



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический
университет имени М.Т. Калашникова»
Кафедра «Приборы и методы измерений, контроля,
диагностики»



Направление 12.03.01 «Приборостроение»

Выявление информативных параметров сигналов электронной аускультации для определения характера шумов дыхания

Студент: студент гр. Б08-091-1 Штрейс А.И.

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Мурашов С.А.

Цель работы:

Исследовать записи дыхательных шумов в норме и при наличии патологий органов дыхания с целью выявления отличительных свойств акустического сигнала. Определить основные направления развития компьютерных технологий в области аускультативных методик исследования органов дыхания.

Ижевск, 2018

Методы исследования дыхательной системы

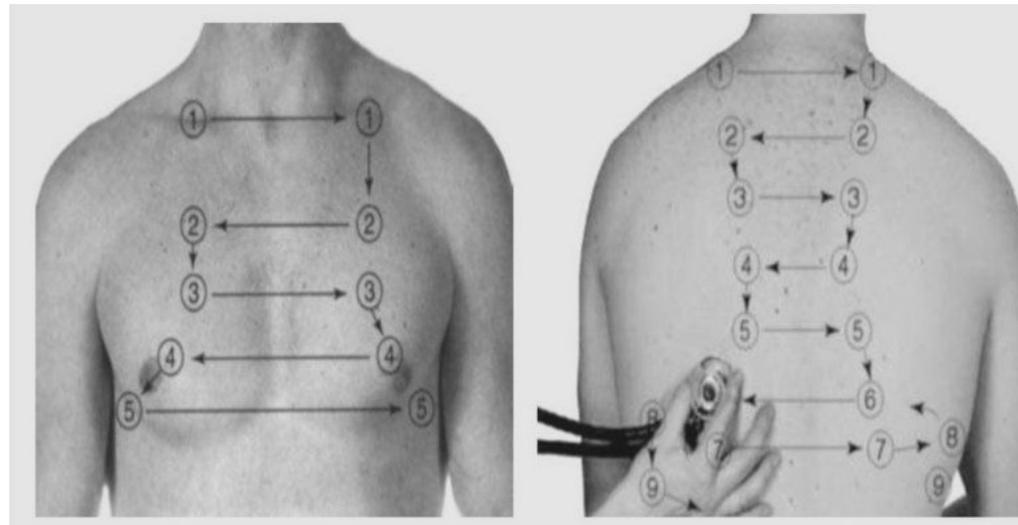
человека Методы

Флюорография
Это несложный,
быстрый,
неинвазивный,
безопасный для
пациента метод.

Спирометрия
Это безболезненная,
несложная для пациента
процедура, которая в ситуациях
помогает врачу определиться
с диагнозом.

Аускультация
Это простое
обследование, не
требующее от
пациента особой
подготовки.

Точки аускультации



Виды дыхательных шумов

Характер	Везикулярное дыхание	Бронхиальное дыхание	Сухие хрипы	Влажные хрипы	Шум трения плевры	Крепитация
Вид	Основной		Дополнительные			
Отличие	Звук везикулярного дыхания напоминает мягкое и протяжное звучание “ффф”	Напоминает громко произносимый звук “х”	Протяженность, свист, жужжание	Напоминают звук лопающихся в воде пузырьков воздуха, вдуваемого через трубочку.	Имеют сходство с хрустом снега под ногами, скрипом новой кожаной обуви	Напоминает хруст волос при трении их между пальцами
Отношение к фазам дыхания	Слышен на вдохе и в начальный период выдоха	Более продолжительно на выдохе	На вдохе и на выдохе			На высоте вдоха
После кашля	Не изменяется	Не изменяется	Изменяются			Не изменяются

Виды дыхательных шумов

Характер	Везикулярное дыхание	Бронхиальное дыхание	Сухие хрипы	Влажные хрипы	Шум трения плевры	Крепитация
Акустические характеристики	Фильтрация низкочастотных звуков (диапазон от <100 до 1000 Гц)	Частота 700-1400 Гц, а у некоторых людей достигает 2000-5000 Гц	Серии быстро затухающих синусоидальных колебаний (обычно <300 Гц и >100 мс)	Характерный частотный диапазон для незвучных хрипов 180—355 Гц, для звучных — 710 — 1400 Гц.	Характерный диапазон частот 710 — 1400 Гц	Характерный диапазон частот 710—1400 Гц
Термин в английском языке	Vesicular breathing	Bronchial breathing	Wheeze	Wet wheezes	Pleural friction rub	Crackle
Заболевание	Здоров	Пневмония, абсцесс легкого	Острый и хронический бронхит с поражением бронхов среднего и крупного калибра	2 стадии крупозной пневмонии, инфильтративный туберкулез, абсцесс легкого, туберкулезная каверна, распадающаяся опухоль	Фибринозный и адгезивный плевриты	Крупозная, очаговая пневмонии

Методика вычисления вероятностных характеристик

Оценивались следующие вероятностные характеристики: математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение, асимметрия, эксцесс, где N – число испытаний, x_n – испытание.

$$m_x = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} x_n \quad D_x = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} (x_n - m_x)^2 \quad \sigma_x = \sqrt{D_x} \quad (3).$$

$$Sk = \frac{1}{N \cdot \sigma_x^3} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} (x_n - m_x)^3 \quad E_x = \frac{1}{N \cdot \sigma_x^4} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} (x_n - m_x)^4 - 3$$

