

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Сәтбаев Университеті

Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматизики»

Шаназар Рифат Курванжанович

Изучение особенностей помех, возникающих в момент регистрации  
фонокардиограмма

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

к дипломной работе

5B071600 – Приборостроение

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Сәтбаев Университеті

Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматизи́ки»

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой РТиТСА

 к.т.н., профессор  
К.А. Ожикенов

«20» 05 2019 г.

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

к дипломной работе

Тема: «Изучение особенностей помех, возникающих в момент регистрации  
фонокардиограмм»

по специальности 5В071600 – Приборостроение

Выполнил

Шаназар Рифат

Рецензент  
кандидат технических наук,  
ассоц. проф

Научный руководитель  
кандидат физико-технических  
наук, доцент

  
Удостоверение по  
воспитательной  
работе  
Сейдилдаева А.К.  
«05» 2019 г.

 Макешева К.К.  
«24» 05 2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Сәтбаев Университеті

Институт промышленной инженерии им. А. Буркитбаева

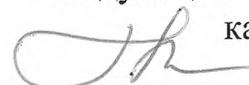
Кафедра «Робототехники и технических средств автоматизики»

5B071600 – Приборостроение

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой РТиТСА

кандидат техн. наук

 К.А. Ожигенов

« 20 » 05 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Шаназар Рифату Курванжановичу

Тема: Изучение особенностей помех, возникающих в момент регистрации фонокардиограмм.

Утверждена приказом Ректора Университета № 1257-п от «06» 11 2018 г.

Срок сдачи законченной работы «24» мая 2019 г.

Исходные данные к дипломной работе:

Перечень подлежащих разработке вопросов в дипломной работе:

*Перечень подлежащих разработке вопросов в дипломной работе:*

а) *Метод аускультации;*

б) *Анализ основных понятий, видов, помех возникающих при регистрации фонокардиограмма;*

в) *Классификация помех;*

г) *Анализ экспериментальной части;*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

*представлены 15 слайдов презентации работы*

Рекомендуемая основная литература: из 18 наименований 18

## ГРАФИК

подготовки дипломной проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Технологическая часть	15.01 – 05.02.2019 г.	Выполнено
Программная часть	02.03 – 20.04.2019 г.	Выполнено

### Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченный проект  
с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормконтролер	Ж.С.Бигалиева, магистр технических наук, лектор	20.05.2019 г.	

Научный руководитель  Макешева К.К.

Задание принял к исполнению обучающийся  Шаназар Р.К.

Дата « 24 » 05 2019 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	9
1	Обзор информационных источников	11
1.1	Общие понятия о электронных стетоскопах	11
1.2	Аппаратная часть стетоскопа	14
2	Метод аускультации	16
2.1	Аускультация	16
2.2	Биомеханика сердца. Аускультация сердца	16
2.3	Биомеханика дыхательной системы. Аускультация легких	22
3	Помехи	25
3.1	Помехи. Классификация помех	25
4	Экспериментальная часть	29
4.1	Схема аудиозаписей	29
4.2	Анкетирование-опрос врачей в медицинском учреждении	30
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	33
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРЫ	34

## ВВЕДЕНИЕ

По данным ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения) заболевания бронхолегочной (БЛ) и кардио-респираторной системы (КРС) является, основной причиной смертности как в нашей стране, так и во всем мире каждый год умирают 17,9 миллионов человек. Таким образом, более половины всех смертей приходится к заболеваниям БЛ и КРС. Наиболее опасным заболеванием данного сегмента является, различные заболеваний шумов сердца и сосудов также бронхолегочной системы. Своевременная диагностика заболеваний сердца и легких является одной из наиболее актуальных направлений современного здравоохранения. Для снижения статистики умерших людей по ВОЗ пока недостаточно эффективной медицинской аппаратуры.

Одной из важных задач врачебной электронной аппаратуры – это автоматически сбор и синтез биомедицинской информации, целями которой являются: оценка физических параметров организма, информационная помощь диагностических решений, а также автоматическая диагностика патологических изменений состояния человека.

При оценке состояния кардио-респираторной системы ключевую роль играет анализ фонокардиограмм (ФКГ), представляющей собой запись наблюдаемых на поверхности тела проекций объемных акустических процессов, происходящих в сердце. ФКГ показывает состояние кардио-респираторной системы как в данный момент, так и показывает о патологических изменениях в самом сердце и в легких.

В связи с проблемой медицинского оборудования, нужно усовершенствовать и найти новейшие методы для повышения точности диагностики регистрации фонокардиограмм в стетоскопах. В частности, необходимы ФКГ с четко очерченными волнами для точной диагностики заболеваний. Одной из основной проблемы для ФКГ, является, процедуры предварительной обработки.

Таким образом, изучение и выявление помех является важной задачей в диагностике заболеваний.

Целью работы является изучение и выявление особенностей помех, возникающих в момент регистрации фонокардиограмм с помощью стетоскопа.

В работе «Cardiometria» 2018г. [1], разработана электронная аускультация для регистрации фонокардиограмм с помощью электронного стетоскопа. В работе для выявления особенностей помех фонокардиограмм предложен новый измерительный тракт, состоящий из биодатчика, усилителя, блока фильтрации и визуализации сигнала.

Однако не были выявлены особенности помех, связанных с антропогенными факторами, а также с посторонними шумами.

В связи с этим встала задача провести анализ и классификацию помех для устранения их влияния при автоматизации процесса диагностики заболеваний во

врачебной практике. Не должно быть посторонних звуков, влияние вибраций различной техники (холодильников и т. д).

В дальнейшем эти результаты могут быть использованы при разработке средств фильтрации электронного стетоскопа, необходимо также создать схему аудиозаписи этих шумов на компьютере для доказательства их существования и идентификации.

Антропогенные факторы при аускультации:

а) разговор медперсонала во время диагностики;

б) шумы при открывании дверей;

в) вибрационные шумы от техники (например, холодильника и т. д).

Доказательство существования влияния этих шумов на качество аускультации с использованием электронного стетоскопа является важной задачей в диагностике заболеваний.

## 1 Обзор информационных источников.

В главе представлены теоретические аспекты электронного стетоскопа, также его аппаратная часть. Показан обзор стетоскопов. Также рассмотрены достоинства и недостатки стетоскопов.

### 1.1 Общие понятие о электронных стетоскопах.

Середина 30-х годов прошлого столетия стала значительным моментом в прогрессе новейших способов диагностики анализа состояния сердечно-сосудистой системы. В 1819 г. Французский врач Рене Ланэнк выпустил свою самую большую работу «О посредственной аускультации или распознавании болезней легких и сердца», этот труд он посвятил своему изобретению, который назвал стетоскопом. В 1816 году он изобрел простой стетоскоп для аускультации колебаний звука внутренних органов легких, сердца, также сосудов и желудочно-кишечного тракта рисунок 1. Также стетоскопы используются для прослушивания систол, диастол, пара систолических и пара диастолических периодов сердечно сосудистой системы. Одним из известных способов аускультации был метод Короткова [2] назывались Тоны Короткова, то есть способ Короткова это такой аускультативный метод, который измерял артериальное давление, такой метод предложил 1905 году хирург Николай Сергеевич Коротков. Хотелось бы отметить, что метод Короткова утвержден стандартом Всемирной организации здравоохранения как способ измерения артериального давления.



Рисунок 1 – Стетоскоп Рене Ланэнка.

В 1940 году ученые Спрэг и Раппапорт [3] исследовав стетоскопы, усовершенствовали его, этот прототип является стандартом для будущих новых стетоскопов и в результате как они создали свой стетоскоп он получил название – стетоскоп Раппапорта. В наше время обычный стетоскоп, состоит из двойной воронки выслушивания колебаний звука внутренних органов. Этот тип стетоскопа используется в реанимации, кардиологии, пульмонологии и прочих соседних сферах медицины, которые слушают внутренние звуковые колебания органов. На нынешнее время есть много разных видов стетоскопа рисунок 2.

