

УДК 534.7+681.3.06

# СТРУКТУРА И ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ, АНАЛИЗА И КЛАССИФИКАЦИИ ЗВУКОВ ДЫХАНИЯ

В. В. КРИЖАНОВСКИЙ, В. В. КРИЖАНОВСКИЙ (мл.)

*Институт гидромеханики НАН Украины, Киев*

*Получено 29.09.03*

Представлено описание программного пакета для регистрации, экспресс-анализа, классификации и формирования базы данных звуковых сигналов дыхания. Определены структура интерфейса и функции программных модулей. Приведено описание основных экранных форм окон для настройки программных модулей и визуализации результатов обработки. Описан ряд оригинальных процедур ввода и обработки данных. Отмечена возможность работы программы с файлами различных форматов, включая их конвертирование. Показано, что пакет обеспечивает программную связь формируемой базы данных с электронными медицинскими карточками пациентов базы данных поликлиники, создаваемой в среде бесплатно распространяемого программного обеспечения TherDep4s.

Представлено опис програмного пакету для реєстрації, експрес-аналізу, класифікації й формування бази даних звукових сигналів дихання. Визначено структуру інтерфейсу і функції програмних модулів. Наведено опис основних екранних форм вікон для настроювання програмних модулів і візуалізації результатів обробки. Описано ряд оригінальних процедур введення й обробки даних. Відзначено можливість роботи програми з файлами різних форматів, включаючи їхнє конвертування. Показано, що пакет забезпечує програмний зв'язок сформованої бази даних з електронними медичними картками пацієнтів бази даних поліклініки, створюваними в середовищі безкоштовно розповсюджуваного програмного забезпечення TherDep4s.

A description of the program package intended for breath sound signal registration, express-analysis, classification and database formation is presented. The structure of the interface and functions of the program modules are determined. A description of the basic screen forms of windows for adjustment of the program modules and visualization of results of processing is given. A number of original procedures of input and data processing is described. The capability of the program to operate with files having various formats, including their converting, is stated. It is shown that the package provides the program communication of the formed database with electronic medical cards of patients from polyclinical database created within freeware environment TherDep4s.

## ВВЕДЕНИЕ

В последнее время происходит активное внедрение новых информационных технологий в различные области практической медицины. Важное место в этом процессе занимают компьютерные системы, обеспечивающие автоматизацию накопления и обработки больших объемов информации, получаемой как при профилактических обследованиях, так и при дифференциальной диагностике состояния различных органов человека. Эффективность применения этих систем для выявления патологий респираторного тракта подтверждается многочисленными публикациями отечественных и зарубежных авторов (обширная библиография представлена в ретроспективных обзорах [1] и [2]). В работах [1–5] рассмотрены подходы к объективизации аускультативных данных, выявлению и формализации характерных патологических признаков, а также разработке эффективных вычислительных алгоритмов обработки и принятия решений.

Перспективность развития этого направления

медицинской компьютерной диагностики подтверждается патентованием подобных систем в США [6–8]. Большой объем теоретических и экспериментальных исследований по разработке компьютерных комплексов для анализа и диагностики состояния респираторного тракта человека выполнен сотрудниками Института гидромеханики НАН Украины под руководством академика НАН Украины В. Т. Гринченко. Некоторые аспекты этих исследований, касающиеся использования подобных систем для выявления акустическими методами патологий респираторного тракта человека, освещены в работах [9–12]. Практическим воплощением накопленного опыта явилась разработка нескольких модификаций упомянутых компьютерных комплексов, которые в настоящее время проходят предварительные клинические испытания.

Важным компонентом любой компьютерной системы является ее программное обеспечение. В данной работе рассматривается разработанный в Институте гидромеханики НАН Украины пакет программ, предназначенный для многоканальной

синхронной регистрации группой датчиков звуков дыхания, их анализа, классификации, документирования, а также формирования базы данных и ее архивов.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В компьютерную систему включены следующие основные элементы (рис. 1):

- 1) специализированное кресло пациента с высокочувствительными сенсорами для регистрации звуков дыхания;
- 2) процессорный блок ПК с установленной на шину ISA специализированной 16-разрядной платой аналого-цифрового преобразователя (АЦП) L-1221;
- 3) цветной монитор;
- 4) акустическая система;
- 5) полихромный принтер.

Регистрация звуков дыхания осуществляется с помощью специально разработанных в Институте гидромеханики НАН Украины высокочувствительных пьезоакселерометров с малощумными преусилителями. С выхода преусилителей сигналы поступают на информационные дифференциальные входы 8-канальной платы АЦП L-1221 (изготовитель ЗАО L-CARD, Москва, Российская Федерация), где осуществляется их предварительная фильтрация и синхронное по всем каналам преобразование в 16-разрядные цифровые коды с заданной частотой дискретизации. Для оцифровки сигнала используется сигма-дельта АЦП со встроенными антиалиазинговыми фильтрами для устранения эффектов наложения спектров. Преобразованные данные записываются в файл на жестком диске и с помощью разработанного в институте пакета программ производится их экспресс-анализ. При этом обеспечивается визуализация результатов анализа на цветном мониторе и их документирование на полихромном принтере. По желанию оператора с помощью акустической системы может быть выполнен аудиоанализ данных.

Пакет программ, используемый в компьютерной системе, содержит четыре программных модуля, которые разработаны с использованием инструментальной среды C++Builder под управлением операционной системы Windows'98.

Первый модуль реализован на основе поставляемого к плате АЦП L-1221 драйвера и обеспечивает многоканальный синхронный ввод и запись данных в файл на жестком диске с возможностью выбора частоты дискретизации и диапазона входных уровней сигнала.

Второй модуль предназначен для проведения экспресс-анализа полученных данных. На его основе могут быть решены следующие задачи:

- настройка на плату АЦП;
- считывание данных с жесткого диска, их визуализация и контроль ограничения уровней;
- оценка и визуализация спектральной плотности мощности (СПМ) сигналов;
- оценка и визуализация двумерных СПМ (респиросонограмм) сигналов;
- оценка межканальной когерентности спектральных компонент сигналов;
- оценка межканальных фазовых задержек спектральных компонент сигналов;
- адаптивная классификация СПМ сигналов на основе эталонных данных;
- ранговая классификация по структуре СПМ сигналов;
- цифровая фильтрация входных сигналов;
- аудиоанализ сигналов, а также считывание и запись данных в wav-формате;
- оказание помощи пользователю на основе контекстной справочной системы.

Третий модуль используется для формирования базы данных регистрируемых звуков дыхания, которая программно связана с бесплатно распространяемой системой TherDep4s [13], предназначенной для автоматизации ведения базы данных многопрофильной больницы. Последняя содержит, в частности, электронные формуляры медицинских карточек пациентов.

Четвертый модуль используется для архивирования структуры сформированной базы данных. Для эффективной работы программного обеспечения рекомендуется процессор с тактовой частотой не ниже 230 МГц, оперативная память не ниже 64 Мб и свободное пространство на жестком диске не менее 50 Мб. Установка программного обеспечения требует около 10 Мб дискового пространства.