Новейшие разработки в области электронной аускультации



DigiScope



Eko Core Digital



Ekuore



StethoMe

Характеристики	DigiScope	Eko Core Digital	Ekuore	StethoMe
Размеры	С ладонь	С ладонь	13 см x 5 см x 3 см	5 см x 5 см
Тип датчика	Мембранный			
Частота, Гц	20-1000	20-2000	20-2000	Не указана
Вывод сигнала	Возможность вывода информации на колонки или дисплей (mini-jack 3,5 mm).	Возможность вывода информации на телефон или ПК по Bluetooth 4.0 LE low energy.	Подключение к смартфону через Wi-Fi.	Подключение к смартфону (mini-jack 3,5 mm).
Описание	Портативный, высокое качество звука, возможность записи и передачи данных, представление сигнала в виде волны, усиление звука до 200 раз.	Усиление в 40 раз, аккумулятор, заряжаемый по microUSB (9 часов работы) приложение для Android, iOS, Windows, сохранение в wav, mp3, pdf.	Кнопки управления на корпусе рукоятки датчика Приложение для Android и iOS, Увеличение звука в 20 раз. Время автономной работы до 7 часов непрерывного использования для аускультаций с полной зарядкой Быстрая зарядка в течение 2 часов	Портативный, электронный, компактный
Цена, \$	180	299	399	-

Методика спектрального анализа

Алгоритм: АвтоСпектр

Вид характеристики: Ампл. (ед)

Число точек: 512

Число порций усредн.: 1

Смещ. след. порции: 128

Тип весового окна: Прямоугольное

Разрешение по частоте: 85.796356 Гц

3D

Количество линий: 5130

Источник 1: 2_1 [0-14.9 [0-657089]]

Источник 2: []

Результаты: 2_1_CA_3D

Отображать интервал

Алгоритм по умолчанию

Метод: БПФ ДПФ

Значения: СКЗ (А/1.41) Пиковые (А) Размах (2*А) Макс. значения

Доп. параметры: Центрирование Логарифм Преобразование

Дополнять нулями Время по оси X

Выполнить Помощь

Применить Закреть

Условие для построения 3D спектра

Алгоритм: АвтоСпектр

Вид характеристики: Ампл. (ед)

Число точек: 32768

Число порций усредн.: 1

Смещ. след. порции: 32768

Тип весового окна: Прямоугольное

Разрешение по частоте: 1.345743 Гц

3D

Количество линий: []

Источник 1: 2_1 [0.46218 - 1.623 [0-51192]]

Источник 2: []

Результаты: 2_1_CA

Отображать интервал

Алгоритм по умолчанию

Метод: БПФ ДПФ

Значения: СКЗ (А/1.41) Пиковые (А) Размах (2*А) Макс. значения

Доп. параметры: Центрирование Логарифм Преобразование

Дополнять нулями Время по оси X

Выполнить Помощь

Применить Закреть

Условие для построения амплитудного спектра

Дискретное преобразование Фурье для выборки процесса где x_k – число испытаний, $k=0, \dots, N-1$, задается формулой:

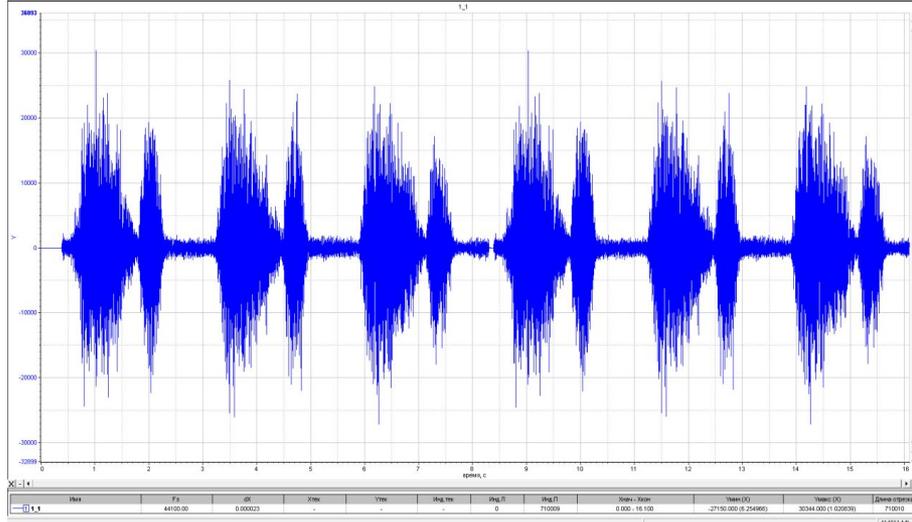
$$F(n, N) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=0}^{N-1} x_k \cdot e^{-j \frac{2\pi kn}{N}}$$

Амплитудный спектр определяется через спектр мощности и имеет размерность (ед), где T – интервал наблюдения, G_{cm} – спектр мощности:

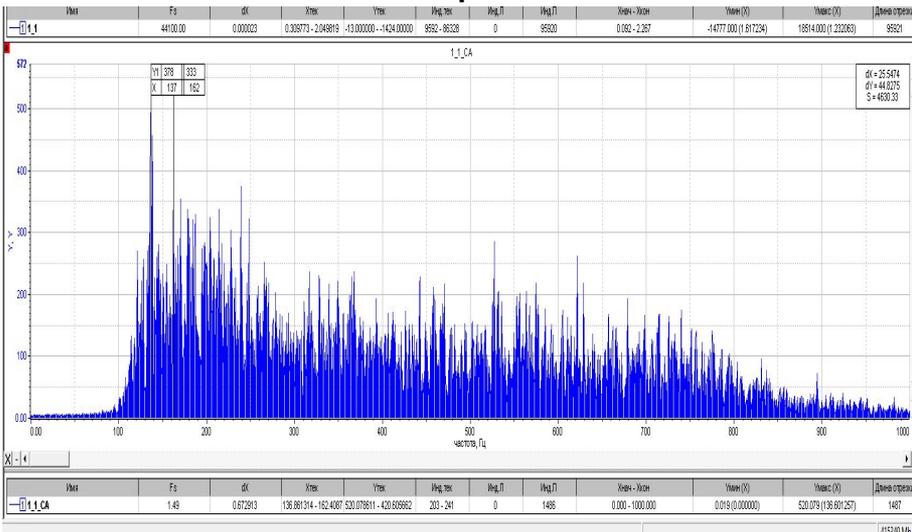
$$G_A(n, T) = \sqrt{G_{cm}(n, T)}$$

Спектральный анализ сигнала везикулярного дыхания

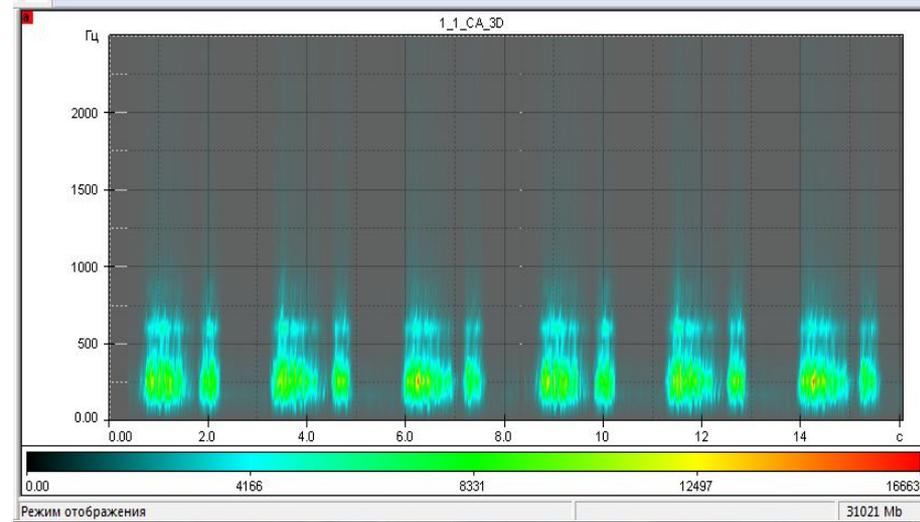
Сигнал



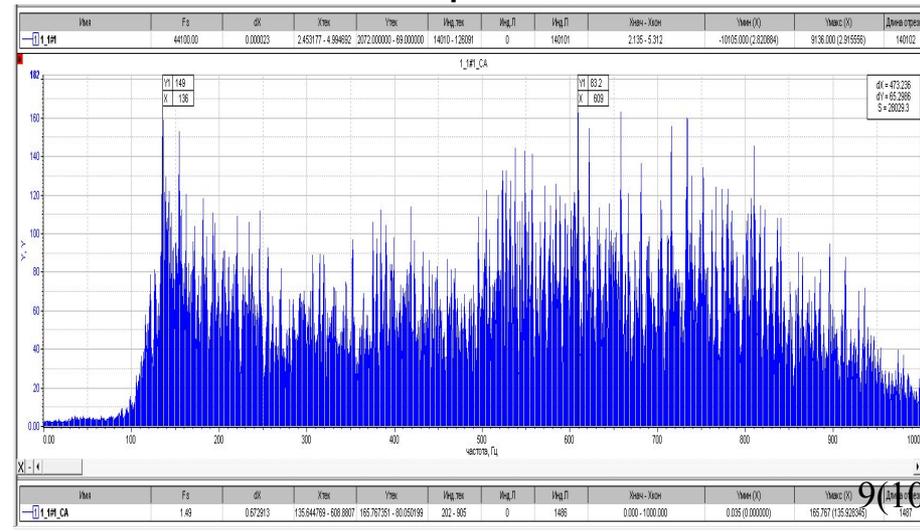
Амплитудный спектр вдоха



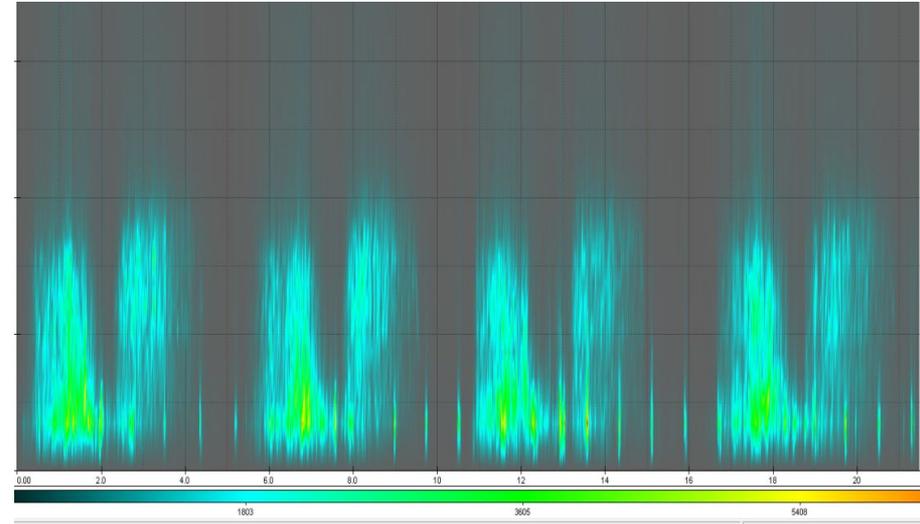
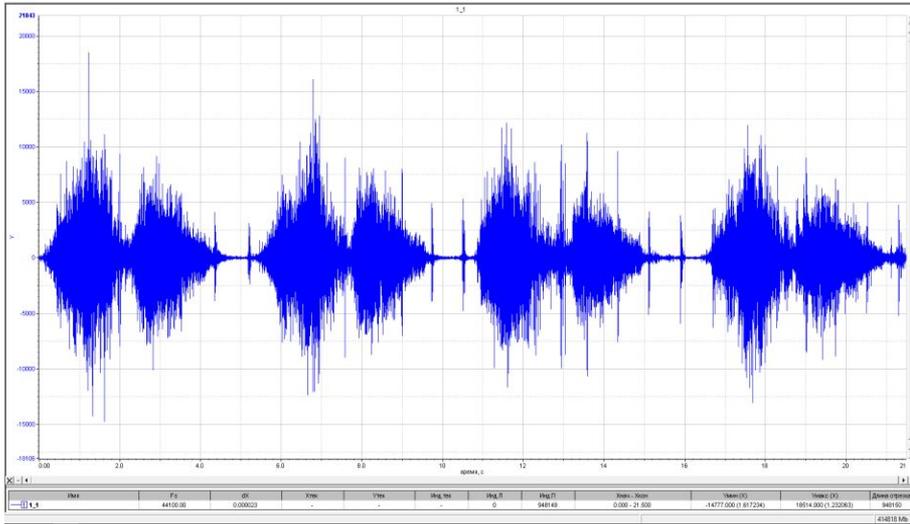
Спектр сигнала