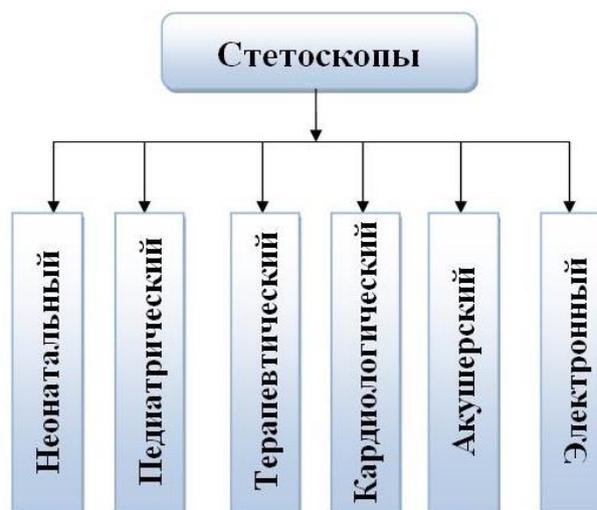


Рисунок 2 –Виды стетоскопов.

Неонатальный стетоскоп (НС) – назначены для выслушивания новорожденных детей, до 30 дней.

Педиатрический стетоскоп (ПС) – выслушивание детей среднего возраста, 13-14 лет.

Терапевтический стетоскоп (ТС) – выслушивает взрослых

Кардиологический стетоскоп (КС) – считается самым чувствительным стетоскопом (рисунок 3).



Рисунок 3 – Кардиологический стетоскоп.

Акушерский стетоскоп (АС) – определен для выслушивания сердцебиения эмбриона. Фигура АС обладает грубую трубку в виде двух конечного раструба. Рисунок 4 модель АС.



Рисунок 4 – Акушерский стетоскоп.

Электронный стетоскоп (ЭС). Разница от стандартных стетоскопов у ЭС в головку встроен микрофон, который в свою очередь преобразует звуковой сигнал в электрический сигнал для показа в дисплей модель ЭС рисунок 5.



Рисунок 5 – Электронный стетоскоп.

На сегодня есть пару видов электронных стетоскопов, у которых принцип работы основан на вышеизложенных перечисленных стетоскопах, но в большинстве случаев у них есть недостатки, это связано с работой излучения электромагнитных приборов, что вызывают осложнения в диагностике. Для того чтобы ликвидировать данные недостатки стетоскопа, следует разобраться с помехами, шумами, также создать новые фильтры, для верного диагностического заключения, но при этом нужно знать с какой помехой мы имеем дело, самое важное то, что какой бы не был качественный стетоскоп, это не дает гарантий точного 100% результата. В наше время почти никто не обращает внимания на эту проблему. Существуют очень мало статей, работ по теме аускультации с помощью стетоскопа, выявление шумов, помех, при регистрации фонокардиограмм.

Способ традиционной аускультации с помощью стетоскопа претерпел цикл перемен равно как в связи личного восприятия доктора, на сегодня много докторов используют индивидуальные техники аускультации, таким образом интерпретации сведений изучения в контексте выхода в свет новых технически улучшенных средств диагностики и способов разбора выслушиваемых звучаний в обработке дают огромный толчок в развитии этого метода. Основные диагностические способы исследования, включая УЗИ сердца (эхокардиографию), компьютерную томографию (КТ), магнитно-резонансную

томографию (МРТ), могут дать гораздо больше детальную обширную информацию в этой сфере, но так как они являются платными, немногие могут позволить себе такую диагностику, именно поэтому нужно развивать аускультативный метод, так как он является экономичным. Аускультация имеет бесспорное превосходство как наиболее экономически высокоэффективный анализ множества видов сердечно-сосудистых патологий или болезней. Если усовершенствовать современный стетоскоп, от защиты посторонних шумов, которые искажают полезный сигнал, также создать условия шумоизоляции в помещении во время аускультации, то внедрение такого стетоскопа для сбора данных способно улучшить интерпретацию звуковых волн и обеспечить непрерывный учёт, точную диагностику и эффективность.

## 1.2 Аппаратная часть стетоскопа

Ведущими многофункциональными узлами работы стетоскопа считаются акустический датчик, блок усиления и фильтрации, в цифровой части микроконтроллер [2]. Рассмотрим более детально структурную схему электрического стетоскопа рисунок 6.

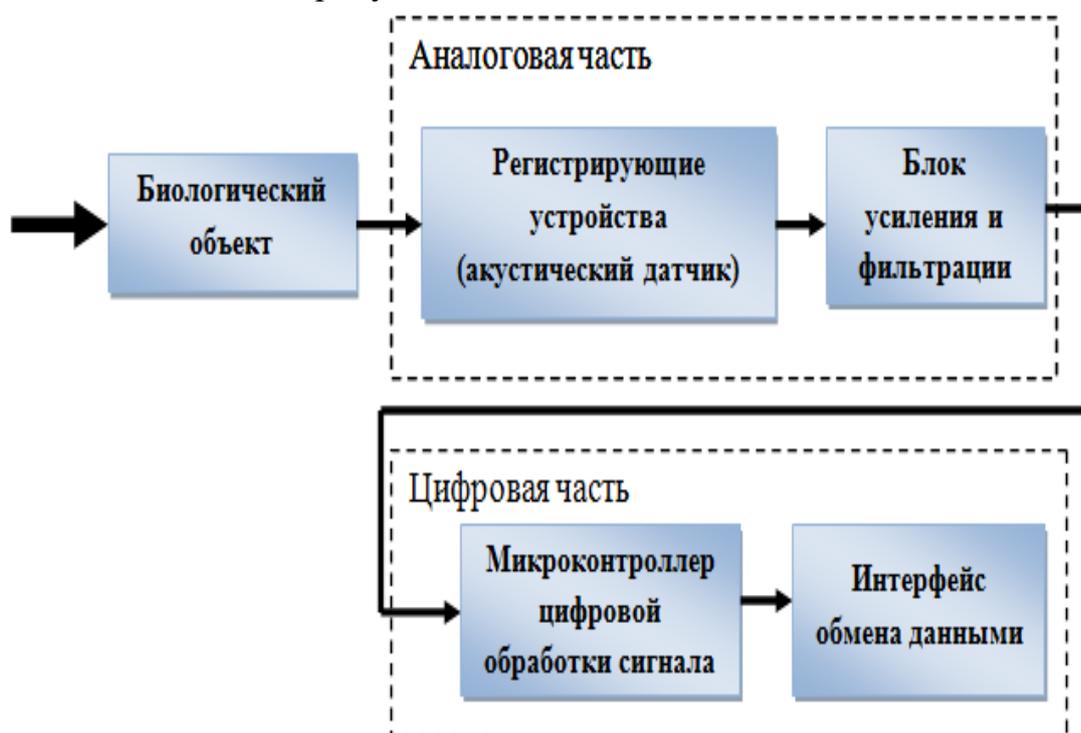


Рисунок 6 - Структурная схема механизма регистрации аускультативных данных.

Аускультативный сигнал с любого биологического объекта фиксируется на базе датчика, в последствии чего выполняется предшествующая обработка, то есть аналоговая обработка, усиления и фильтрация. После того как сигнал усиливается и проходит фильтрацию, стоит отметить то, что на базе предварительной обработки сигнала в аналоговой части, есть всевозможные разные схемы подключения фильтров. Существуют множество фильтров,

например, полосой фильтр, фильтр невысоких частот, больших частот, режекторный фильтр, фазовый фильтр и т.д., которые отвечают за возмещение поставленных видов различных влияющих помех.

Частотный диапазон ФКГ лежит в диапазонах от 20 Гц до 200Гц. При регистрации аускультативных сигналов основным влияющим фактором являются физиологические помехи, и помехи от окружающей среды. Физиологическими помехами подразумевается сторонне возмущение звуковых колебаний соседних органов. Помехи от окружающей среды связаны с работой приборов от окружающей среды, которые напрямую влияют к процессу аускультации. Как известно, на основу предварительной обработки ФКГ следуют выбирать полосовые фильтры с расширенной частотной полосы, которые усиливают низкочастотных и высокочастотных звуковых колебаний. Низкочастотные звуковые колебаний неслышны в процессе аускультаций, но несут диагностические признаки. Часто, высокочастотные компоненты фонокардиографии несут ценность диагностического заключения ФКГ. Именно на высокочастотных звуковых характеристиках присутствуют шумы, помехи также и полезный сигнал.

