн=5	Нет
14	Включить	УпрКод=4	Да	
15	Переход	Строка=18	Вероятн=50	Нет
16	Включить	Призн=1		Да
17	Включить	УпрКод=16		Да
18	Пауза		Время=160	Да
19	Пауза		СлучВр=40	Да
20	Включить	ПрзКод=C	Да	
21	Перейти	Строка=24	Признак=2	Нет
22	Включить	ПрзКод=8	Вероятн=50	Нет
23	Перейти	Строка=28	Да	

¹ Проводимых под руководством д.б.н. М.В. Славуцкой на кафедре ВНД Биофака МГУ.

24	Перейти	Строка=27	Признак=1	Нет
25	Включить	ПрзКод=8	Вероятн=80	Нет
26	Перейти	Строка=28		Да
27	Включить	ПрзКод=8	Вероятн=20	Нет
28	Включить	УпрПрз		Да
29	Пауза		Время=140	Да
30	Пауза		СлучВр=60	Да
31	Перейти	Строка=35	СигКод=0	Нет
32	Включить	УпрКод=18	Время=2	Да
33	Включить	УпрПрз	Время=2	Да
34	Перейти	Строка=31		Да
35	Выкл.	Запись		Да
36	Включить	УпрКод=18		Да
37	Повторить			

Схема эксперимента в черновом варианте включает 36 повторений следующей последовательности событий:

1. Выполняются 36 предъявлений последовательности событий (строки №1, 37).
2. По нажатию кнопки испытуемым включается запись сигналов на диск (№2), здесь же обнуляются два рабочих признака, используемые в последующем (№3, 4). Кнопка должна оставаться нажатой до п. 6.
3. С вероятностью 50% загорается одна из предупредительных вертикальных лампочек на время 0.2 с (№5–8).
4. Загорается центральная лампочка на время 0.7 с (№10) плюс случайно выбираемая добавка в интервале 0.3 с (№11, для снятия эффекта привыкания) и на ней испытуемому следует сконцентрировать взгляд.
5. Предупредительная лампочка гаснет на 0.2 с (№12), а затем с вероятностью 50% загорается одна из ориентирующих лампочек в 10° по горизонтали от центральной (№14, 15) на время 0.8 с (№18) плюс случайно выбираемая добавка в интервале 0.2 с (№19). Эти лампочки должны предупреждать о направлении последующего загорания исполнительной лампочки.
6. На время 0.7 с (№29) плюс случайно выбираемая добавка в интервале 0.2 с (№30) загорается одна из исполнительных лампочек в 20° по горизонтали от центральной (№28). На этот стимул испытуемый должен перевести и зафиксировать взгляд без поворота головы.
7. Зажженная лампочка «пригасает» наполовину (№32–33) до тех пор, пока испытуемый не отреагирует на это отпусканием кнопки (№31), что является сигналом к завершению очередного предъявления, сопровождаемого выключением записи и лампочек (№35, 36).

Как легко заметить, данная схема значительно сложнее классической схемы регистрации CNV (рис. 5.28): в ней используется предупредительный стимул, фиксационный стартовый стимул, ориентировочный стимул и два последовательных исполнительных стимула для движения глаз и отжатия кнопки. Далее эта предварительная схема детализируется в следующих своих пунктах:

3. Загорание предупредительной лампочки 20° отмечается для дальнейших проверок включением системного признака 2 (№8).
5. В 5% случаев ориентирующая лампочка не загорается (№13). Загорание ориентирующей лампочки 20° отмечается для дальнейших проверок включением системного признака 1 (116).
6. При отсутствии признака 2 одна из исполнительных лампочек (код \$C или \$8) включается случайным образом с вероятностью 50% (№20–23), т. е. без всякой корреляции с ориентирующей лампочкой. Тем самым, предыдущее загорание предупредительной лампочки в 10° по вертикали (п. 3, №5, 6) сигнализирует испытуемому о незначимости ориентирующего стимула. С другой стороны, при установленном признаке 2 (если вначале была включена лампочка в 20° по вертикали) исполнительная лампочка загорается с вероятностью 80% в том же самом направлении (отмеченном состоянием признака 1), в каком ранее была зажжена ориентирующая лампочка (№24–27), т. е. с высокой (но не 100%-ной) корреляцией с ориентирующим стимулом.