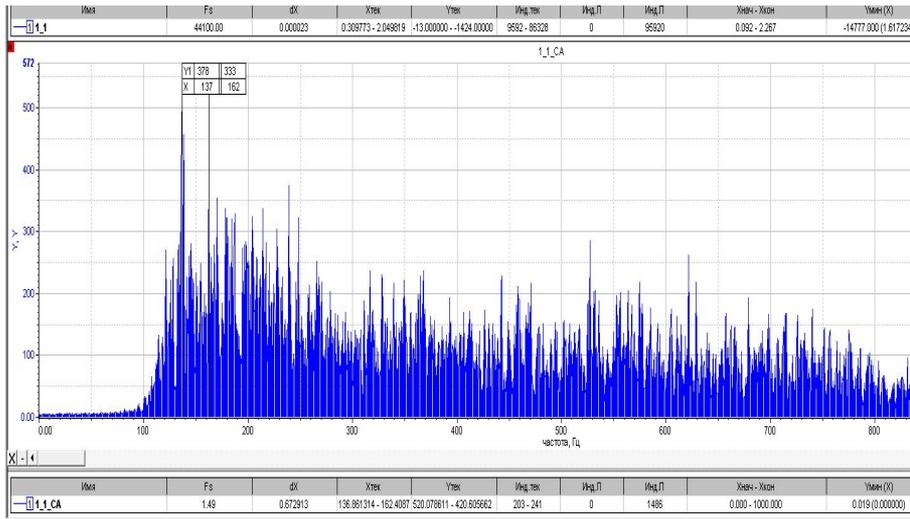
Амплитудный спектр выдоха



Спектральный анализ сигнала бронхиального дыхания

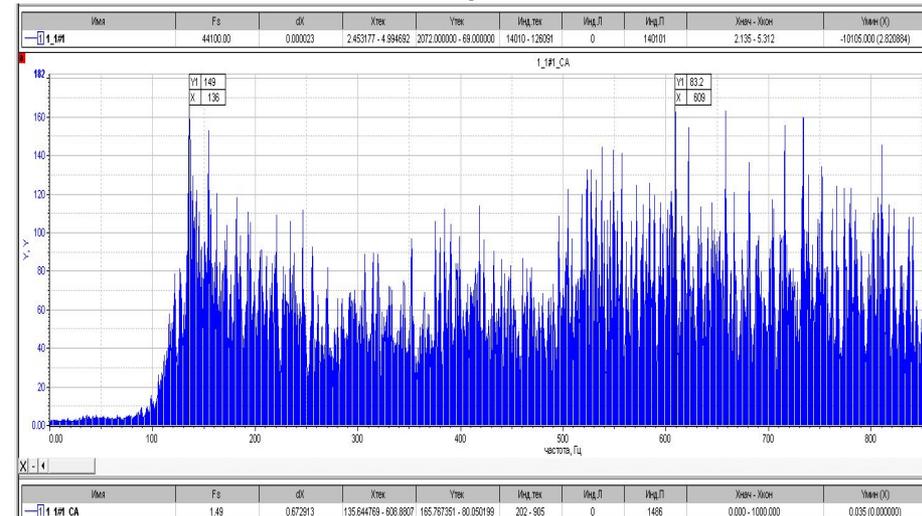


Сигнал



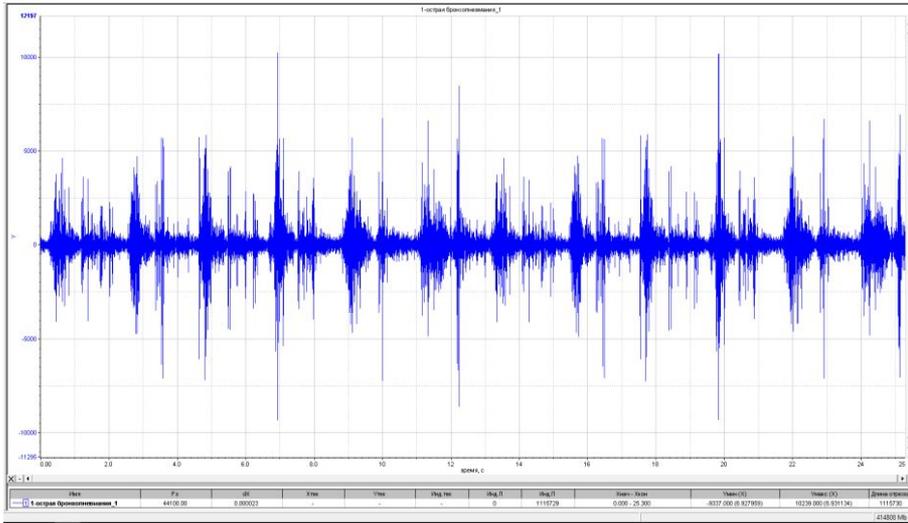