## 2 Метод аускультации

### 2.1 Аускультация

Аускультация – медицинский метод исследования внутренних органов человека и путем выслушивания возникающих в этих органах звуковых явлений: тонов и шумов сердца, звуков дыхания, шумов трения поверхностей плевры и перикарда. Первые попытки создания устройств для объективной аускультации были предприняты в середине 30-ых годов прошлого столетия, когда были разработаны опытные образцы электронных стетофонендоскопов, как раз-таки рассматривали попытки создания стетоскопов в 1 главе.

В процессе регистрации шумов дыхания, наряду с полезными сигналами, на вход первичных сенсоров поступают нежелательные шумы – помехи, усложняющие последующую обработку полезного сигнала и снижающие достоверность и эффективность диагностики. На рисунке 7 представлена фонокардиограмма сердца без помех и с помехами

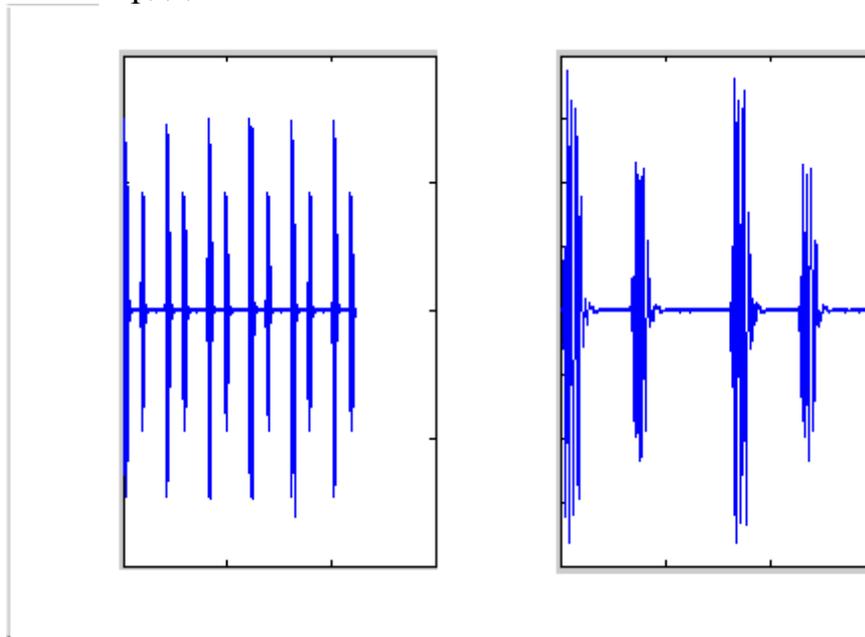


Рисунок 7 фонокардиограмма

Развитие числа кардиохирургических вмешательств неминуемо повышает ответственность за четкость диагностического обследования, которое включает в себя аускультацию. Вместе с тем, если врач использует стетоскоп с ограниченным выслушиванием частотного спектра, он может пропустить ряд серьезных состояний, что может говорить о малой акустической производительности прибора. Стремясь улучшить существующие недостатки классической аускультации, ряд авторов предложили различные варианты модификации техники аускультации. Сначала Ertel P.Y. [12] выполнили сравнение современных стетоскопов с конструкцией Лаэннека. Разработчики заметили то что равно как один с положительных свойств конечного и, равно как

результат, более высокой восприимчивости. Однако фонендоскоп Лаэннека был признан весьма большим и жестким механизмом, непосредственно то что освобождает колебания согласно поводу комфортного использования и эстетического внешнего вида современных стетоскопов. В дальнейшем с целью решения вопросов сокращенной восприимчивости к низкочастотным звукам был предложен фонендоскоп с механизмом в подобию колокола, способствующим хранению низкочастотного звука и мешающим внушительному усилению голосового сигнала с данной сфере. Равно как один раз с методов преодоления нечувствительности к низкочастотным звукам существовали использованы гальванические устройства, обеспечивающие избирательное усиление индивидуального метода звука в этой сфере. Интерес к созданию электронных средств аускультации обусловлен большим объемом содержащейся в аускультативных звуках полезной информации, который может быть использован для диагностики и долговременного мониторинга состояния организма.

## 2.2 Биомеханика сердца. Аускультация сердца.

Как ведомо по курсу школьной биологии, сердце – ведущей мышечный орган, который отвечает за положение работы всего организма. Главная роль сердца заключается в перекачивании и угнетении крови по всему организму. Сердечная мускула показана из 4 частей рисунок 8, которая отвечает за конкретную работу сосудистой системы, снабжены нервными клетками, которые, отвечают за возбуждение и расслабление сердечной мускулы. Рассмотрим отчетливо сердечные мускулы.

1. Правое предсердие
2. Левое предсердие
3. Правый желудок

#### 4. Левый желудок

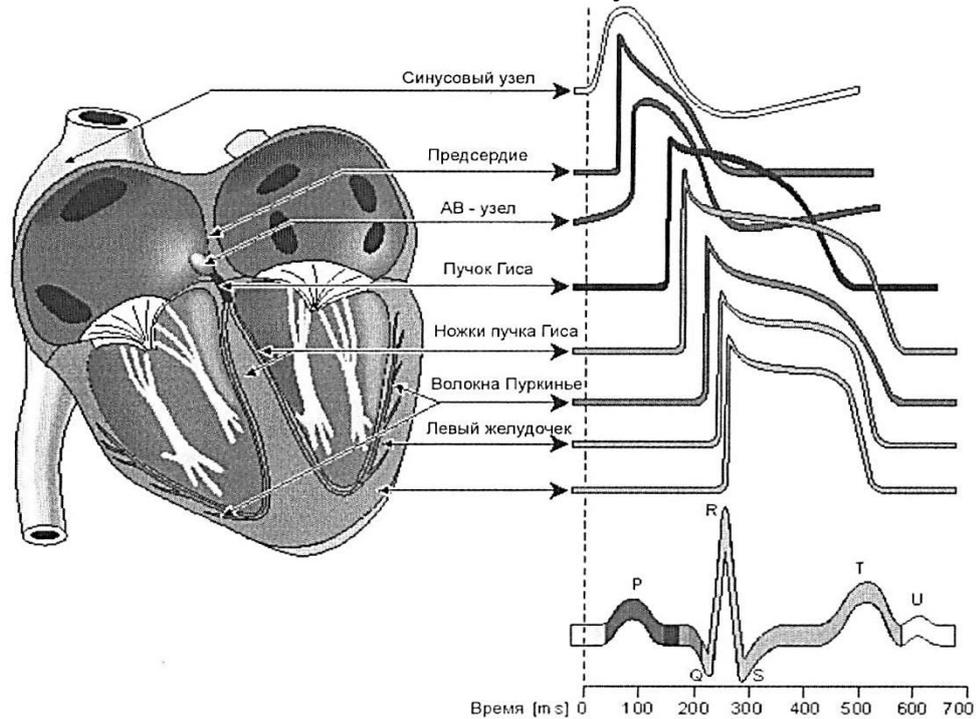


Рисунок 8 - Главные структуры сердца и свойственные для их импульсы

Правое предсердие генерирует биоэлектрический ток на базе синусного узла с следующим возбуждением левого предсердия пучка Бахмана. Суммируясь, биоэлектрические сигналы, возбуждаются атриовентрикулярный (АВ) узел, с следующим возбуждением правых и левых желудочек сердца. Возбуждения правого и левого желудочка исполняется на базе проведения электроимпульсов сквозь пучок Гиса и волокон Пуркинье. Идет по стопам обозначить, при возбуждении правого и левого желудочка сокращаются желудки и клапаны сердца.

Сердечно-сосудистая система [13,14] – произведено из совокупностей сердца и сосудов. Сосудами принято называть – ветвь, которая носит конкретную жидкость по всему организму. Сосуды организма разделяются на 2 на подобии: кровеносные и лимфатические. Лимфатические сосуды отвечают за транспортиацию лимфатической воды организма, которая отвечает за иммунную систему. Кровеносные сосуды – организма гоняют кровь по организму. Кровь, протекающий сосуду отвечает за перенесение воздуха и углекислого газа, который попавший сквозь аэрогематический препятствие. Сосудистая система сердца переносит и перекачивает кровь по всему организму.