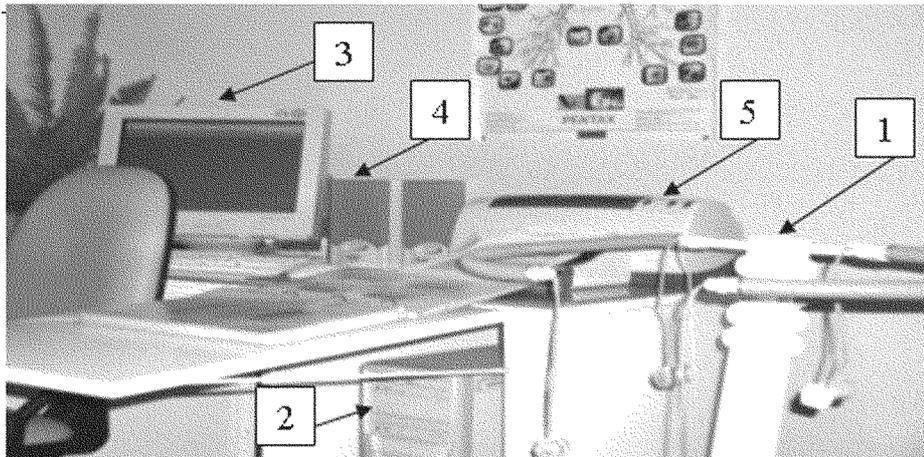


Рис. 1. Компьютерная система регистрации и анализа шумов дыхания (общий вид)

### ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

При запуске программы экспресс-анализа данных открывается главное окно, в верхней части которого приведен список из четырех активных пунктов меню: **Файл**, **Вид**, **Опции**, **Справка**. Основные функции этих пунктов меню дублируются соответствующими пиктограммами панелей инструментов. Включение панелей инструментов осуществляется с помощью меню **Вид**. Назначение того или иного элемента панели инструментов определяется текстом подсказки при фиксировании на этом элементе курсора мышки. Из меню **Вид** можно активизировать строку статуса, размещаемую в нижней части главного окна программы. В этой строке выводится информация о размере свободной памяти в соответствующем разделе на жестком диске, количестве открытых дочерних окон, а также текущей дате и времени. Кроме того, меню **Вид** позволяет задавать формат единиц масштабирования осей абсцисс и ординат при выводе графиков реализаций сигналов.

Меню **Опции** содержит две команды: “Базовые установки платы АЦП” и “Настройки программы”. Команда “Базовые установки платы АЦП” позволяет настроиться на плату АЦП (выбрать тип платы АЦП, ее базовый адрес, номер прерывания и др.). Все установки инициализируются по умолчанию.

Команда “Настройки программы” (меню **Опции**) открывает доступ к одному из двух вкладываемых окон этой команды. На первом вкладываемом с рубрикой “Общие” можно разрешить вывод заставки при старте программы. Второй

вкладыш с рубрикой “Графики” позволяет задать требования к оформлению графических окон (определить величину отступов для подписей под координатными осями, активизировать опцию вывода подписей, задать цветовую палитру графических элементов и т.п.), а также включить функции управления мышкой в графических окнах (возможность прокрутки графиков при нажатой правой кнопке мышки и масштабирование при нажатой левой кнопке мышки). Указанные настройки оказывают действие на все графические окна, кроме окон вывода респиросонограмм (см. описание команды “Респиросонограмма” (меню **Анализ**)). Рациональные значения настроек параметров для второго вкладыша устанавливаются при инсталляции программного модуля экспресс-анализа данных.

Для ввода новых данных необходимо активизировать команду “Новый” (меню **Файл**) с помощью мышки или комбинации клавиш **Ctrl+N**. При этом появляется окно модуля записи в файл данных, поступающих с установленной в ПК платы АЦП L-1221 (рис. 2). Данное окно позволяет выполнить следующие операции.

1. Указать формат и имя выходного файла, включая путь.
2. Выбрать режим работы платы АЦП с отсечкой постоянной составляющей (рекомендуется по умолчанию) либо без нее.
3. Определить частоту дискретизации, выбрав из списка “Частота ввода (кГц)” требуемое значение и соответствующий ее делитель из списка “Делитель частоты”. При этом в поле “Результирующая частота (Гц)” будет пока-

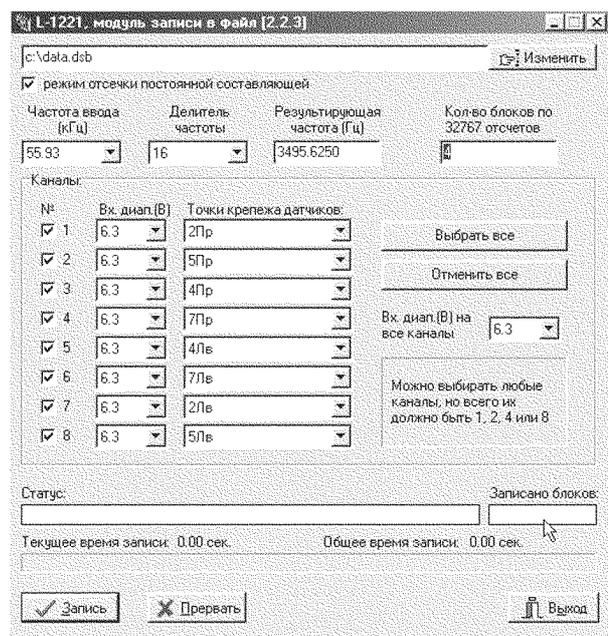


Рис. 2. Полный вид окна модуля записи в файл данных с платы АЦП по 8-ми каналам

зано значение выбранной частоты ввода данных.

4. В поле “Кол-во блоков по 32767 отсчетов” определить количество блоков записываемых данных, которое определяет длительность реализации полученного файла.
5. Выбрать номера каналов, с которых будет осуществлен съем данных (для автоматизации выбора всех каналов служит кнопка “Выбрать все”, а кнопка “Отменить все” снимает признаки выбора со всех каналов).
6. Для каждого из выбранных каналов задать диапазон допустимых уровней сигналов, выбирая значения из списков “Вх. диап. (В)” напротив соответствующего номера канала. Выбрав значение из списка “Вх. диап. (В) на все каналы” можно автоматически присвоить его каждому из 8-ми каналов, независимо от его активности.
7. Определить для каждого из выбранных каналов номера точек расположения сенсоров (датчиков) на теле пациента, манипулируя соответствующими списками “Точки крепежа датчиков”.

Для сохранения указанной информации вместе с цифровыми данными о введенных сигналах разра-

ботан специальный формат файла с расширением “.dsb”.

После проведения всех настроек необходимо инициировать запись кнопкой “Запись”. При этом на экран будет выведено окно “Параметры записи”. Если выведенные параметры верны, следует нажать кнопку “Начать запись” для старта процесса записи, а в противном случае – нажать кнопку “Отмена”. Информация о процессе записи отображается в нижней части главного окна модуля. По окончании записи в поле “Статус” будет выдано соответствующее сообщение. При желании можно остановить запись кнопкой “Прервать”. После завершения сеанса работы окно модуля следует покинуть с помощью кнопки “Выход”.

Для визуализации полученных данных необходимо перейти в главное окно программы экспресс-анализа данных и активизировать команду “Открыть” из меню **Файл** или соответствующую группу “горячих” клавиш **Ctrl+O**. В результате появляется диалоговое окно “Открытие файла”, в котором можно выбрать и загрузить необходимый файл данных. Для этого необходимо выбрать диск, папку и тип открываемого файла. В целях обмена данными с другими приложениями программа экспресс-анализа, помимо основного “.dsb”-формата, поддерживает ряд дополнительных, содержащихся в списке:

- 1) все типы файлов (\*.\*);
- 2) звуковые данные (\*.dsb, \*.dat, \*.wav, \*.txt, \*.mat, \*.m00);
- 3) графические данные (\*.bmp, \*.wmf, \*.emf, \*.jpg, \*.pcx);
- 4) файлы звуков дыхания (\*.dsb);
- 5) файлы данных АЦП (\*.dat);
- 6) Windows PCM (\*.wav);
- 7) ASCII Text Data (Cool Edit Pro) (\*.txt);
- 8) Matlab 4, 5, 6 (\*.mat, \*.m00).

