

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
Факультет приборостроения,
информационных технологий и
электроники

Кафедра
«Информационная безопасность
систем и технологий»

Специальность 10.05.03 –

Информационная безопасность
автоматизированных систем

Специализация –

Защищенные автоматизированные
системы управления

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАНАЛА УТЕЧКИ
ИНФОРМАЦИИ ЗА СЧЕТ АКУСТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Студент

Поташов Максим Андреевич

Руководитель

Куприянов А.А.

Нормоконтролёр

Иванов А.П.

Рецензент инженер по противодействию ИТР

АО «НПП «Рубин»

Сидоров М.В.

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 21.06.19 № 16)

Заведующий кафедрой

С.Л. Зефирова

Работа защищена с отметкой

(протокол заседания ГЭК

от 25.06.19 № 24)

Секретарь ГЭК

А.П. Иванов

Пенза 2019

Проверка (при защите)

3 балла

БС 21.06.19

Оглавление

Введение	5
1 Технические каналы утечки информации	6
2 Акустоэлектрические каналы	8
3 Выделенные помещения: назначения и требования к ним	9
4 Источники акустоэлектрических преобразований	10
5 Специальные исследования в области акустоэлектрических преобразований	15
5.1 Задачи специального исследования канала акустоэлектрических преобразований	15
5.2 Общий порядок проведения измерения.....	17
6 Обзор и выбор звукопоглощающих материалов.....	20
7 Методика оценки звукопоглощения ограждающих конструкций разработанного измерительного стенда.....	28
8 Обзор комплектующих для оборудования измерительного стенда.....	30
8.1 Требования к оборудованию измерительного стенда	30
8.2 Выбор анализатора спектра.....	34
8.3 Выбор шумомера	42
8.4 Выбор токосъемника	57
8.5 Выбор акустического излучателя	62
8.6 Выбор генератора низкочастотных сигналов	63
8.7 Выбор пробника напряжения	63
8.8 Выбор эквивалента нагрузок	64
8.8 Выбор поворотного лабораторного стола	65
9 Разработка системы электропитания и системы заземления измерительного стенда	66
10 Обзор программно-аппаратных комплексов, предназначенных для оценки защищенности речевой информации от утечки по акустоэлектрическому каналу.....	68

11	Расчет экономических затрат на оборудование стенда.....	75
12	Вредные психофизиологические факторы, влияющие на нервную систему специалиста по защите информации. Методы и средства физической культуры, снижающие их воздействие	75
	Заключение	78
	Список используемых источников	79

Обозначения и сокращения

- АЦП - аналого-цифровой преобразователь;
- АЭП – акустоэлектрическое преобразование;
- ВТСС – вспомогательные технические средства и системы;
- КЗ – контролируемая зона;
- КЗП – коэффициент звукопоглощения;
- ОТСС – основные технические средства и системы;
- ПАК – программно-аппаратный комплекс;
- ПВЧГ – паразитная высокочастотная генерация;
- ПЭВМ – персональная электронная вычислительная машина;
- ПЭМИ – побочное электромагнитное излучение;
- ССГТ – сведения, составляющие государственную тайну;
- ТКУИ – технический канал утечки информации;
- ТС – техническое средство;
- ФСТЭК – Федеральная служба по техническому и экспортному контролю;
- ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;
- ЭДС – электродвижущая сила.

Введение

В 2018 году вступила в силу методика оценки защищенности информации от утечки за счёт акустоэлектрических преобразований во вспомогательных технических средствах и системах, утвержденная ФСТЭК России. Важным новым требованием методики является наличие измерительного стенда для проведения специальных исследований. Поэтому вопрос разработки такого измерительного стенда стало необходимо решать специалистам по защите информации для дальнейшего проведения таких исследований.

Измерительный стенд представляет собой камеру, с звукопоглощающими ограждающими конструкциями, оснащенную системами электропитания и заземления, а также измерительным и вспомогательным оборудованием, с заданными характеристиками, определенными в методике ФСТЭК.

Для выполнения требований проведения специальных исследований в качестве цели ВКР выбрана разработка измерительного стенда для исследования канала утечки информации за счёт акустоэлектрических преобразований в вспомогательных технических средствах и системах.

1 Технические каналы утечки информации

Технические каналы утечки информации представляют собой совокупность элементов, указанных на рисунке 1.

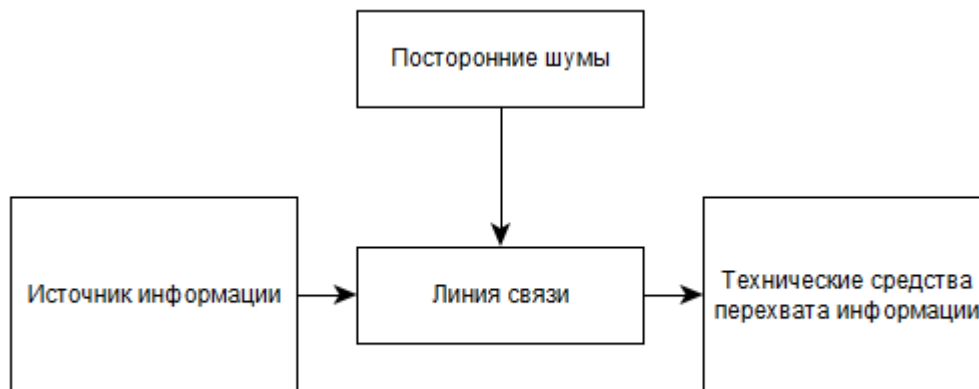


Рисунок 1 – Схема технического канала утечки информации

Источником информации являются голосовой аппарат человека, радиопередатчики, громкоговорители.