Аускультация сердца – это методика выслушивания сердца на поверхности грудной клетки. Аускультативные феномены, которые происходящие в сердце, следует разделить на 2 категории, например, на тоны и шумы сердца. Тон сердца – колебания определенной частоты и представляет суперпозицию звуков различных частот, и являются шумами. Однако, медицинским персоналом удобно выслушивать звуковых явлений, возникающих в процессе работы сердце, и делиться они на тоны и шумы. Как отмечалось выше, тоны сердца являются

суперпозицией большого количество звуков различными частотными диапазонами, также можно выделить преобладающие частотные характеристикам компонент фонокардиограмм

Аускультативные феномены, образующиеся сердечно-сосудистой системы (ССС) распределяется на ведущую 3 группу: низкочастотные, среднечастотные, высокочастотные звуки. Низкочастотные звуки появляются при исключении 1 тона при митральном стенозе (сужение митрального клапана или же недостаток митрального клапана). Среднечастотным звукам относятся все систолические шумы ССС. Частотным шумам относятся диастолические шумы, которые появляются при дефицитности клапанов аорты и легочной артерии.

Громкость звуковых шатаний ССС – физический парадокс, определяющий частоты звука и напряженность шатаний тимпанической мембраны. Гигантская напряженность тимпанической мембраны обуславливается гигантскими значениями амплитуды шатаний и мембраны. Однообразные по мощи звуки, но всевозможные по спектральным чертам, т.е. частотными воспринимаются разной громкостью. Напряженность 1 и 2 тона фонокардиограмм (ФКГ) оформляет 40-45дБ, при стенозе митрального клапана 20-35 дБ.

В процессе проведения аускультации сердца доктор обязан, сконцентрирован на громкость звуковых колебаний сердца. Вначале выслушиваются главные тоны сердца, и идентифицируется для выявления III и IV тонов сердца, а еще для выявления дополнительных тонов и щелчков. По способу аускультация в начале выслушиваются систолические и диастолические шумы и обязаны выслушиваться во всех областях сердца. В конце концов, электрический или же обычный стетоскоп обязан просто помещаться аускультативную точку грудной клеточки без крепкого на давления. Задача надавливание на головку стетоскопа – изоляция внешних звуков. При сильном надавливании стетоскопом грудная клетка натягивается и усугубляется проведения низкочастотных звуков. При выслушивании сердца трубка стетоскопа обязана быть верно установлена к биообъекту. Как критерии, выслушивание сердца наступает с верхушки сердца, где отлично производится аускультация митрального клапана и дополнительно тоны левого желудка сердца. Поочередно, стетоскоп уточняется на вторую межреберье справа и точку Боткина-Эрба, где 4 ребро прикреплена к грудной клеточке (где аортальный клапан отлично выслушивается), дальше стетоскоп уточняется мечевидному отростку, где выслушивается трехстворчатый клапан. На рисунке 9 представлена зона выслушивание сердца.

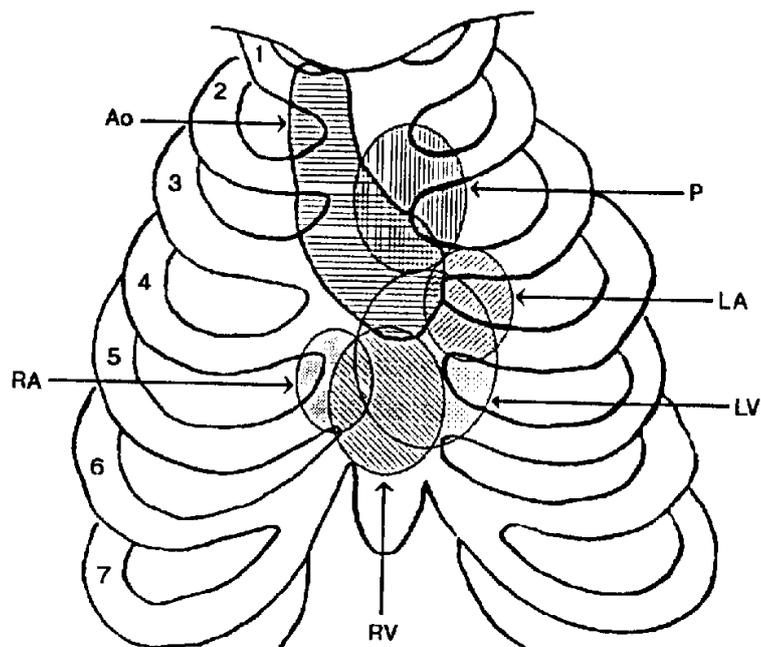


рисунок 9 - Зона выслушивание сердца: LV – район левого желудка, RV – район правого желудка, LA – район левого предсердия, RA – район правого предсердия, AO аортальный район, P – район легочной артерии.

Область аускультации левого желудка (LV). Выслушивается область верхушки сердца, IV и V межреберье. В данной точке хорошо регистрируются звуки митрального клапана, также шумы аортальных клапанов (если имеется).

Область аускультации правого желудка (RV). Выслушивается область нижней третьей грудной клетки и IV и V межреберье на 2 см вправо. В точке выслушивается трехстворчатый клапан, III и IV тон, также шумы и недостатки клапана легочной артерии, выявляются межжелудочковые дефекты.

Область аускультации левого предсердия (LA). Точка выслушивания расположена в лопатки левой спины. Хорошо выслушивается систолические шумы, которые выявляются при митральной недостаточности.

Область аускультации правого предсердия (RA). Данная точка выслушивания расположена на уровне IV и V межреберья вправо от грудины. Хорошо регистрируется звуки систолического шума, которые выявляются при недостаточности трехстворчатого клапана.

Область аускультаций аорты (AO). Данная точка расположена в III межреберье справа от грудины. В данной точке выслушивается звуки аортального клапана.

Область аускультации легочной артерии (P). Точка расположена во II межреберье слева распространением вверх до грудино-ключичном сочленения. Регистрируется звуки клапана легочной артерии.

Тоны сердца. Тоны сердца (ТС) – дискретное краткосрочное выслушивание колебания разной громкости и продолжительности. Для здоровых людей всякий

раз идентифицируется I и II тоны сердца, временами III и IV тоны. На рисунке 10 представлено тоны сердца здорового человека.



Рисунок 10 – Тоны сердца здорового человека

I тон сердца. Тон сердца представляет собой начало фазы систолы, которая соответствует верхушечным толчком. Распознавание I тона обычно не затруднено, потому что регистрируется громким звуком после диастолической (расслабление сердечной мышцы) паузы. При тахикардии распознавание I тона сердца затруднено из-за возрастающего ритма и 1, 2 тоны могут коррелированными по тембру и громкости. В этой ситуации безошибочно можно определить I тон с помощью опыта медицинского персонала. Происхождения I тона связано с громким звуком и продолжительностью закрытий митрального и трикуспидального клапана сердца. Когда давление выше желудочков чем самом предсердии. И так соответственно сказанному I тон можно разделить на  $I_M$  – митральному и  $I_T$  – трикуспидальному компоненту. Оба компонента клапана считаются как единый звук. Уменьшение звука I тона связано с заболеваниями, такие как недостаточность аортального клапана и митрального клапана, инфаркт миокарда, гипертиреоз. Увеличением звука I тона связано с тахикардии, стенозом (сужение) митрального клапана

Расщепление (раздвоение) I тона. Клиницисты беседуют о раздвоении I тона за счет асинхронизма уменьшения правого и левого желудочков сердца (промежуток меж  $I_M$  и  $I_T$  0,02 – 0,03секунд). Раздвоение I тона почаше выслушивается у детей на вдохе.