Амплитудный спектр вдоха

Спектр сигнала

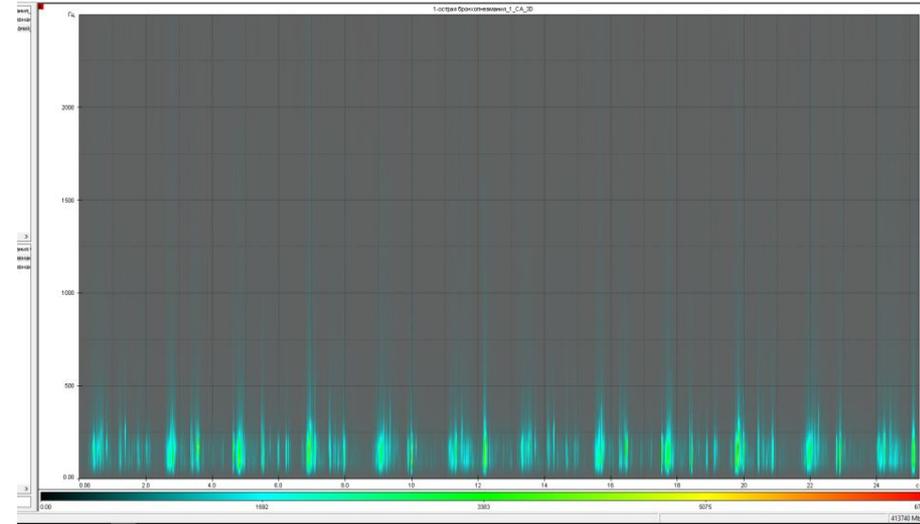


Амплитудный спектр выдоха

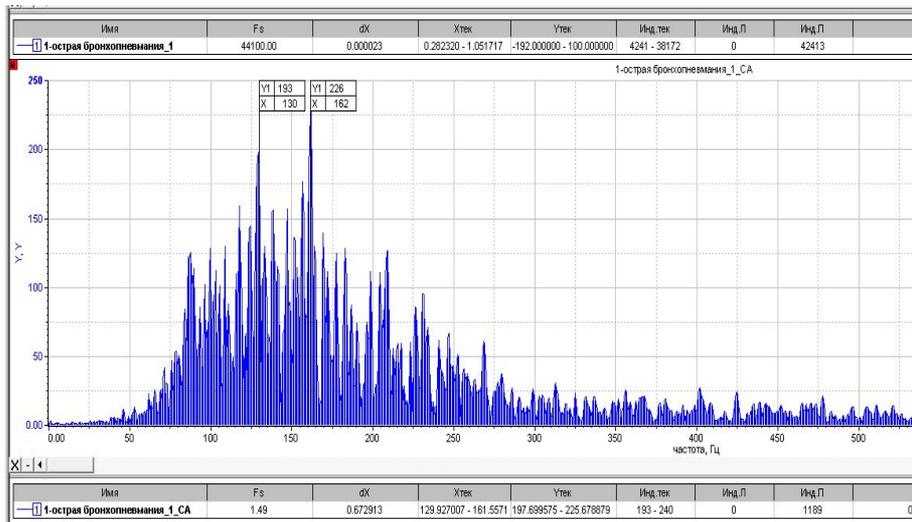
Спектральный анализ сигнала влажных хрипов