После ввода цифровых данных о сигналах происходит расширение списка меню за счет добавления новых пунктов **Препроцессор**, **Анализ**, **Классификация**, **Изображение** и **Окна**. Параллельно расширяется набор активных элементов панели инструментов, касающихся как исходных, так и дополнительных пунктов меню (рис. 3).

Кроме того, в строке статуса добавляется информация о частоте дискретизации введенных

данных. В случае ввода графических данных дополнительные пункты меню **Анализ** и **Классификация** остаются неактивными, а строка статуса не содержит сведений о частоте дискретизации.

На рис. 4 представлено окно вывода зависимости уровней сигнала в заданном канале от времени. В нижней части окна имеются кнопки для изменения масштаба отображаемой информации, включения визира с отображением в нижнем левом углу окна координат визируемых точек графика, а также кнопка запуска и останова режима озвучивания выведенного в окне файла данных.

Команда “Контроль данных” (меню **Анализ**) обеспечивает выявление случаев возможного ограничения уровней входных отсчетов сигналов (клиппирования) в выбранном для анализа файле данных и выдачу результатов анализа (количество отсчетов, достигающих или превышающих предельный для 16-разрядной платы АЦП уровень положительных и отрицательных значений) в табличном виде по всем каналам.

Команда “Экспорт данных” (меню **Файл**) позволяет сохранить данные выбранного канала в файл заданного формата. После выбора команды появляется диалоговое окно “Экспорт данных”, где можно задать имя, путь и формат файла, а также указать дополнительные параметры записи, которые зависят от выбранного файлового формата. В данном режиме доступны следующие форматы данных: ASCII Text Data (\*.txt); Windows PCM (\*.wav); Matlab MAT (версия 4); Matlab MAT (версии 5 и 6).

Для ввода данных из двух разных файлов, каждый из которых содержит многоканальные записи, следует использовать команду “Открыть два файла” (меню **Файл**). При выборе данной команды появляется окно мастера загрузки данных из двух файлов, в котором в пошаговом режиме выполняются следующие действия:

шаг 1 (выбор файлов): необходимо указать пути и имена вводимых файлов данных, а также их тип. С помощью кнопки “Вперед” – перейти к следующему шагу.

шаг 2 (выбор каналов): для каждого из файлов указать номер канала(точки), из которого необходимо загрузить данные в программу. С помощью кнопки “Завершить” – осуществить загрузку данных.

Если необходимо переопределить имена файлов, предусмотрена возможность вернуться к шагу 1 с помощью кнопки “Назад”. Далее программа осуществляет контроль данных, аналогичный описан-

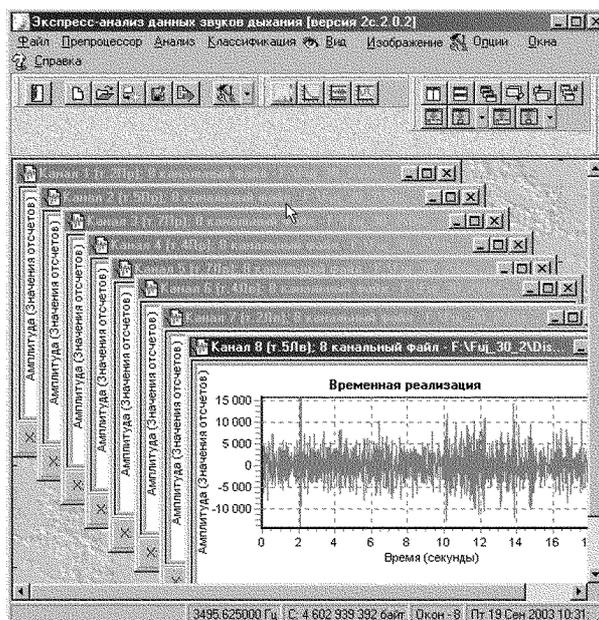


Рис. 3. Полный вид главного окна программы с каскадом дополнительных окон вывода реализаций шумов дыхания по 8-ми каналам

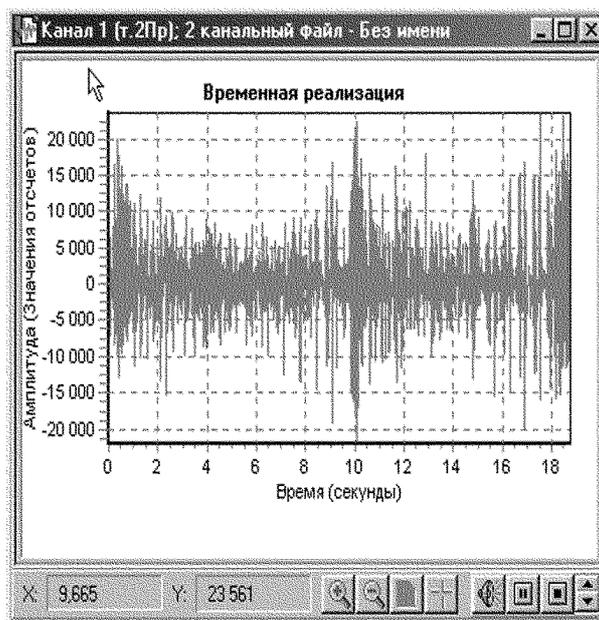


Рис. 4. Окно вывода графика временной зависимости уровней сигнала в заданном канале

ному выше.

Команда “Сохранить как” (меню **Файл**) позволяет сохранить открытый файл данных с новым именем. После выбора команды появится диалоговое окно “Сохранение файла”, где можно задать