Колебания громкости I тона. Колебания происходит изменений интервалов сокращения предсердий и желудочков, удлиненность фазы диастолы и систолы сердца в разные сердечные циклы. Часто колебания звука I тона возникает при нарушении сердечного ритма. Также следует отметить, при кальцификации митрального клапана громкость I тона отсутствует

II тон сердца. 2 тон сердца регистрируется в конце желудочкового сокращения, которые ограничивает короткую паузу и различается по выслушиванию фазу систолы и диастолы. 2 тон сравнительно с I тоном намного выше, более коротки, чем I тон, длительность составляет 0,05-0,11с. Происхождению 2 тона до сегодняшнего времени считали что 2 тон натяжениями и закрытием аортального и легочного (пульмонального) клапана. На сегодняшнее время доказано, что 2 тон регистрируется при вибрации стенки аорты и пульмональной артерии, проявляющиеся в результате от закрытых клапанов сердца. Первоначально идентифицируются аортальный и

пульмональный компонент 2 тона – П<sub>А</sub> и П<sub>Р</sub>. Как известно, из школьного курса биологии, давление крови в аорте намного выше, чем легочной артерии и имеет более громкий звук 2 тона под все поверхности сердца.

Громкость 2 тона. Громкость 2 тона характеризуется внешними и сердечными причинами. Внешним причинам относятся влияние на регистрацию 2 тона, сердечным причинам относятся патологическая состояния полулунных клапанов сердца и повышенным артериальным давлением. Усиление 2 тона может описываться как расщеплением 2 тона пульмонального компонента и может усиливаться при митральном стенозе, тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА, разрыв тромба с последующей блокировкой легочной артерии). Ослабление 2 тона обусловлены с биомеханическими нарушениями (закрываниями) полулунных клапанов аорты.

III тон сердца. Короткий глухой звук, который выслушивается в конце 2 тона. 3 тон сердца возникает при тахикардии, который напоминает бег лошади. В аускультации сердца такой ритм называется галоп. 3 тон связан с работой правого или левого желудочка фазе диастолы. Выслушивается в области левого желудочка над верхушками сердца, где усилены пульсацией. Обычно врачи при аускультации или ультразвуковых исследований сердца стетоскопом или датчиком ультразвука идентифицирует 3 тон в положении лежа на левом боку. 3 тон или ритм галопа является низкочастотным звуком сердца, и выслушивание может быть осуществлен тщательной аускультацией.

IV тон сердца. Низкочастотный тон сердца, идентифицируется перед 1 тоном сердца и называет его предсердным тоном. 4 тон галопа неслышен при аускультации и невиден на фонокардиограмме, потому что регистрируется внутри полости предсердия и представляют собой предсердного звука. 4 тон не записывается ФКГ и не выслушивается при аускультации

Применимость электрических стетоскопов на нынешнее время отлично развита в области кардиологии, пульмонологии, терапии, бригадах скорой медицинской помощи и в филиалах реанимации и активной терапии (ОРИТ) для выявления диагностического решения и предложения критической медицинской помощи. Современные электрические стетоскопы состоят из головки стетоскопа, микрофона на головке мембраны, усилителей и блоков подготовительной обработки сигнала и процессора.

При оценке состояния кардио-респираторной системы (КРС) главную роль играет тест фонокардиограмм (ФКГ) и дыхательных волн (ДВ), представляющей собой запись наблюдаемых на плоскости тела проекций больших акустических процессов, происходящих в сердце. ФКГ и ДВ несут информацию как о текущем состоянии КРС, так и о патологических изменениях в самом сердце и в легких.

В связи с необходимостью модернизации современного медицинского оборудования необходимы новые способы повышения точности и стабильности регистрации ФКГ в электронных стетоскопах. В частности, необходимы ФКГ с четко очерченными волнами для точной диагностики заболеваний. Одной из основной проблемы для ФКГ, является, процедуры первичной (аналоговая часть)

и вторичной (цифровая часть) обработки сигнала. Использование методов обработки позволяет получить четких волн.

Аускультация сердца и легких не простая и нелегкая задача современной медицины. Для более точного выслушивания ССС и КРС сказываются условия его проведения. Например, наличие посторонних шумов, которые связаны с работой других медицинских приборов, например, работой хирургической аппаратуры, работой генераторов паровых насосов, которые используются при вентиляции легких, работой электромагнитных приборов, которые наводят сетевую помеху и влияют они при чтении данных из электронного стетоскопа.

### 2.3 Биомеханика дыхательной системы. Аускультация легких

Дыхательная система (ДС) [6,8] человека – сатурация легких атмосферным воздухом при определенной атмосферной давлении. В результате воздух из легких дальнейшим всасывается через аэрогематический барьер, который в дальнейшем поступает в кровь для дальнейшего клеточного дыхания. В состоянии покоя человеку необходимо 0,3 литра объема кислорода в 1 минуту вдоха, которая образуется несколько меньшим количеством  $\text{CO}_2$

Биомеханика дыхательной системы (БДС). Рассмотрим более подробно аэрогематический барьер легких. Аэрогематическим барьером называется – пленка между альвеолы и капиллярами альвеол, который образован из мембран капилляров. Проникновения кислорода в альвеолу состоит из определенных циклических переходов. Носоглотка, трахея, бифуркация трахей, бронхи, альвеола, аэрогематический барьер.

Аускультация легких. Как известно, аускультация легких это процесс выслушивания дыхания, который формирующийся в легких. При регистрации легочных аускультативных волн на аппаратный комплекс формируется дыхательные волны. Дыхательные волны регистрируется на основе колебании альвеолярных стеночных мышц. В процессе колебании по стенкам альвеол отражаются звуковые эффекты, которые выслушиваемые с электронными или механическими головками стетоскопа. В медицине врачи выслушивают легкие по определенным точкам грудной клетки. Точки выслушивания на грудной клетке или на спине отражает процесс работы легких при патологических и отсутствии патологических состояний. На рисунке 11 представлены области выслушивания легких на грудной клетке.

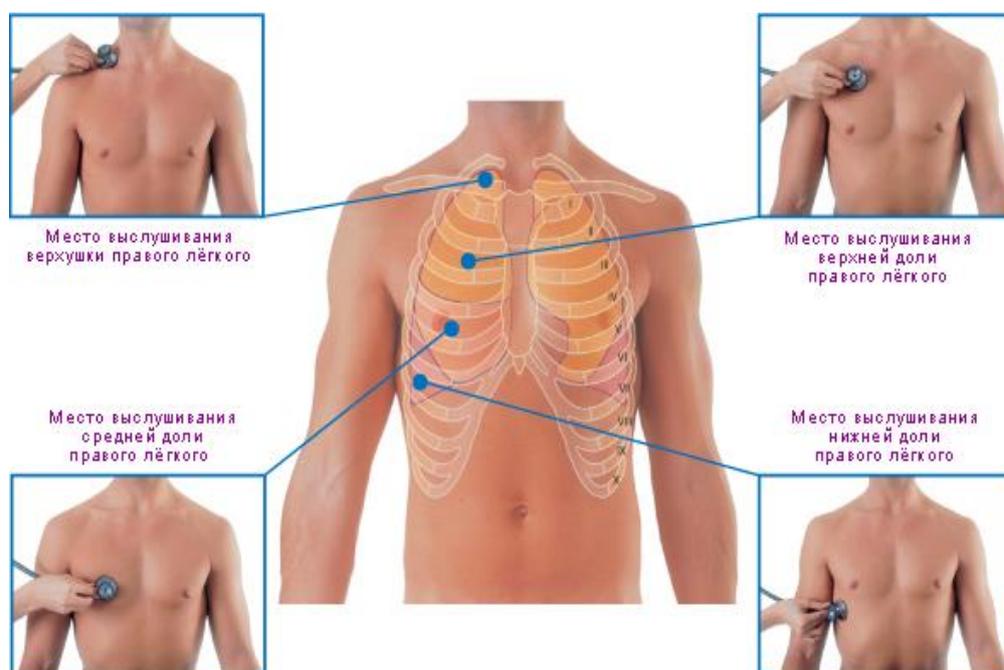


Рисунок 11 - Аускультативные точки выслушивания легких

Как известно правая доля легких состоит из верхней средней и нижней части, которые отвечают за работу легочных клеточных желез и кругу кровообращения. На рисунке 11 представлено схематичные точки выслушивания легких.