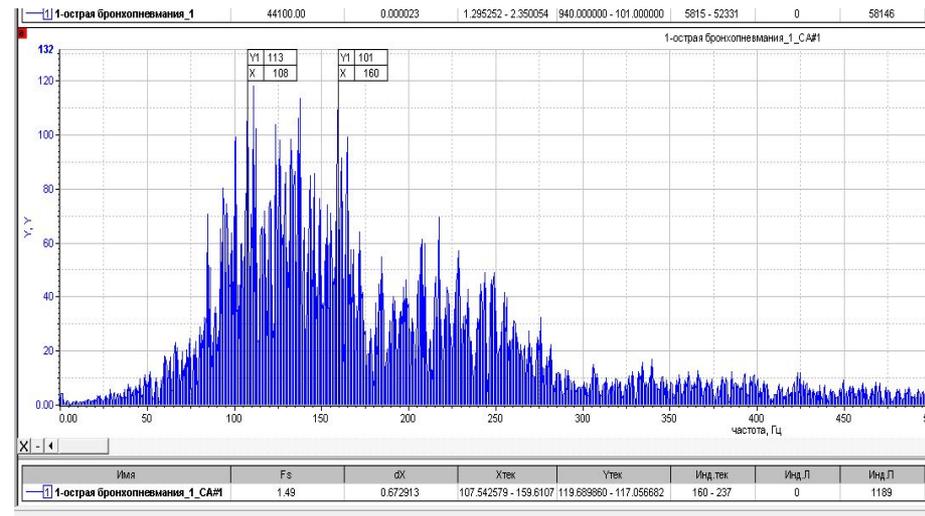
Сигнал



Спектр сигнала

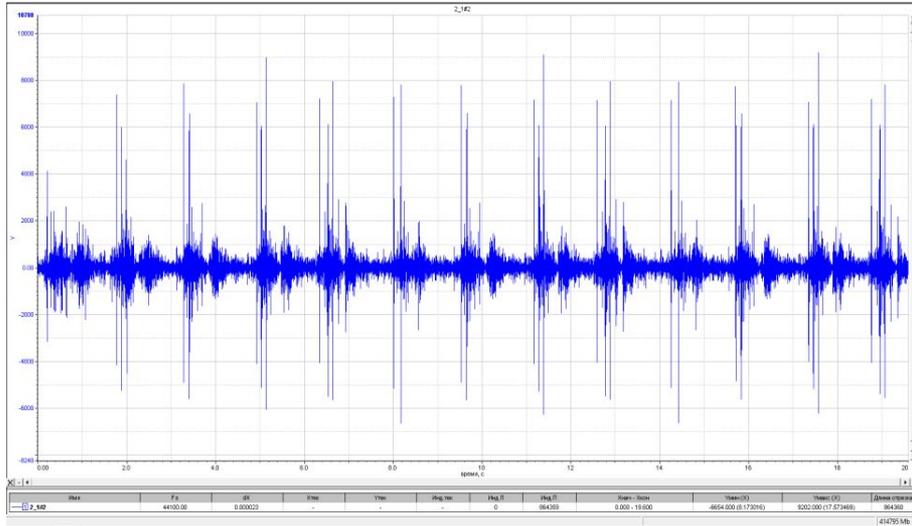


Амплитудный спектр вдоха



Амплитудный спектр выдоха

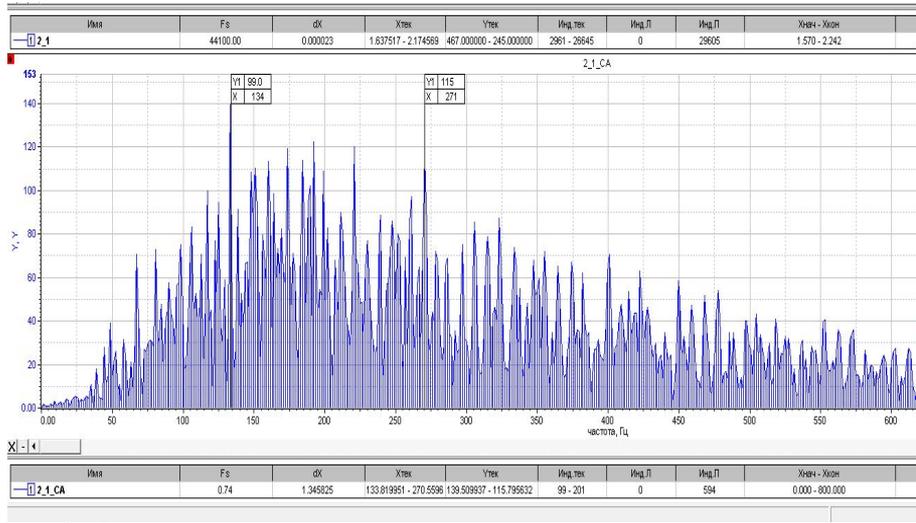
Спектральный анализ сигнала крепитации



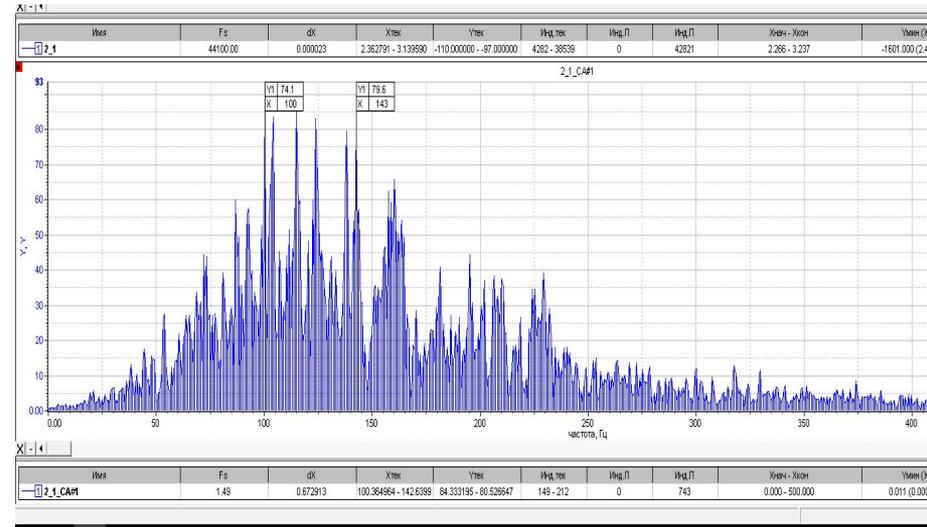
Сигнал



Спектр сигнала

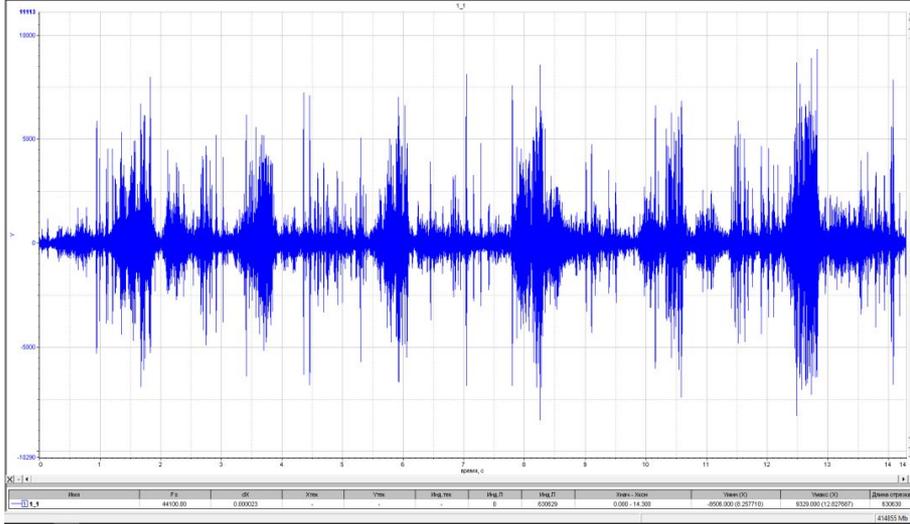


Амплитудный спектр вдоха

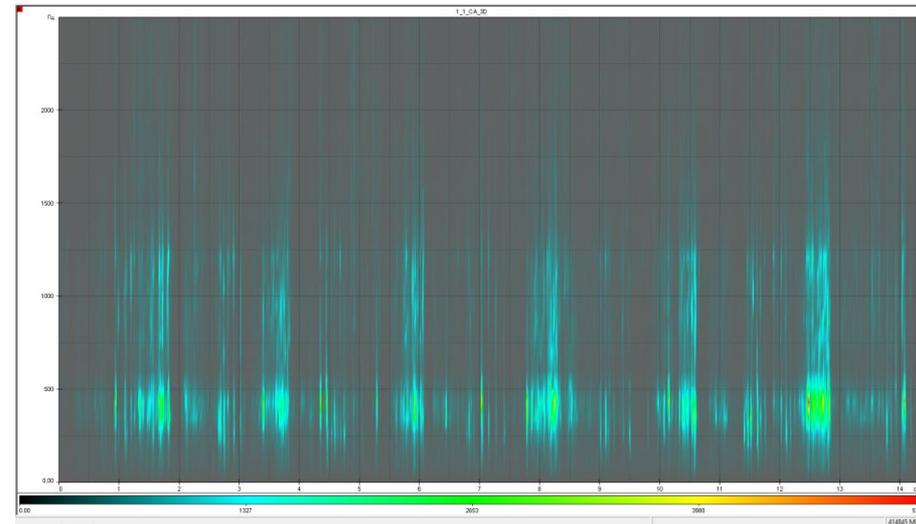


Амплитудный спектр выдоха

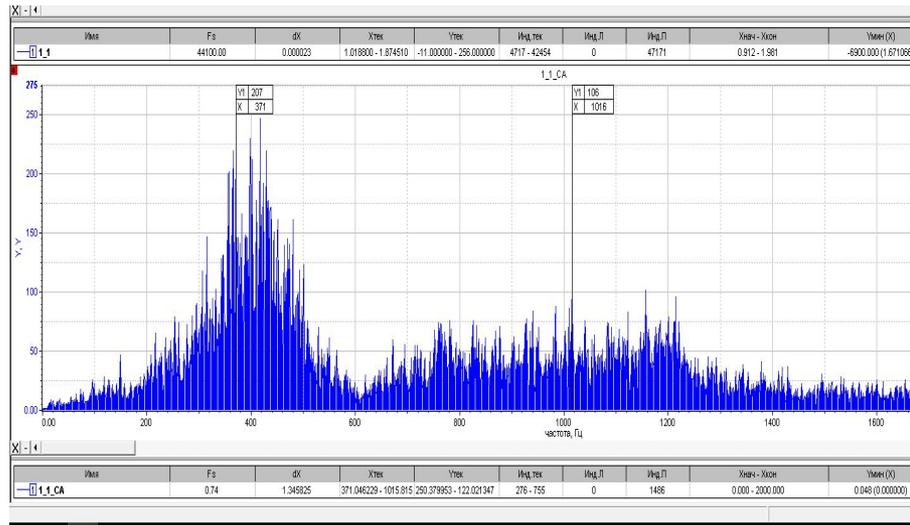
Спектральный анализ сигнала шума трения плевры



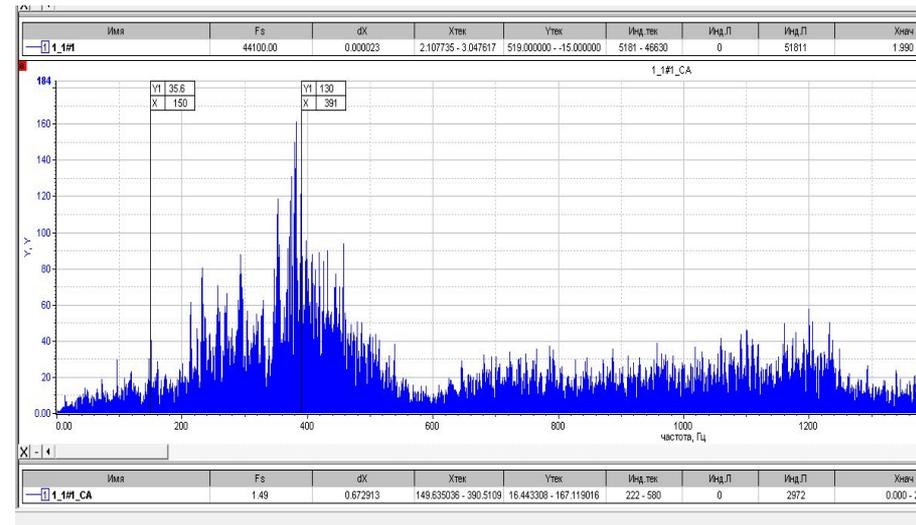
Сигнал



Спектр сигнала



Амплитудный спектр вдоха



Амплитудный спектр выдоха

Карта признаков для определения типа шумов дыхания

Характеристики	Везикулярное дыхание	Бронхиальное дыхание	Влажные хрипы	Крепитация	Сухие хрипы	Шум трения плевры
Различимость вдоха и выдоха	да				затруднена	
Отношение уровня сигнала на вдохе к уровню на выдохе	> 1	< 1	> 1			
Основной частотный диапазон спектра, Гц	25–500	100–1600	25–500	25–300	25–400	100–2000