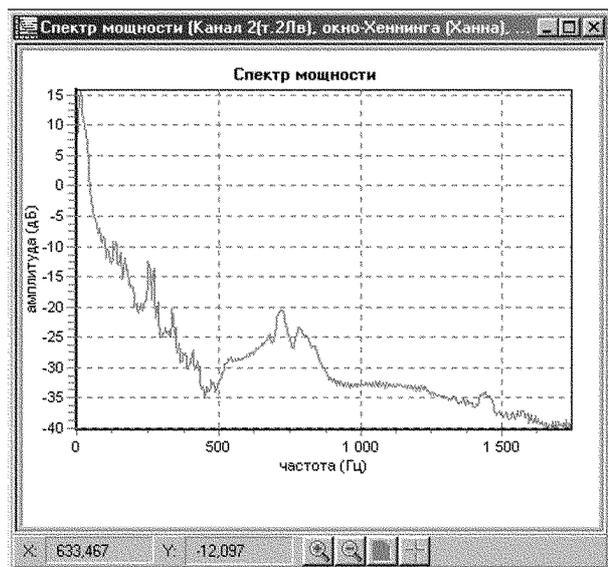


Рис. 5. Окно вывода на график оценки СПМ сигнала в заданном канале

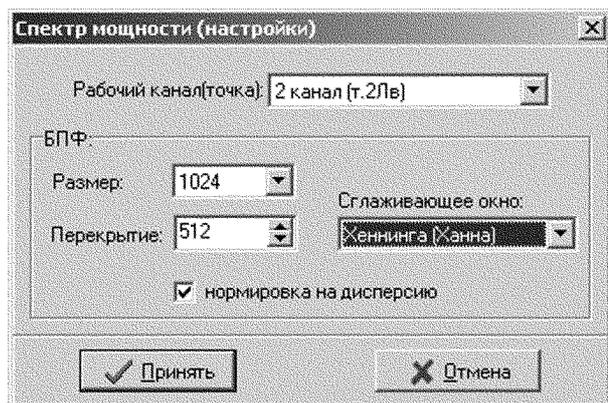


Рис. 6. Вид окна настройки модуля вычисления СПМ сигналов

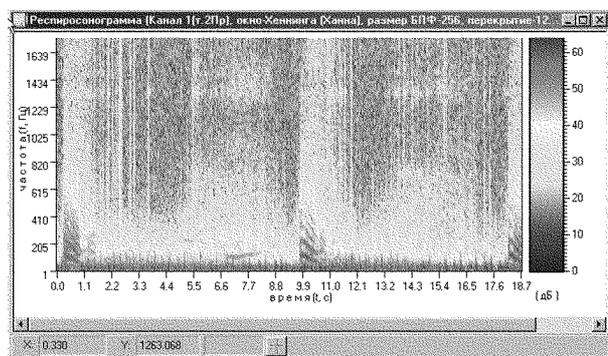


Рис. 7. Окно вывода респиросонограммы сигналов в заданном канале

имя, путь и формат файла (доступны форматы с расширением “.dsb” и “.dat”), а также отметить каналы, которые будут сохранены на диске. Данный режим может быть использован при сохранении данных, открытых командой “Открыть два файла” (меню **Файл**), а также при разделении многоканального файла на несколько одноканальных. По умолчанию выбраны все каналы. Кнопки “Выбрать все” и “Отменить все” служат для быстрой активации/деактивации всех каналов. При нажатии кнопки “Сохранить” происходит сохранение данных в файле. Кнопка “Отмена” служит для выхода из окна диалога без сохранения данных. Описываемая команда недоступна для открытых графических файлов.

Команда “Спектр мощности выбранного канала” (меню **Анализ**) позволяет оценить на основе метода Уэлча (Welch) [14] спектральную плотность мощности сигнала в выбранном канале и представить результаты оценки на графике в логарифмическом масштабе по уровню и линейном масштабе по частоте (рис. 5).

При выделении данной опции открывается окно (рис. 6), в котором можно выбрать номер канала; размер интервала быстрого преобразования Фурье – БПФ (совпадает с размерами сегментов, на которые разделяется реализация сигнала); величину перекрытия сегментов при сглаживании по времени; тип окна по времени и режим нормировки оценок СПМ на дисперсию по отдельным сегментам. При этом увеличение интервала БПФ повышает разрешающую способность по частоте, перекрытие соседних сегментов реализации сигнала улучшает сглаживание СПМ, а использование окон по времени обеспечивает снижение влияния на оценки СПМ просачивания энергии сигнала с соседних частот [15]. Наконец, выбор режима нормировки на дисперсию позволяет снизить влияние нестационарности сигнала на результаты сглаживания СПМ по отдельным сегментам.

Команда “Респиросонограмма” (меню **Анализ**) предназначена для графического представления двумерных периодограммных оценок СПМ в координатах частота – время [5] с помощью цветовой кодировки уровней, зависящей от заданной палитры (рис. 7).

Окно параметров настройки (рис. 8), появляющееся при выделении этой опции, позволяет указать ряд характеристик, уже рассмотренных при описании команды “Спектр мощности выбранного канала” (меню **Анализ**): номер канала (точки съема данных), размер интервала БПФ, величину перекрытия сегментов при сглаживании по времени, тип окна по времени. Кроме этого, можно задать

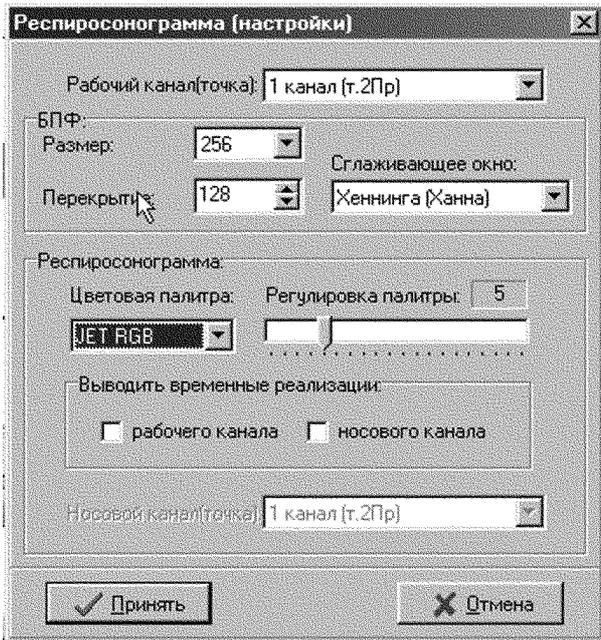


Рис. 8. Вид окна настройки модуля вычисления респиросонограммы сигналов

тип цветовой палитры и коэффициент регулировки ее насыщенности. Наконец, для сравнительного анализа временной и спектральной структуры сигналов можно совместно с респиросонограммой вывести графики реализаций сигнала в заданном рабочем канале (рис. 9).

Некоторые модификации компьютерных систем могут содержать дополнительные информационные каналы. В частности, это может быть канал, связанный с датчиком контроля носового дыхания, позволяющий разделить фазы вдоха и выдоха. В этом случае, в окне формы на рис. 8 следует активизировать окошко носового канала. Тогда сигнал с выхода указанного канала будет представлен в виде дополнительного графика.

Команда «Фазочастотный спектр» (меню **Анализ**) предназначена для оценки и графического представления частотной зависимости фазовых сдвигов между соответствующими спектральными отсчетами сигналов в заданных каналах. В виде графика (рис. 10) выводятся главные значения фазовых сдвигов, сосредоточенные в интервале  $[-180^\circ; +180^\circ]$ .

При выборе этой команды появляется окно настройки параметров (рис. 11), которое отличается от окна команды «Спектр мощности выбранного канала» (меню **Анализ**) только дополнительной позицией для указания второго канала.

Команда «Функция когерентности» (меню **Ана-**

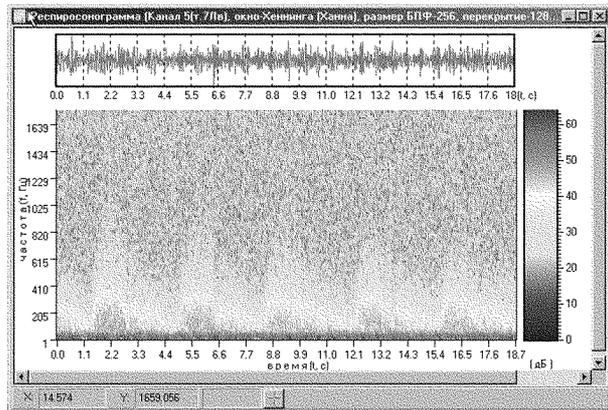


Рис. 9. Окно вывода графика реализации сигнала в заданном канале и его респиросонограммы

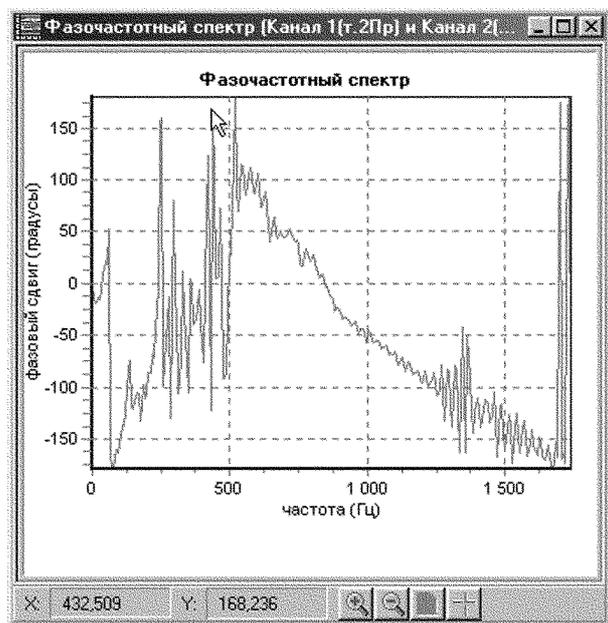


Рис. 10. Окно вывода частотной зависимости фазовых сдвигов между спектрами сигналов заданной пары каналов