Аускультация сердца и легких не простая и нелегкая задача современной медицины. Для более точного выслушивания ССС и КРС сказываются условие его проведения. Например, наличие посторонних шумов, которые связанные с работой других медицинских приборов, например, работой хирургической аппаратуры, работой генераторов паровых насосов, которые использующиеся при вентиляции легких, работой электромагнитных приборов, которые наводят сетевую помеху и влияют они при чтении данных из электронного стетоскопа.

Компьютер-ассоциированная аускультация (КАА) с применением электронного стетоскопа выражается на протяжении последнего десятилетия перспективно новейшей технологией, разрешающей увеличить информативность стандартного метода аускультации. Mansy H.A [16] обнаружили, что компьютерный анализ сосудистых звучаний возможно полезен при наблюдении сосудистой проходимости. Кроме того, они сообщили о целесообразности дальнейшего тестирования с содействием продольных исследований. Watrous R.L. [18] и др. отметили, что 50– 70% детей с бессимптомными пороками, устремленных на эхокардиографию или консультацию специалиста по поводу шумов, не имеют выявленных заболеваний сердца. Исследователи предположили, что КАА может умножить чувствительность и специфичность метода аускультации. В своем исследовании авторы использовали 100 предварительно записанных звуков сердца пациента (55 невинных шумов, 30 патологических шумов и 15 без шумов). Чувствительность при обнаружении шумов значительно увеличилась с

использованием КАА (с 76,6 до 89,1%,  $p < 0,001$ ); специфичность осталась неизменной (80,0 против 81,0%). КАА улучшила чувствительность правильно идентифицированных патологических шумов с 82,4 до 90,0%, а специфичность правильно идентифицированных доброкачественных случаев (с невинными или отсутствующими шумами) с 74,9 до 88,8% ( $p < 0,001$ ). При применении КАА отмечалось увеличение чувствительности с 86,7 до 92,9%, специфичности с 63,5 до 78,6% ( $p < 0,001$ ). Авторы пришли к выводу, что КАА является новой перспективной технологией для работы врачей первичного звена. КАА имеет определенный потенциал для скрининга и диагностики сердечной патологии. Ее использование разрешает усовершенствовать ряд недочетов классической аускультации: трудности выслушивания и сохранения аускультативной информации, отсутствие программного обеспечения для комплексного анализа сигнала. Кроме того, автоматизированная аускультация сердца дает информативный характер сердечных звуков, позволяющий быстро точно, объективно, документально и экономически эффективно провести медицинское обследование, анализ и сравнение архивных данных.

Таким образом, модернизация классической аускультации на сегодняшний день является перспективным курсом медицины. Данная тенденция поднимает аускультативный метод на более высокий уровень развития как за счет совершенствования качества нынешнего диагностического процесса, так и за счет получения более широкого спектра диагностической информации. Такой прогрессивно новый этап в формировании метода аускультации с использованием стетоскопа показывает, что инновации способны сделать гораздо более информативным и эффективным обследование больного как на первичном этапе, так и в динамике, ну то есть в дальнейшем лечении.

### 3 Помехи

#### 3.1 Помехи. Классификация помех.

Исследованы источники помех, характерных при регистрации шумов дыхания в электронной аускультации. Представлены классификация дыхательных шумов человека и способы их уменьшения [1,4,5,6,7,8,9,10,11].

В процессе регистрации шумов дыхания, наряду с полезными сигналами, на вход сенсоров поступают нежелательные звуки, шумы – помехи, задерживающие предшествующую обработку полезного сигнала и уменьшающие достоверность и эффективность диагностики. Классификация источников помех определена тем, собственно, что определяющие аускультативные диагностические признаки, содержащиеся в звуках дыхания, имеют все шансы конспирироваться на фоне высокоуровневых помех. Более критично это в тех случаях, когда респираторные диагностические симптомы бывают замечены беспорядочно при невысоком уровне нужного сигнала, собственно, что свойственно для ослабленного дыхания, сопутствующего ряду бронхолегочных патологий.

Ключевая техническая мысль, произведенная в них, включает в себя регистрацию дыхательных шумов, переустройство их в электронный сигнал, его наращивание, частотную фильтрацию, переустройство в цифровую форму и компьютерную обработку с дальнейшей визуализацией. При данном была замечена вероятность хранения акустических портретов сигнала в компьютерном банке данных и, при надобности, распечатки их копий. В всевозможных компьютерных исследовательских комплексах для регистрации звуков жизнедеятельности применяются как приемники вибраций звукового давления (микрофоны), например, и детекторы колебательного ускорения.

Бытует некоторое количество догадок о вероятных механизмах возникновения респираторных звуков. Самой адекватной считается догадка, показывающая, собственно, что дыхательные шумы появляются за счет турбулентного вихреобразования в трахее, бронхах, на деталях деления струй воздуха (бифуркациях) и в том числе и в маленьких воздухопроводных путях с поперечниками порядка  $2 \div 3$  мм. Эти акустические сигналы довольно слабы, но их звуки размещаются близко наружной плоскости грудной клеточки имеют все шансы быть зарегистрированы на ней. Дыхательные шумы считаются нестационарным случайным трудным ходом, модулированным по частоте и периодически изменяющим собственную напряженность. Их динамический спектр у здоровых людей 60 дБ, а частотный диапазон распространяется от 5 до 2000 Гц. При

отдельных видах болезней имеется расширение важного частотного спектра вплоть до 4000 Гц. Стоит выделить, собственно, что микрофон, всякий раз регистрирует знак, имеющий необходимую сумму некоррелированных элементов: звуки жизнедеятельности организма, фоновые шумы, вибрационные и электрические помехи. Любую из их возможно поделить на отдельные составляющие, в зависимости от порождающего источника. Обобщенная схема этих источников отображена на рисунке 12.