Примечания:

1. Для запоминания кода выбранной исполнительной лампочки используется установка кода системного признака (№20, 22, 25, 27) с последующей передачей его на выходной порт АЦП (№28, 33).
2. Пригасание исполнительной лампочки в п. 7 реализуется частым ее включением/выключением с интервалом 0.01 с в цикле до отпускания кнопки испытуемым (131).

10.2. Экспресс–анализ

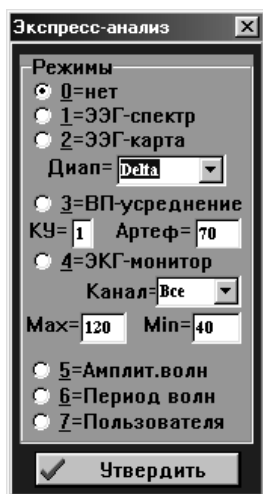


Рис. 10.6. Меню экспресс–анализа

Назначение. При проведении реального исследования полезна визуализация не только самих биосигналов, но и результатов их экспресс–анализа. Такая возможность позволяет экспериментатору следить за динамикой изменения интегральных характеристик исследуемых процессов. С другой стороны, она находит эффективное применение во многих терапевтических методах, работающих по принципу биологической обратной связи, когда пациент, наблюдая на экране результаты физиологической деятельности своего организма, научается корректировать их в нужном направлении.

Формы экспресс–анализа.

Штатно предусмотрено пять форм экспресс–анализа сигналов: *амплитудный спектр, карта, усреднение ВП, анализ ЭКГ, анализ волновых показателей и анализ пользователя.*

Выбор формы экспресс-анализа производится по вторичному меню (рис. 10.6). В любом выбранном режиме на экране отображается два окна: левое окно представляет монитор сигналов, а в правом окне изображаются результаты экспресс-анализа.

В случае наличия протокола экспресс-анализ производится на интервале от включения записи до события *Включить анализ*.

ЭЭГ-спектр. В правом экранном окне для текущего интервала наблюдения строятся поканальные столбиковые диаграммы средней амплитуды спектра в установленных частотных диапазонах (рис. 10.7). Вычисление спектра производится на каждом интервале наблюдения с верхним ограничением до 4096 отсчетов.

Карта (см. рис. 4.48) отображает распределения средней амплитуды спектральной гармоники в установленном в меню (рис. 10.6) частотном диапазоне. Границы диапазоны могут быть переустановлены (см. разд. 4.5).

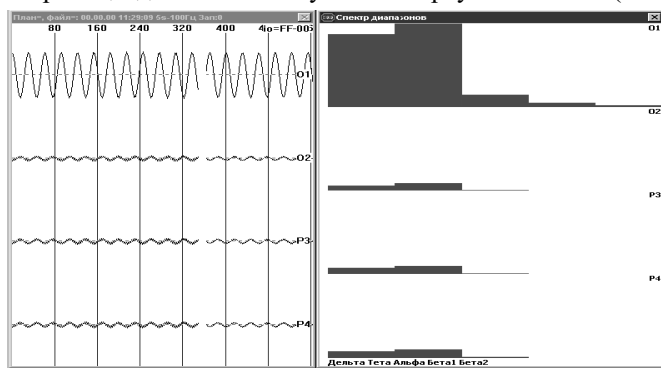


Рис. 10.7. Экспресс-анализ с картированием ЭЭГ по частотному диапазону

Усреднение ВП. В режиме усреднения вызванных потенциалов в правом экранном окне представляется результат очередного усреднения, а на диск записываются не отдельные нативные ЭЭГ, а только конечный результат усреднения ВП.

В полях ввода под кнопкой данного режима можно установить значения двух параметров:

- коэффициент усиления результата усреднения, который может принимать значения 1, 2, 3, 4, причем каждая очередная градация отвечает увеличению усиления в 2 раза;
- амплитудный уровень отсеивания артефактов: если некоторая амплитуда ЭЭГ по одному из каналов выходит по абсолютному значению за установленный порог, то текущий интервал наблюдения исключается из процесса усреднения.

Запись результата на диск производится в момент выхода из режима реального времени, поэтому можно прервать стимуляцию, как только усредненные ВП на экране визуальнo будут удовлетворительными.

Ограничения. Для нормальной визуализации рекомендуется проводить усреднения на интервалах наблюдения, не превышающих 512 отсчетов, вместе с тем, программа корректно работает до интервала в 4096 отсчетов.

Анализ ЭКГ. Перед выбором режима анализа ЭКГ в меню (рис. 10.6) необходимо произвести следующее:

- выбрать анализируемый канал ЭКГ (или все каналы);
- ввести границы допустимого изменения выбранного показателя: минимальное и максимальное значения ЧСС.