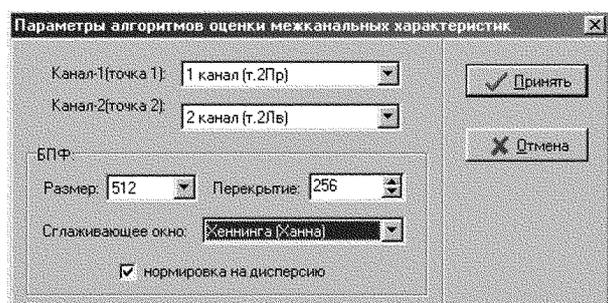


Рис. 11. Вид окна настройки модуля вычисления фазочастотного спектра сигналов заданной пары каналов

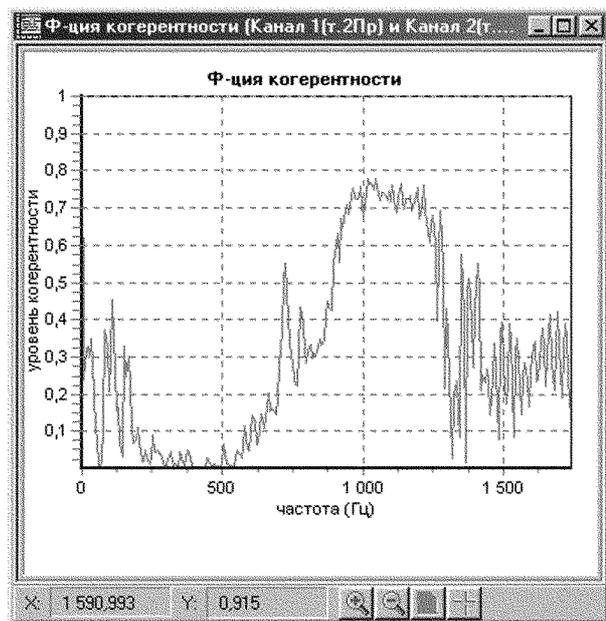


Рис. 12. Окно вывода частотной зависимости функции когерентности между спектрами сигналов заданной пары каналов

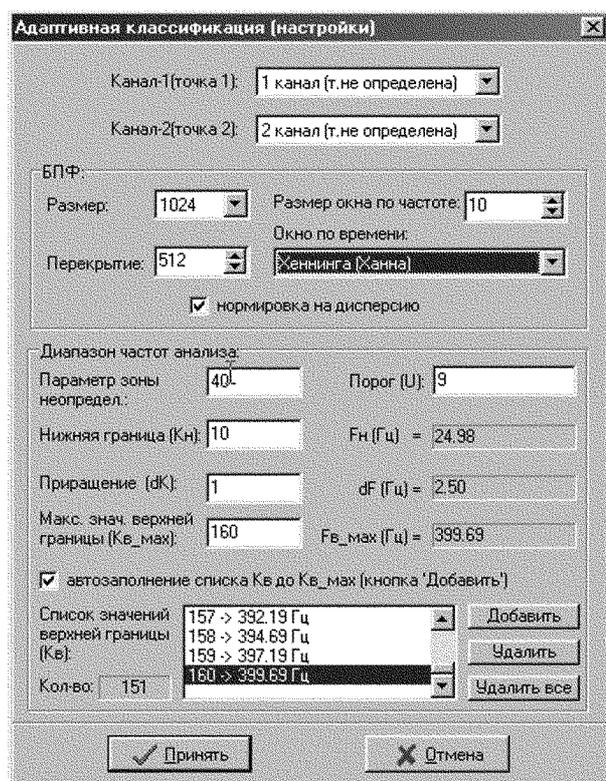


Рис. 13. Вид окна настройки модуля адаптивной классификации сигналов для заданной пары каналов

лиз) предназначена для оценки и графического представления (рис. 12) частотной зависимости функции когерентности между соответствующими спектральными отсчетами сигналов в заданных каналах [16]. При выборе этой команды появляется окно, которое идентично окну настройки для команды “Фазочастотный спектр” (меню Анализ).

Команда “Адаптивная” (меню Классификация) позволяет производить автоматическую классификацию шумов дыхания по величине некоторого условного расстояния между оценками СПМ двух процессов, один из которых является эталонным для шумов заданного класса [12]. При выделении данной опции открывается окно, в котором можно выбрать номер канала, размер интервала БПФ, величину перекрытия сегментов при сглаживании по времени, тип окна по времени и режим нормировки оценок СПМ на дисперсию по отдельным сегментам (рис. 13).

Содержание этих характеристик было рассмотрено при описании команды “Спектр мощности выбранного канала” (меню Анализ). Там же описан метод оценивания СПМ. Новой возможностью этого режима является включение по желанию оператора процедуры дополнительного сглаживания СПМ по частоте в скользящем окне согласно методу Даниелла (Daniell) [17]. Кроме этого, в режиме “Классификация” можно определить рабочую область частот, пороговую константу и размер зоны неопределенности решений. Расстояние между полученными оценками СПМ сравнивается с заданным порогом и, в зависимости от результатов этого сравнения, возможны три варианта решений:

- 1) оценка СПМ тестируемого сигнала принадлежит заданному классу (диагноз “Норма”);
- 2) оценка СПМ тестируемого сигнала не принадлежит заданному классу (диагноз “Патология”);
- 3) принадлежность к тому или иному классу не определена (“Диагноз не определен. Рекомендуется провести дополнительное обследование”).

Вариант решения выводится на экран в виде соответствующего транспаранта (рис. 14). Кроме того, оператору в дополнительных окнах предоставляются для визуального сравнения графики оценок СПМ сигналов в выбранных каналах (рис. 15), а также графики сравнения интегрального по частоте расстояния между этими оценками СПМ с заданным пороговым уровнем (рис. 16).

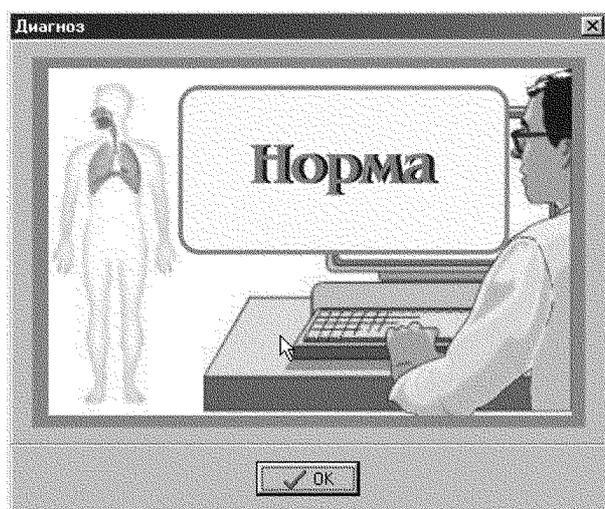


Рис. 14. Вид транспаранта с вариантом решения, принятого после классификации шумов дыхания пациента, с органами дыхания в норме