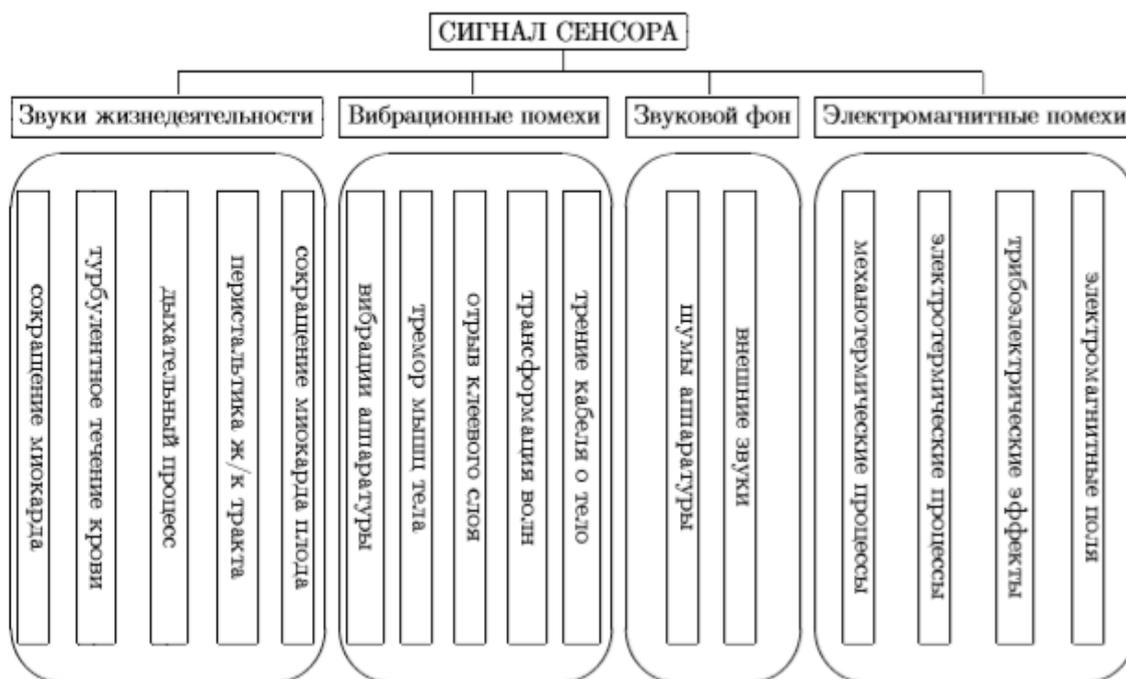


Рисунок 12 составляющие сигнала, получаемого сенсором при аускультации

Конечно, при регистрации дыхательных шумов все иные составляющие сигнала считаются помехами по отношению к ним. Разглядим более детально помехи и ее источники. В процессе жизнедеятельности человека изнутри его тела, не считая дыхательных шумов, генерируются звуки, источниками коих считаются уменьшение сердечной мускулы (звуки и шумы сердца), турбулентное направление крови в сердце и больших кровеносных сосудах (шумы кровотока), движение еды в желудочно-кишечном тракте (звуки перистальтики). У рожениц в брюшной полости еще бывают замечены вспомогательные звуки, связанные с работой сердца малыша. Во время работы сердца в итоге колебательных движений сердечной мускулы (миокарда) и внутрисердечного течения крови появляются звуки, которые разделяются на тоны и шумы. Частотный диапазон сердечных звуков распространяется от  $10 \div 20$  до  $800 \div 1000$  Гц. Так, I тон как правило представлен частотной полосой  $30 \div 120$  Гц, а II –  $70 \div 150$  Гц. Важно следить III и IV тоны, значения, коих на порядок ниже значений I и II тонов. Варианты амплитуды и спектрального состава

сердечных звуков, обусловленные патологией. Они связаны с гемодинамикой течения крови, ненормальными переменаами клапанов, стенозами артерий, пороками сердца, нарушениями ритма. Систолические шумы появляются на частотах  $50 \div 600$  Гц, а диастолические – на  $120 \div 800$  Гц. Напряженность сердечных звуков сравнима с интенсивностью дыхательных шумов, а в спектре невысоких частот  $10 \div 80$  Гц имеет возможность превосходить их.

В одном ряду с отмеченными наружными источниками вибрационных помех, есть ряд свойственных устройств их генерации: тремор мускул тела, трение сигнального кабеля по туловищу, отрыв (прилипание) клеевого слоя при расширении и сжатии грудной клетки в процессе дыхания, интерференция поверхностных волн при ближайшем месторасположении детекторов. Тремор мускул – это непроизвольное трепет участков тела, предпосылкой которого считаются болезни нервной системы больного. По насыщенности тремор превосходит I и II тоны сердца. Трение сигнальных кабелей по телу приводит к выходу в свет в их продольные волны, которые передаются на чувствительные составляющие и вызывают возникновение в сигнале случайных импульсов.

В собственную очередь, аддитивные помехи по собственной статистической структуре разделяются на 3 группы: флуктуационные (распределенные по частоте и времени), импульсные (сосредоточенные по времени) и гармонические (сосредоточенные по спектру). Флуктуационная помеха дает собой неиссякающую необходимую

сумму шатаний от бесчисленных источников, которые накладываются одно на другое, образуя случайный постоянный процесс. В нашем случае к флуктуационным ненужным элементам можно отнести шумы сердца и кровотока, интерференционную помеху, шумы аппаратуры, электрические наводки, наружные, механотермические, электротермические шумы. Импульсные помехи, по сущности дела, предполагают собой дискретный случайный процесс, состоящий из невзначай распределенных по времени и амплитуде отдельных импульсов.

Статистические качества аналогичных помех отлично описываются доктриной импульсных случайных струй. При регистрации дыхательных шумов в данном качестве выступают тоны сердца пациента и плода.

Гармонической помехой именуют аддитивную помеху, энергетический диапазон которой направлен в сравнительно узкой полосе частот, сопоставимой с полосой нужного сигнала или же больше узкой, чем она. Эти составляющие имеют все шансы вставать, к примеру, при пульсации дурно сбалансированных моторов (бытовые вентиляторы, вентиляторы компов).

Мультипликативную помеху при аускультации дыхательных шумов вызывает изменчивость характеристик звукового поля, генерируемого дыханием, и каналов его распространения во времени

Способы повышения энергетического критерия помехозащищенности стетоскопов в нашем случае можно подразделить на пять видов:

- 1) рациональное целенаправленное конструирование сенсоров;
- 2) выбор методики регистрации дыхательных шумов, при которой исключаются источники помех или минимизируются их уровни;
- 3) звуко-виброизоляция помещения и использование звуковибропоглощающих элементов в конструкции самого комплекса;
- 4) электромагнитное экранирование чувствительных элементов сенсоров и их заземление;

Как видно из вышеизложенного, процесс регистрации дыхательных шумов реализуется в достаточно сложной помеховой обстановке. Вследствие этого борьба с нежелательными составляющими сигнала вызывает в ряде случаев не простых решений звукового поля, генерируемого дыханием, и каналов его распространения во времени. Конечно, современная теория передачи сигналов не ограничена энергетическим соотношением сигнал/помеха, а использует для выделения полезной составляющей данные многомерных функций распределения характеристик сигнала, а также некоторые априорные сведения о нем.

Таким образом рассмотрены, проанализированы и классифицированы источники помех фонокардиограмм, возникающих при аускультации сердца, дыхательных шумов человека. Указаны способы повышения критерия помехозащищенности сенсоров от источников помех различной природы.

## 4 Экспериментальная часть

### 4.1 Схема аудиозаписей

В следствии того, что моей темой является изучение и выявление особенностей помех, возникающих в момент регистрации фонокардиограмм с помощью стетоскопа. Я решил провести исследование, оно заключается в том, чтобы продемонстрировать влияние антропогенных факторов при диагностике. В этой работе я хотел бы показать 4 клинических случая. Данное исследование проводится ГП №3 , согласованно с врачом кардиологом Есжановой М.Р (исследование проводилось в течении 4 дней в различных условиях). Для записи использовался диктофон, также нужны были наушники, и соответственно стетоскоп. Доказательство существования влияния этих шумов на качество аускультации с использованием электронного стетоскопа является важной задачей в диагностике заболеваний. Структурная схема эксперимента методом аускультации выглядит следующим образом рисунок 13

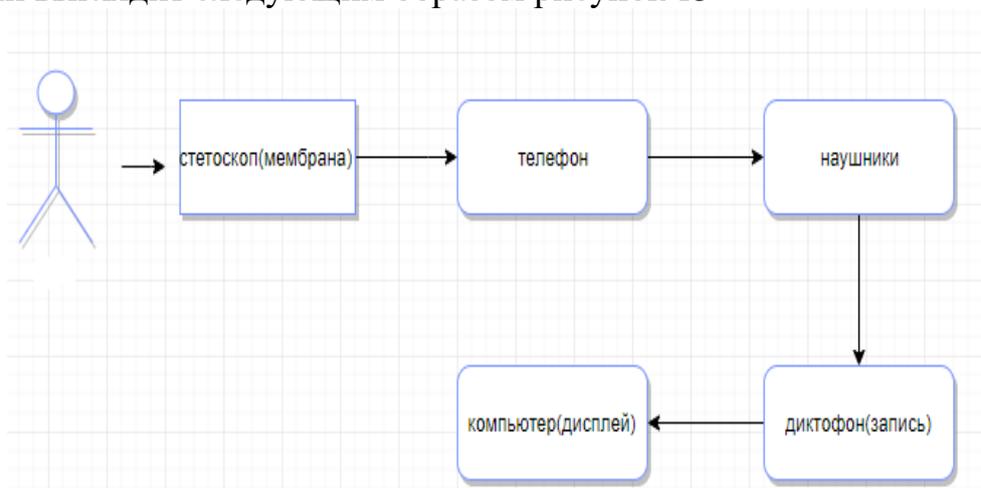


Рисунок 13 схема записи аудио

1) Первый случай пациент М. 47 лет, пол женский, при аускультации сердца, искажающей помехой полезного сигнала являлся шум от холодильника.

Стоит отметить что, на фоне шумов у пожилых людей намного плохо слышно биение сердца, также дыхательные шумы, из-за этого, врачам без определенного опыта работы тяжело делать анализ диагностику сердечно-сосудистой системы.