В правом экранном окне поинтервально строятся графики изменения выбранного ЭКГ–показателя с установленными границами допустимого изменения. На графике очередной вертикальной линией изображается диапазон изменения ЧСС на текущем интервале наблюдения, при этом масштабирование производится в соответствии с заданными границами. Справа от графиков в числовом виде указываются средние значения ЭКГ–показателя на текущем интервале наблюдения.

Анализ амплитуды и периода волн. Перед выбором этого режима в меню (рис. 10.6) также, как и для анализа ЭКГ, необходимо произвести следующее:

- выбрать анализируемый канал волнового показателя;
- ввести границы допустимого изменения выбранного показателя: минимальное и максимальное значения амплитуды [мкВ] или периода [мс] волн.

В правом экранном окне для выбранного канала строится график изменения амплитуды или периода волн.

10.3. Комплексный стимулятор

Комплексный стимулятор (КС) предназначен для создания и предъявления испытуемому стимулов в исследованиях зрительных, звуковых и когнитивных ВП.

Визуальная стимуляция возможна в одномониторных и двухмониторных компьютерных конфигурациях (в последнем случае необходим специальный видеоадаптер, к которому подключается два монитора). При работе с одним монитором экран используется для предъявления стимулов, а регистрация идет параллельно без визуализации биосигналов на экране. При работе с двумя мониторами один из них (дополнительный) используется для предъявления стимулов, а основной монитор — для мониторинга биосигналов. Выбор конфигурации осуществляется выполнением пунктов *Конструктор–Монитор* из верхней командной строки.

Предъявляемые изображения и звуки описывается *монтажом* КС. В одном монтаже возможно задание до 50 различных стимулов (пронумеро-

ванных изображений и/или звуков). Номер стимула определяется кодом, передаваемым в протоколе эксперимента объектом *Стимул*=<код> (по операции *Включить*) или *СтимПрз* (передача в КС кода системных признаков), по которому этот стимул предъявляется КС. В случае визуального стимула повторная посылка того же самого кода убирает с экрана выведенное изображение.

Процесс создания стимулятора начинается с выполнения пунктов *Конструктор–Стимулятор* из верхней командной строки. После этого с экрана удаляется окно монитора и остается свободное пространство, на котором можно создавать и размещать различные визуальные элементы. Вверху экрана стимулятора располагается командная строка конструктора:

Монтаж Фон F10=Выйти из конструктора

Из этой строки выполняются следующие операции:

- *Монтаж* с операциями *Новый*, *Читать*, *Сохранить*, *Показать*;
- *Фон* — задать фон стимулятора в нескольких вариантах:
 - заливка экрана выбранным цветом;
 - черно–белый шахматный паттерн с числом клеток 16, 24, 32, 40 (при этом в списке выбора числа клеток указывается и рекомендуемое расстояние удаления испытуемого от экрана для регистрации зрительных ВП [см]);
- *Выйти из конструктора*.

Меню. Необходимые для создания стимулов операции сосредоточены в контекстном *меню конструктора* (рис. 10.7), вызываемом правой кнопкой мыши и содержащем следующие операции:

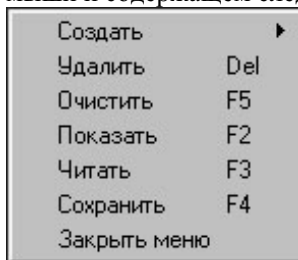


Рис. 10.7. Контекстное меню конструктора

- *Создать* конструктивный элемент в текущей (выделенной мышью) позиции монтажа (рис. 10.8), а именно: круг, квадрат, рисунок, звук;
- *Удалить* текущий конструктивный элемент;
- *Очистить* монтаж;
- *Показать* текущий элемент (визуально или звучанием); показ осуществляется также двойным щелчком мыши по элементу в монтаже;

- *Читать* монтаж ранее созданного стимулятора из архива (см. разд. 3.2);
- *Сохранить* созданный стимулятор в архиве (см. разд. 3.2);
- *Закрывать* контекстное меню [Esc].