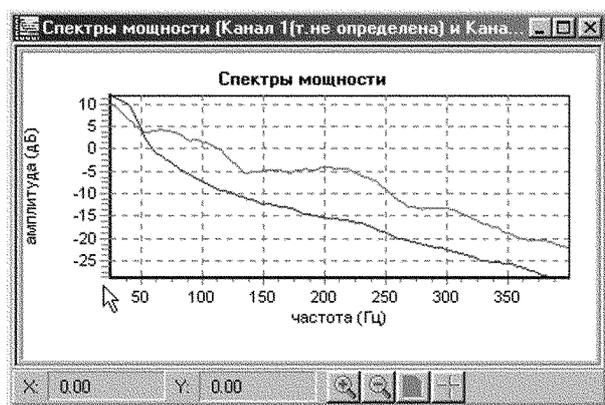


Рис. 15. Вид окна для сравнения графиков оценок СПМ сигналов в заданной паре каналов

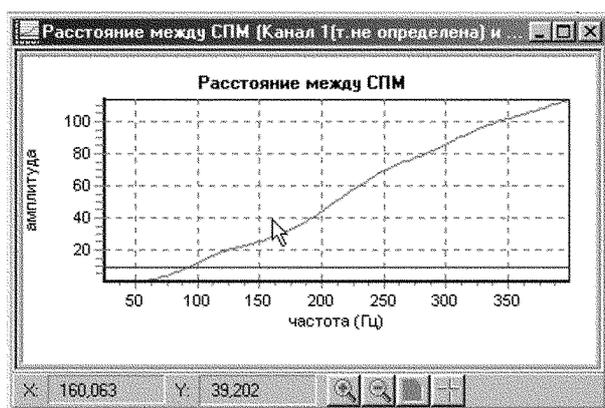


Рис. 16. Вид окна для сравнения интегрального расстояния между СПМ сигналов в заданной паре каналов с порогом

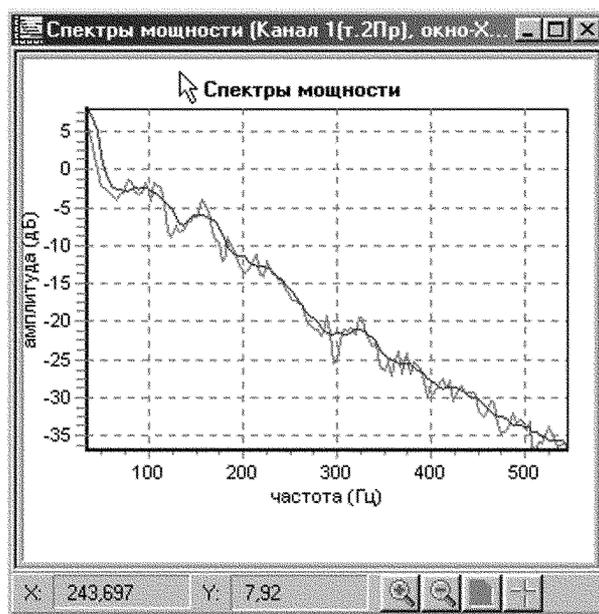


Рис. 17. Вид окна для сравнения графиков сглаженной и несглаженной оценок СПМ сигнала в заданном канале

Команда “Ранговая” (меню **Классификация**) позволяет проводить автоматическую классификацию шумов дыхания по структуре рангового вектора оценки СПМ тестируемого процесса [12]. При выделении данной опции открывается окно, в котором можно выбрать те же характеристики, которые были определены при описании команды “Адаптивная” (меню **Классификация**). Отличительной особенностью этого режима является использование сигнала только одного канала. Решение принимается на основе результатов сравнения (при заданном пороге дисперсии) рангового вектора тестируемой СПМ относительно эталонного рангового вектора. Здесь также возможны три варианта решений, которые представляются оператору в виде соответствующих транспарантов, приведенных при описании режима адаптивной классификации. Кроме того, в дополнительных окнах для визуального сравнения выводятся графики оценок сглаженной и несглаженной по частоте СПМ сигнала в выбранном канале (рис. 17), а также графики сравнения интегральной по частоте дисперсии рангового вектора с заданным пороговым уровнем (рис. 18).

Команда “Цензурирование врем. реализации” (меню **Препроцессор**) предназначена для удаления из выборки данных выделенного канала отдельных аномальных групп отсчетов. Для выявления этих групп используется визуальный анализ

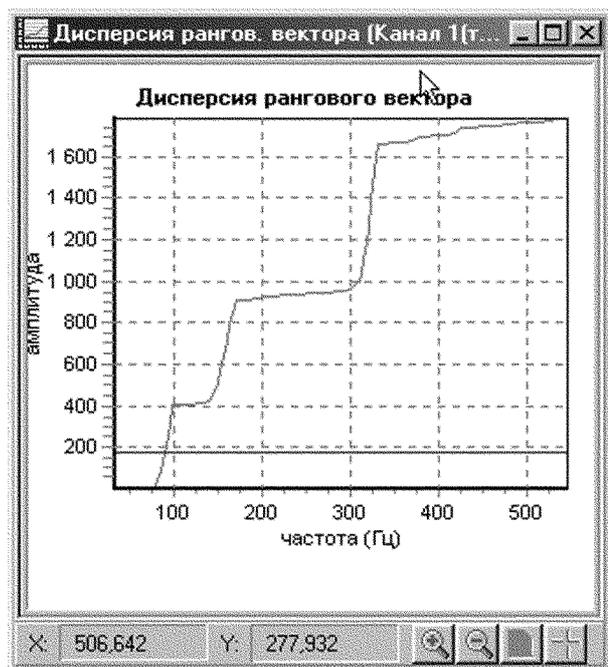


Рис. 18. Вид окна сравнения интегральной дисперсии рангового вектора СПМ сигнала в заданном канале с порогом

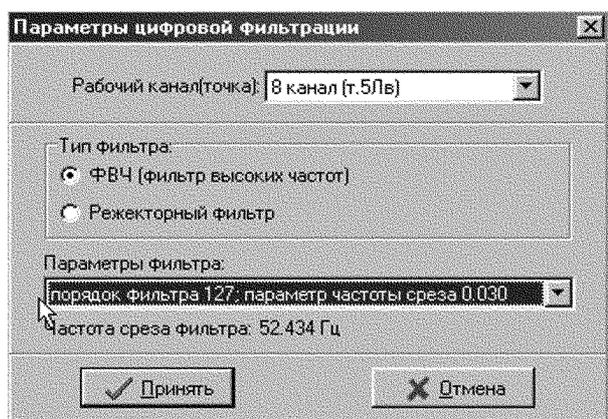


Рис. 19. Вид окна модуля настройки параметров цифровой фильтрации сигналов в заданном канале

данных в форме совмещенных в одном дочернем окне графиков зависимости от времени уровней отсчетов наблюдаемой реализации и ее респиросонограммы. При активизации этой команды появляется окно “Респиросонограмма (настройка)”, в котором необходимо задать номер канала (точки съема данных), размер интервала БПФ, тип окна по времени и т. п. (аналогично описанию команды “Респиросонограмма” из меню **Анализ**) и нажать кнопку “Принять”. Далее, правой кнопкой мышки

активируется всплывающее меню, в котором доступен только один пункт “Начать съём граничных точек”. Выделив его правой кнопкой мышки, надо перевести курсор, принимающий вид визира, в поле графика респиросонограммы и отметить последовательно левой кнопкой мышки начальную и конечную точку каждой группы цензурируемых отсчетов. Затем правой кнопкой мыши опять активируется всплывающее меню, в котором теперь доступны еще два пункта: “Завершить съём граничных точек” и “Список граничных точек”. Последний пункт меню используется для контроля значений выбранных номеров граничных точек, а также для контроля четности общего количества выделенных точек. Если количество точек нечетно, то выдается соответствующее предупреждение. При ошибочном выделении граничных точек процедуру можно повторить с исходного пункта меню “Начать съём граничных точек”. Если же набор точек сформирован правильно, то необходимо выбрать пункт меню “Завершить съём граничных точек” и в появившемся окне выбрать каталог, тип и имя файла, в котором будут сохраняться данные после процедуры цензурирования.