Ширина амплитудного спектра	Узкий	Шире, чем спектр везикулярного дыхания	Спектр становится более широким вблизи частоты 120 Гц	Спектр узкий, убывает постепенно, иногда выделяются отдельные полосы	Спектр узкий, но появляются несколько полос	Спектр узкий, но два ярко выраженных максимума
Область появления шумов типа коротких импульсов большой амплитуды (во временной области)	отсутствуют	На протяжении всего сигнала		Вдох	На протяжении всего сигнала	
Смещение основной полосы спектра с течением времени	нет	нет	нет	нет	Снижение частоты основной полосы в начале фаз вдоха и выдоха	нет
Возможность идентификации по рассмотренным признакам	да	да	нет	да	да (при анализе серии вдохов-выдохов)	нет

Заключение

1. Выполнен анализ существующих методов и приборов аускультации, в результате которого выявлено, что современные электронные фонендоскопы не находят широкого применения по причине отсутствия функциональных преимуществ аускультации: низкое качество сигнала, затрудняющее его восприятие врачами, слабые возможности по анализу регистрируемых сигналов. Для разработки более интеллектуальных приборов, способных идентифицировать шумы дыхания, необходимо выделить наиболее существенные отличительные информативные признаки в типовых сигналах, используемых при обучении специалистов по аускультации.

2. Однозначная зависимость статистических параметров (математическое ожидание, амплитуда, дисперсия, эксцесс, среднеквадратическое значение) от характера шумов дыхания при анализе сигналов на вдохе и выдохе во временной области не выявлена по причине невозможности нормирования амплитудных значений сигнала. Интерес может представлять исследование указанных параметров в динамике.

3. Результаты спектрального анализа учебных сигналов с записью шумов дыхания различного типа: везикулярное дыхание, бронхиальное дыхание, сухие и влажные хрипы, шум трения плевры, крепитация (по 3 сигнала на каждый тип и по несколько стадий вдоха–выдоха внутри каждого сигнала) – показали, что для идентификации шумов дыхания по типу следует использовать как амплитудный спектр стадий вдоха и выдоха, так и мгновенные спектры (спектрограммы). Разработана карта признаков для определения типа шумов дыхания.

**Спасибо за
внимание !!!**