Монтаж. Таблица монтажа имеет вид, приведенный на рис. 10.8. Выделение элемента в монтаже осуществляется щелчком мышью. При двойном щелчке элемент показывается на экране (визуализируется) или же убирается с экрана. В строках монтажа можно определять следующие типы стимулов:

№	Объект
01	Квадр=65535,00FF
02	Квадр=255,0000FF
03	Квадр=65535,00FF
04	Квадр=255,0000FF
05	Круг=4194304,4000
06	read.Jmp
07	Conhead.Jmp
08	Chimes.wav
09	

Рис. 10.8. Монтаж стимулятора

- прямоугольник (квадрат) заданного цвета;
- эллипс (круг) заданного цвета;
- предварительно созданный и записанный в папку CONAN графический файл (рисунок, изображение) в BMP-формате;
- предварительно созданный и записанный в папку CONAN звуковой файл в WAV-формате.

Стимул-изображение можно перемещать по экрану в требуемую позицию с нажатой левой кнопкой мыши и таким же образом изменять его размеры по правому и нижнему краям или же по правому нижнему углу (пропорционально). Курсор мыши при подводе к этим границам соответствующим образом меняет свою форму. Все изменения положения и размеров изображения автоматически отражаются в монтаже КС.

При щелчке правой кнопкой мыши по стимулу появляется контекстное меню, в котором есть три команды: развернуть изображение во весь экран, свернуть изображение до исходных размеров и убрать изображение с экрана (двойной щелчок мышью по изображению).

Работа в эксперименте. Для запуска стимулятора в реальном времени следует в меню планирования выполнить пункт *Конструктор*, после чего в появляющемся оглавлении дискового архива выбрать ранее записанный файл установок стимулятора. В этом случае продолжают действовать и все остальные возможности планирования исследования, включая составление протокола, отработку управляющих действий и т. п. Весь комплекс произведенных установок, включая заказанный стимулятор, рекомендуется сохранить в виде отдельного архивного файла плана исследования. В этом случае в следующий раз надо будет читать только этот план.

Синхронизация стимулов. В случае зрительных стимулов КС синхронизует вывод изображений с экранной разверткой (сигнал *Vertical retrace* — 3-й бит порта 3DAh видеоадаптера), которая для различного типа мониторов осуществляется с частотой от 60 до 100 Гц. В случае звуковых стимулов КС синхронизует начало звучания с моментом окончания чтения звукового файла с диска.

Порядок работы стимулятора (предъявление стимулов) описывается протоколом эксперимента. Организацию протокола поясним на двух примерах.

Пример 1. Требуется произвести регистрацию 200 зрительных ВП на обращаемый шахматный паттерн (ШП) с частотой дискретизации 1000 Гц на интервале 500 мс. Для исключения привыкания между предъявлениями следует выдерживать случайную паузу в интервале 0–500 мс. При конструировании КС используем для него пустой монтаж и выберем фон в виде

ШП с определенным числом клеток. Такой эксперимент может быть описан протоколом следующего вида:

№	Действие	Объект	Условие	Ждем
1	Цикл=200			
2	Включить	Запись	Время=0	Да
3	Включить	Стимул=1	Время=0	Да
4	Выкл.	Запись	Время=500	Да
5	Пауза		СлучВр=500	Да
6	Повторить			

При каждом предъявлении включается стимул = 1 (строка 3), который включает ШП. При каждой повторной подаче стимула происходит реверс ШП.

Пример 2. В эксперименте в случайной последовательности 100 раз предъявляется один из четырех стимулов: красный или желтый прямоугольники в левой части экрана и красный или желтый прямоугольники в правой части экрана. Независимо от места предъявления стимула испытуемый должен максимально быстро отреагировать на появление красного прямоугольника нажатием клавиши [s], а на появление желтого прямоугольника нажатием клавиши [k]. Задачей исследования является анализ изменения времени реакции, влияния обучения, усталости и т. п.

В первых четырех строках монтажа КС последовательно создадим четыре прямоугольника: красный и желтый левый и красный и желтый правый. Тем самым они будут предъявляться на стимулы 1–4. Регистрацию будем производить с частотой 100 Гц. Аналоговые сигналы для нас значения не играют, поэтому чисто условно оставим один аналоговый канал, а скорость реакции будем оценивать с использованием входных дискретных сигналов (при планировании включим признак их регистрации). Для работы стимулятора в эксперименте составим протокол вида:

№	Действие	Объект	Условие	Ждем
1	Цикл=50			
2	Пауза	СлучВр=200		Да
3	Включить	Запись		Да
4	Включить	Сигнал=1		Да
5	Перейти=5		Клавиша=	Нет
6	Включить	ПрзКод=00		Да
7	Включить	ПрзКод=01	Вероятн=25	Нет
8	Перейти=15	ПрзКод=01		Нет
9	Включить	ПрзКод=02	Вероятн=25	Нет
10	Перейти=15	ПрзКод=02		Нет
11	Включить	ПрзКод=03	Вероятн=25	Нет
12	Перейти=15	ПрзКод=03		Нет
13	Включить	ПрзКод=04	Вероятн=25	Нет
14	Перейти=7	ПрзКод=00		Нет
15	Включить	СтимПрз		Да
16	Перейти=16		Клавиша=	Нет
17	Перейти=20		Отношение : 1	Нет

18	Перейти=23		Клавиша=s	Нет
19	Перейти=21			Да
20	Перейти=23		Клавиша=k	Нет
21	Включить	Сигнал=2	Клавиша=	Нет
22	Перейти=17		Время=1	Да
23	Включить	Сигнал=1		Да
24	Включить	СтимПрз		Да
25	Выкл.	Запись	Время=2	Да
26	Повторить			

В начале каждого предъявления выдерживаем случайную паузу 0–2 с (строка №2) для исключения эффекта привыкания и сразу включаем запись и входной сигнал 1, чтобы была отметка о появлении на экране стимула (отметим, что поскольку входной сигнал фиктивный, то на следующем такте он будет обнулен реальным значением, считанным с входного порта АЦП). Далее в строке 5 мы обнуляем клавиатурный буфер ПК, переходя на ту же строку при любой нажатой клавише, но без ожидания. Поэтому переходы закончатся, когда клавиатурный буфер будет пуст. Это сделано для того, чтобы далее не было реакций на нажатия клавиш, которые могли быть выполнены испытуемым по время предыдущей случайной паузы.

Для различения наших четырех альтернатив мы будем использовать системные признаки, поэтому сначала их обнуляем (№6). Затем четыре раза с вероятностью 25% пытаемся установить значения признаков 01–04 (№7, 9, 11, 13), но без ожидания выпадения такой вероятности. Если какая-нибудь из вероятностей сработала (№8, 10, 12, 14), то переходим на строку 15 (но тоже без ожидания). Однако может случиться так, что мы 4 раза выбросили вероятность 25%, но она ни разу не сработала, в таком случае мы возвращаемся к следующей попытке бросания (№14).

Если какой-то из кодов признаков установлен, то мы его посылаем как номер стимула — включаем соответствующий стимул (№15). После этого на всякий случай еще раз обнуляем клавиатурный буфер (№16).

Теперь организуем разветвление для различения двух альтернатив: красный и желтый квадраты. Для этого организуем переход (№17) на строку 20 по условию *Отношение:1* (без ожидания его выполнения). В бланке же формул (появляется при составлении протокола на условие типа «отношение») в первой позиции записываем логическое выражение $\text{sig}=2|\text{sig}=4$, которое примет значение 1 (*истина*), когда системный признак будет иметь значение 2 или значение 4 (а это отвечает номеру в монтаже КС для желтого квадрата, слева или справа на экране).

В строке 21: если отношение 1 не выполнилось (т. е. квадрат красного цвета), то переходим на строку 23 (правильная реакция) в случае нажатия клавиши \boxed{S} (без ожидания нажатия). Иначе переходим на строку 21, где включаем фиктивный сигнал 2, если нажата любая другая клавиша (ошибочное действие, выполнения этого условия не ждем), и возвращаемся на строку 17 для новой проверки правильного нажатия. При этом мы сдвигаемся на один такт времени, чтобы безвременно не зациклиться в таких про-

верках (для выполнения испытуемым следующего нажатия надо сдвинуться хотя бы на минимальный дискрет). В строке 20 производится аналогичная строке 18 проверка правильного нажатия для случаев красного квадрата (клавиша \boxed{k}). При ненажатии клавиши \boxed{k} выполняются уже рассмотренные строки 21, 22.

В случаях нажатия правильной клавиши (№23–26) включается фиктивный входной сигнал 1, как отметка о правильной реакции, в стимулятор повторно посылается значение системных признаков, в результате чего предъявленный стимул убирается с экрана, затем со сдвигом в 2 такта включается запись (чтобы в произведенной записи в файле было зафиксировано включение входного сигнала 1). После этого повторяется общий цикл предъявлений.

Тем самым в каждой записи файла двумя входными сигналами 1 будет отмечен интервал от предъявления стимула до правильной реакции, поэтому можно строить временные диаграммы латентностей реакций средствами анализа событий (см. разд. 9.4.3). Неправильные реакции будут отмечены входным сигналом 2.