Команда “Фрагментация врем. реализации” (меню **Препроцессор**) предназначена для формирования выборки отсчетов из фрагментов исходной реализации сигналов заданного канала (точки). Для выделения нужных фрагментов используются те же процедуры, которые использовались при описании команды “Цензурирование врем. реализации” (меню **Препроцессор**). Единственное отличие состоит в том, что теперь следует задавать граничные точки интересующих фрагментов выбранной реализации.

Команда “Цифровая фильтрация врем. реализации” (меню **Препроцессор**) предназначена для проведения предварительной цифровой фильтрации сигналов в заданном канале [18]. При активизации этой команды появляется окно “Параметры цифровой фильтрации” (рис. 19), в котором можно выбрать номер канала, тип фильтра (фильтр высоких частот или режекторный фильтр), а также порядок фильтра и частоту среза или режекции. Для проведения процедуры цифровой фильтрации надо нажать кнопку “Принять” и в появившемся окне “Сохранить данные фильтрации канала...” указать тип, путь и имя файла, куда будут записаны отфильтрованные данные.

Меню **Изображение** включает три команды: “Скопировать в буфер обмена”, “Сохранить в файл” и “Обновить”, которые управляют графической информацией. Команда “Скопировать в буфер обмена” используется при обме-

не графической информацией с другими Windows-приложениями. С помощью команды “Сохранить в файл” можно записать графическую информацию в файл в одном из наиболее распространенных форматов: “\*.bmp”, “\*.wmf”, “\*.emf” или “\*.jpg”. Исключения составляют графики реализаций, совмещенные в одном окне с респиросонограммами – их нужно сохранять отдельно. Наконец, команда “Обновить” используется в случае необходимости обновления графика на экране.

Меню **Окна** содержит ряд традиционных для Windows-приложений команд, назначение которых понятно из контекста: “Вертикально”, “Горизонтально”, “Каскадом”, “Следующее окно”, “Предыдущее окно”, “Список открытых окон”, “Закрывать активное окно” и “Закрывать все”. Полезными для пользователя при многооконном режиме работы являются также дополнительные команды. Команда “Свернуть только” позволяют свернуть часть окон, объединенных по характеру представляемой информации (временные реализации, респиросонограммы, спектры мощности и т.п.), а команда “Свернуть все” обеспечивает сворачивание всех выведенных на экран графических окон. Обратное действие задается командами “Восстановить все” и “Восстановить только”.

Описание всех меню, команд, кнопок управления, а также ряда других сервисных функций содержится в контекстной справочной системе, активируемой с помощью меню **Справка**. Для этого следует использовать команду “Содержание” или “горячую” клавишу **F1**. С их помощью вызывается окно, в котором на первой вкладке достаточно выделить интересующую тему и перейти в соответствующее текстовое окно с необходимыми комментариями. На второй вкладке пользователю предлагается поиск интересующей темы по индексу из представленного в соответствующем окне списка.

Среди скрытых возможностей следует указать на реализацию в программе ряда контрольных процедур, обеспечивающих вывод специальных предупреждающих сообщений при некорректных настройках программных модулей ввода и обработки данных.

Заметим, что запуск программных модулей ввода данных с платы АЦП и их экспресс-анализ может быть проведен также с помощью упомянутого выше программного модуля формирования базы данных, программно-связанного с системой TherDep4s [13]. При запуске этого программного модуля открывается окно (рис. 20), в котором отображается список пациентов, таблица имен и дат формирования файлов данных для каждого паци-

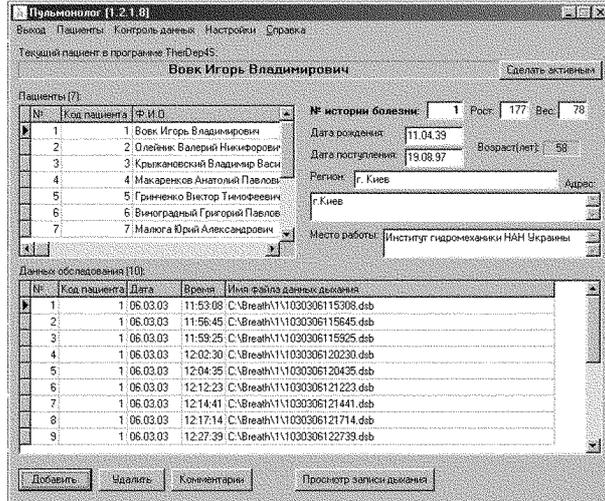


Рис. 20. Вид окна модуля формирования базы данных, программно-связанного с системой TherDep4s [13]

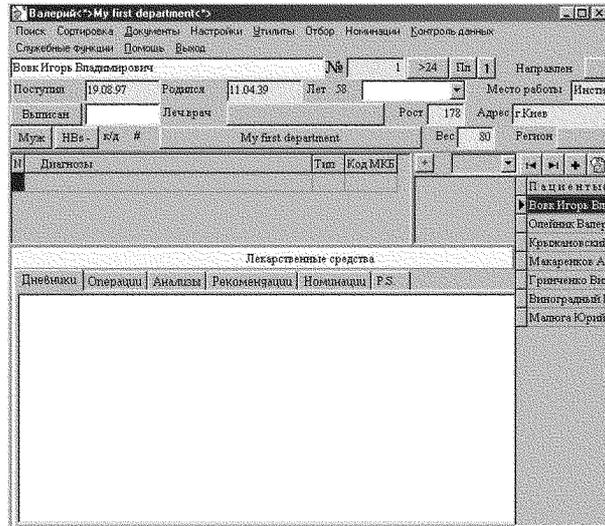


Рис. 21. Вид окна программы Department системы TherDep4s [13]

ента и ряд других общих сведений о пациентах, занесенных в базу данных системы TherDep4s с помощью специального окна (рис. 21). Это окно появляется при запуске программы Department, описанной в [13]. С помощью курсора мышки можно выбрать из списка конкретного пациента. Нажатием кнопки “Добавить” вызывается описанное выше окно модуля записи в файл данных, поступающих с платы АЦП L-1221. После окончания процедуры ввода данных в таблице появляется очередной файл, имя которого уникально, так как содержит с точностью до секунд время формирования файла.

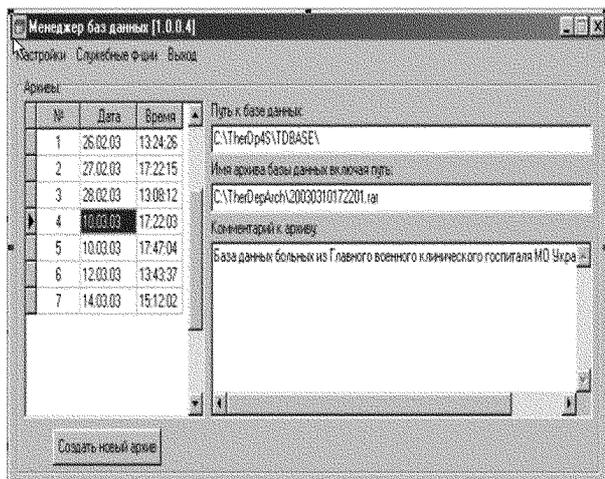


Рис. 22. Вид окна модуля архивирования базы данных, совместимого с системой TherDep4s [13]

Кнопка “Комментарий” позволяет ввести для каждого файла дополнительную текстовую информацию, полезную для последующего анализа и систематизации данных. С помощью кнопки “Удалить” можно уничтожить выделенный файл вместе с комментариями к нему. Наконец, еще одна кнопка “Просмотр записи дыхания” позволяет загрузить выделенный файл в среду программного модуля экспресс-анализа (см. выше).