2) Второй случай пациент И. 55 лет, пол мужской, при диагностике, помехами были шумы при открывании дверей, шкафов.

3) Третий случай пациент К. 39 лет, пол мужской, при аускультации, искажающей помехой был разговор мед. Работницы с пациентом.

4) В четвертом случае пациент Р. 28 лет, пол мужской, при диагностике не мешали какие либо шумы, аускультация проводилась в полной тишине, в субботу вечером, когда людей было мало, и мы попросили выйти на определенное время мед. Работницу, при аускультации пациента в комнате была полная тишина и удалось записать сердцебиение практически без каких-либо шумов, и врачу было легко исследовать, пациента.

Вывод : в совокупности всех случаев, также учитывая мнение врача основным выводом является ,то что, все шумы включая антропогенные факторы значимо влияют на диагностику, для повышения точности диагностики необходимо помимо средств фильтрации создать такие условия, когда все посторонние помехи минимизируется , например полностью изолировать помещение , звуковиброизоляция помещения и использование звуковибропоглощающих элементов в конструкции, либо убрать все приборы , которые вызывают вибрацию.

#### 4.2 Анкетирование-опрос врачей в медицинском учреждений

Для более обширного исследования проблем помех, шумов при аускультации в наших медицинских учреждений, как пример я решил провести анкетирование-опрос врачей , согласовано с заместителем главного врача Шалданбаевой А.Б. ГКП на ПХВ ГП №3 ул. Розыбакиева 74. Подготовив анкету я попросил пройти опрос врачей , для последующего анализа и вывода.

Вопросы выглядели так:

1) Пользуетесь ли вы стетоскопом в своей практике?

Да

нет

иногда

2) Как вы считаете, является ли данные обследования информативным в врачебной практике?

Да

нет

иногда

3) Удовлетворены ли вы его (стетоскоп) качеством?

Да

нет

иногда

4) Дайте оценку потребительским свойствам (стетоскоп) по 5 бальной шкале?

- 1-3                      3-5                      5
- 5) Часто ли вам приходится производить замену стетоскопа в своей практике?
- Да                      нет                      иногда
- 6) При аускультации, влияют ли внешние факторы (шум, голоса) при обследовании?
- Да                      нет                      иногда
- 7) Степень изнашивания стетоскопа по вашему мнению происходит (при использовании в своей практике) в течении?
- 1 года                      3-5 лет                      5-10 лет
- 8) Часто ли у вас повреждается мембрана (головка стетоскопа)?
- Да                      нет                      иногда
- 9) Знаете ли вы разницу между стетоскопами : терапевтический, неонатальный, педиатрический, акушерский)?
- Да                      нет                      не всегда
- 10) Часто ли вы не слышите через стетоскоп?
- Да                      нет                      иногда
- 11) Совпадает ли ваш предварительный диагноз с аускультативным (услышанным)?
- Да                      нет                      не всегда

Результат опроса отображен в диаграмме.



В данном исследовании участвовали 22 врача, где было отражено их объективное мнение. При анализе опроса были выявлены недостатки, такие как: необходимость замены стетоскопа, влияние внешних факторов (шум, голоса, скрипы, ходьба, также шум при открывании дверей, и сами пациенты) при обследовании, степень изнашивания стетоскопа по мнению большинства врачей происходит в течении года, повреждение мембраны (головки), не всегда совпадает предварительный диагноз с аускультативным.

Тем не менее метод классической аускультации является неотъемлемой частью во врачебной практике, стоит отметить что, 100% врачей пользуются стетоскопом, по их мнению данное обследование является информативным для определения различных заболеваний.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ежегодно от болезней сердца, легких, умирают миллионы людей. Также участились случаи не правильного диагноза, это зависит от множества причин, главной которой является шумы, помехи. Немаловажную роль также играет знания доктора, но в наше время почти никто не уделяет проблеме аускультации, то есть, проблеме помех их устранения, модернизации стетоскопов их средств фильтрации, для более точной диагностики пациента. В связи с необходимостью модернизации современного медицинского оборудования необходимы новые способы повышения точности и стабильности регистрации фонокардиограмм в электронных стетоскопах. Доказательство существования влияния этих шумов на качество аускультации с использованием электронного стетоскопа является важной задачей в диагностике заболеваний в дальнейшем эти результаты могут быть использованы при разработке средств фильтрации электронного стетоскопа.

В данный момент в мире метод аускультации используется регулярно, хоть появились МРТ, УЗИ, Компьютер-ассоциированная аускультация (КАА), но главное достоинство классической аускультации — это экономичность, то есть этот метод не требует больших затрат для больниц, или человеку не придется платить за МРТ, КТ, либо у людей не бывает возможности обследоваться платно, из-за этого стоит уделить внимание на изучение особенностей помех, и искать способы их устранения.

Таким образом, модернизация классической аускультации на сегодняшний день является перспективным курсом медицины. в совокупности всех случаев, также учитывая мнение врача основным выводом является ,то что, все шумы включая антропогенные факторы значимо влияют на диагностику, для повышения точности диагностики необходимо помимо средств фильтрации создать такие условия, когда все посторонние помехи минимизируется, например полностью изолировать помещение, звуковиброизоляция помещения и использование звуковибропоглощающих элементов в конструкции, либо убрать все приборы , которые вызывают вибрацию.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kulyash K. Makesheva, Eldos A. Altay, Aygerim A. Sadykova. The phonocardiographic data recording processing system: an effective approach// *Cardiometry*. 2018; № 12; p. 66-69.
2. Макаренкова А.А., Олийнык В.Н., «Помехи сенсоров-виброакселерометров,используемых для аускультации дыхательных шумов »// ISSN 1028 -7507 *Акустичний вісник*. 2006. Том 9, N 1. С. 45 – 54
3. Sprague H. B. A new combined stethoscope chest piece // *JAMA*.– 1926.– 86.– P. 1909–1913
4. Verburg J., van Vollenhoven E. The recording of heart vibrations: A problem of vibration measurement on soft tissue // *Med. Biol. Engng Comput*.– 1984.– 22.– P. 168–178.
5. Гринченко В. Т., Макаренков А. П. Устройство для аускультации // Патент РФ на изобретение.– 1996.– N 2062047.– С. 1–3.
6. 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.

7. Grotberg J. B. Pulmonary flow and transport phenomena // *Ann. Rev. Fluid Mech.*– 1994.– 26.– P. 529–571.
8. Вовк И. В., Гринченко В. Т., Дахнов С. Л. Влияние физиологических особенностей верхних дыхательных путей на характеристики шумов дыхания // *Акуст. вісн.*– 1998.– 1, N 3.– С. 14–23.
9. Макешева К.К., Каныбек М. Распределённая система для диагностики кардио-респираторных заболеваний с использованием электронного стетоскопа // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика.* 2017; Т.16; № 8; С.182-183.
10. Tavel M.E. // *Clinical Phonocardiography and External Pulse Recording.* 4th ed. – Chicago. Ill: Yearbook Medical Publishers. – 1985. – Vol.7.
11. Tavel M.E., Brown D.D., Shander D. // *Arch. Intern. Med.* – 1994. – Vol.154. – P.893–898.
12. Ertel P.Y. et al. // *Circulation.* – 1966. – Vol.34. – P.889.
13. Faber J. J., Burton A.C. // *Circulation Research.* – 1962. – Vol.11. – P.96.
14. Tavel M.E. // *Clinical Phonocardiography and External Pulse Recording.* 4th ed. – Chicago. Ill: Yearbook Medical Publishers. – 1985. – Vol.1.
15. Taylor B.C., Sheffer D.B. // *Biomed. Instrum. Technol.* – 1990. – Vol.24, Suppl.3. – P.188–197.
16. Watrous R.L., Thompson W.R., Ackerman S.J. // *Clin. Cardiol.* – 2008. – Vol.31, Suppl.2. – P.79–83
17. Luisada A.A. In: *From Auscultation to Phonocardiography.* St. Louis, C.V. Mosby Co., 1965. – P.54.
18. Mansy H.A., Hoxie S.J., Patel N.H., Sandler R.H. // *Med. Biol. Eng. Comput.* – 2005. – Vol.43, suppl.1. – P.56–62.