Кроме указанных кнопок, в верхней части окна программного модуля формирования базы данных имеется меню **Контроль данных**, которое используется для контроля успешности завершения записи данных в файл. Если выделенный в таблице файл отсутствует на диске, то предлагается удалить имя файла из таблицы. Меню **Настройка** используется только на этапе инсталляции этого программного модуля и предназначено для указания каталогов хранения программы экспресс-анализа и хранения файлов звуков дыхания. Меню **Пациенты** предназначено для отображения в таблицах кода пациента. Наконец, меню **Справка** позволяет получить информацию о назначении и использовании управляющих элементов главного окна программного модуля Pulmonolog. Для корректного выхода из программы Pulmonolog необходимо активизировать команду меню “Выход”.

Для архивирования структуры и содержимого файлов базы данных используется отдельный программный модуль, при запуске которого открывается окно (рис. 22), в котором имеется меню **Настройки**. С помощью этого меню можно определить значения полей “Название базы данных” и “Путь к базе данных”, подлежащей архивирова-

нию. Если база данных использует алиас (задаваемый оператором короткий псевдоним для быстрого вызова), то путь можно задать, выбрав опцию “Использовать алиас” и отметив в выпадающем списке нужное значение из доступных алиасов. Значение поля “Максимальное число хранимых архивов” задается в зависимости от свободного дискового пространства, и удаление избыточных архивов осуществляется по принципу “FIFO” (First Input First Output) – удаляется старейший из хранимых архивов. Наконец, поле “Путь сохранения архивов” определяет место, где будут храниться архивы выбранной базы данных.

После определения всех необходимых параметров их можно сохранить с помощью кнопки “Применить”. Для каждого архивного файла существует текстовое поле “Комментарий к архиву”, где можно ввести необходимую информацию о содержании архива данных.

Команда “Просмотр таблиц базы данных” (меню **Служебные ф-ции**) запускает окно, в котором можно вести предварительный просмотр всех таблиц и индексов, входящих в базу данных, определенную текущими параметрами настройки.

Команда “Восстановить базу данных из архива” меню **Служебные ф-ции** заменяет данные рабочего каталога базы данными из выбранного архива. При этом данные, которые были введены после даты формирования выбранного архива, теряются, и их необходимо ввести заново.

Команда “Удалить выбранный архив” меню **Служебные ф-ции** удаляет с диска выбранный из списка архив. Для защиты от несанкционированного доступа к служебным функциям меню **Настройки** и **Служебные ф-ции** можно заблокировать.

Предварительные испытания рассмотренного пакета программ в составе компьютерной системы, проведенные в Главном военном клиническом госпитале МО Украины, подтвердили его эффективность для выявления патологий респираторного тракта. В заключение отметим, что данный пакет может быть использован для экспресс-анализа не только звуков дыхания, но и звуков, связанных с жизнедеятельностью других органов человека (в частности, сердца). В настоящее время этот пакет в составе компьютерной системы проходит клинические испытания в НПП “Торакальная хирургия и пульмонология” и в “Международном центре здоровья и гигиены труда”.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана структура пакета программных модулей для согласованной регистрации, экспресс-анализа, классификации и формирования базы данных звуковых сигналов.
2. Разработан программный интерфейс для настройки и запуска программных модулей, а также контроля корректности их функционирования.
3. Разработаны экранные формы окон для ввода параметров, визуализации результатов обработки, аудиоанализа и документирования в файл.
4. Разработан специальный формат сохранения данных в файл, учитывающий основные настройки платы АЦП.
5. Разработаны процедуры конвертирования форматов звуковых данных для обмена с другими приложениями.
6. Разработаны процедуры реализации оригинальных алгоритмов адаптивной и ранговой классификации звуков дыхания.
7. Разработана процедура считывания и совместной обработки многоканальных данных из двух файлов с контролем согласованности параметров их аналого-цифрового преобразования.
8. Разработаны процедуры цензурирования, фрагментации и цифровой фильтрации данных.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы глубоко признательны профессору И. В. Вовку за инициативу написания этой работы, а также за ряд полезных замечаний, высказанных в ходе подготовки статьи.

1. Вовк И. В., Гринченко В. Т., Дахнов С. Л., Крижановский В. В., Олийнык В. Н. Шумы дыхания человека: объективизация аускультативных признаков // Акуст. вісн.– 1999.– 2, N 3.– С. 11–32.

2. Charbonneau G., Ademovic E., Cheetham B. M. G., Malmberg L. P., Vanderschoot J., Sovijarvi A. R. A. Basic techniques for respiratory sound analysis // Eur. Respir. Rev.– 2000.– 77, N 10.– P. 625–635.
3. Вовк И. В., Гринченко В. Т., Красный Л. Г., Макаренко А. П. Проблемы регистрации и классификации шумов дыхания человека // Акуст. ж.– 1994.– 40, N 1.– С. 750–756.
4. Cohen A., Landsberg D. Analysis and automatic classification of breath sounds // IEEE Trans. Biomed. Engng.– 1984.– BME-31, N 9.– P. 585–589.
5. Pasterkamp H., Carson C., Daien D., Oh Y. Digital respirosography. New images of lung sounds // Chest.– 1989.– 96.– P. 1405–1412.
6. Gavriely N. Pneumographics system // US Patent.– July 17, 2001.– N 6261238.– P. 1–68.
7. Murphy R. (jr) Method and apparatus for locating the origin of intrathoracic sounds // US Patent.– December 1, 1998.– N 5844997.– P. 1–15.
8. Murphy R. (jr) Method and apparatus for displaying lung sounds and performing diagnosis based on lung sound analysis // US Patent.– May 28, 2002.– N 6394967.– P. 1–18.
9. Вовк И. В., Дахнов С. Л., Крижановский В. В., Олийнык В. Н. Возможности и перспективы диагностики легочных патологий с помощью компьютерной регистрации и обработки шумов дыхания // Акуст. вісн.– 1998.– 1, N 2.– С. 21–33.
10. Гринченко В. Т., Глебова Л. П., Майданник В. Г., Макаренко А. П., Рудницький О. Г. Комп'ютерні методи обробки аускультативних даних // Педіатрія, акушерство та гінекологія.– 1998.– N 5.– С. 29–33.
11. Майданник В. Г., Гринченко В. Т., Рудницький О. Г., Глебова Л. П., Макаренко А. П. Нові підходи в автоматизації аускультативної діагностики легеневих захворювань // Педіатрія, акушерство та гінекологія.– 2000.– N 6.– С. 30–35.
12. Гринченко В. Т., Крижановский В. В., Крижановский В. В. (мл.) Алгоритмы адаптивной и ранговой классификации шумов дыхания // Акуст. вісн.– 2002.– 5, N 3.– С. 19–27.
13. Болгов М. Ю. Руководство пользователя TherDep4S (автоматизация многопрофильной больницы).– К.: Здоров'я України, 2001.– 176 с.
14. Оппенгейм А. В., Шафер Р. В. Цифровая обработка сигналов.– М.: Связь, 1979.– 416 с.
15. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов.– М.: Мир, 1978.– 848 с.
16. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных.– М.: Мир, 1989.– 540 с.
17. Грибанов Ю. И., Мальков В. Л. Спектральный анализ случайных процессов.– М.: Энергия, 1974.– 240 с.
18. Капшелини В., Константинодис А. Дж., Эмилиани П. Цифровые фильтры и их применение.– М.: Энергоатомиздат, 1983.– 360 с.