Материальные носители информации по своей природе могут быть:

- электромагнитные волны;
- электрические волны;
- акустические волны;
- иные виды волн.

Полезная информация содержится в изменениях параметров вышеперечисленных колебаний. Такие колебания распространяются в твердых, жидких или воздушных средах. Это могут быть инженерные конструкции зданий, воздух, грунт, токопроводящие элементы.

Посторонние шумы сопровождают абсолютно любые физические процессы, и поэтому в любом случае присутствуют в линии связи.

Технические средства приема информации используются для приема сигналов и преобразования полученных сигналов для дальнейшего получения из них необходимой информации. Данные технические средства называются основными техническими средствами.

В помещениях также могут устанавливаться технические средства, которые не участвуют в обработке секретной информации, однако используются вместе с основными техническими средствами, находясь в зоне электромагнитного поля от основных технических средств.

Данные технические средства называются вспомогательными. Это могут быть, например:

- пожарная сигнализация;
- охранная сигнализация;
- телефоны;
- кондиционеры;
- электробытовые приборы.

Именно вспомогательные технические средства несут самую большую угрозу утечки секретной информации, ведь такие средства часто имеют линии выходящие за пределы контролируемой зоны.

Также за пределы КЗ могут выходить провода, не относящиеся к ВТСС, но проходящие через помещения где они установлены. Также это могут быть трубы отопления и другие токопроводящие элементы. Эти элементы называются посторонними проводниками.

Информация называется речевой, если в качестве источника информации выступает голосовой аппарат человека. Основная энергия речевого сигнала лежит в пределах от 300 до 3400 Гц.

Технические каналы утечки речевой информации можно подразделить на:

- вибрационные;
- акустические;
- оптоэлектронные;
- акустоэлектрические;
- параметрические.

2 Акустоэлектрические каналы

Каналы АЭП образуются за счет преобразования акустических сигналов в электрические. Некоторые элементы ВТСС, например трансформаторы, могут менять свои параметры под действием акустического поля. Изменение параметров сопротивления, емкости или индуктивности приводит к модуляции токов, протекающих в этих элементах или к появлению ЭДС.

Также в ВТСС могут содержаться сами акустоэлектрические преобразователи. Это такие ВТСС, как громкоговорители, датчики сигнализаций. В специальной литературе эффект АЭП называют «микрофонным эффектом».

В данном канале утечки информации перехват акустоэлектрических колебаний производится через прямое подключение к соединительным линиям ВТСС низкочастотных усилителей.

Вторым ТКУИ является канал утечки с использованием «высокочастотного навязывания». Перехват по этому каналу может быть осуществлен путем введения высокочастотных токов в линии, которые имеют функциональные связи с параметрическими или нелинейными элементами ВТСС, на которых происходит модуляция высокочастотного сигнала информационным.

Информационный сигнал в ВТСС появляется по причине АЭП речевого сигнала в электрический. Данный канал часто используется для перехвата разговоров, через рядом установленный телефон, имеющий выход за пределы КЗ. [1]

3 Выделенные помещения: назначения и требования к ним

Под выделенным помещением понимается служебное помещение, в котором ведутся переговоры секретного характера. В таких помещениях отсутствуют технические средства обработки и передачи ССГТ. Главной целью обеспечения безопасности информации в таких комнатах является исключение доступа к ее содержанию при проведении переговоров.

Выделяют три категории выделенных помещений, предназначенных для проведения совещаний по вопросам, которые содержат ССГТ.

В выделенных помещениях третьей категории допустимо обсуждать информацию с грифом «секретно», в помещениях второй категории информацию с грифом «совершенно секретно», а в помещении первой категории можно обсуждать секретную информацию вплоть до информации с грифом секретности «особой важности».

Выделенные помещения не должны оборудоваться на границе КЗ, не должны находиться на крайних этажах здания. Во время проведения переговоров необходимо закрыть окна и жалюзи. Все ВТСС от которых можно отказаться не должны присутствовать в выделенном помещении.

Несертифицированные технические средства должны отключаться от источников электропитания и соединительных линий. Те ВТСС от которых отказаться невозможно должны пройти процедуру специального исследования на предмет возможности утечки информации по акустоэлектрическому каналу через линии, выходящие за пределы КЗ. Это могут быть:

- цепи питания;
- цепи заземления;
- посторонние проводники;
- соединительные линии таких ВТСС.

4 Источники акустоэлектрических преобразований

Акустоэлектрическими преобразователями называются преобразователи внешних акустических сигналов в электрические сигналы. Это физические устройства и их элементы, которые под действием давления акустической волны изменяют свои параметры или создают эквивалентные электрические сигналы. Такие преобразователи можно классифицировать как показано на рисунке 2.

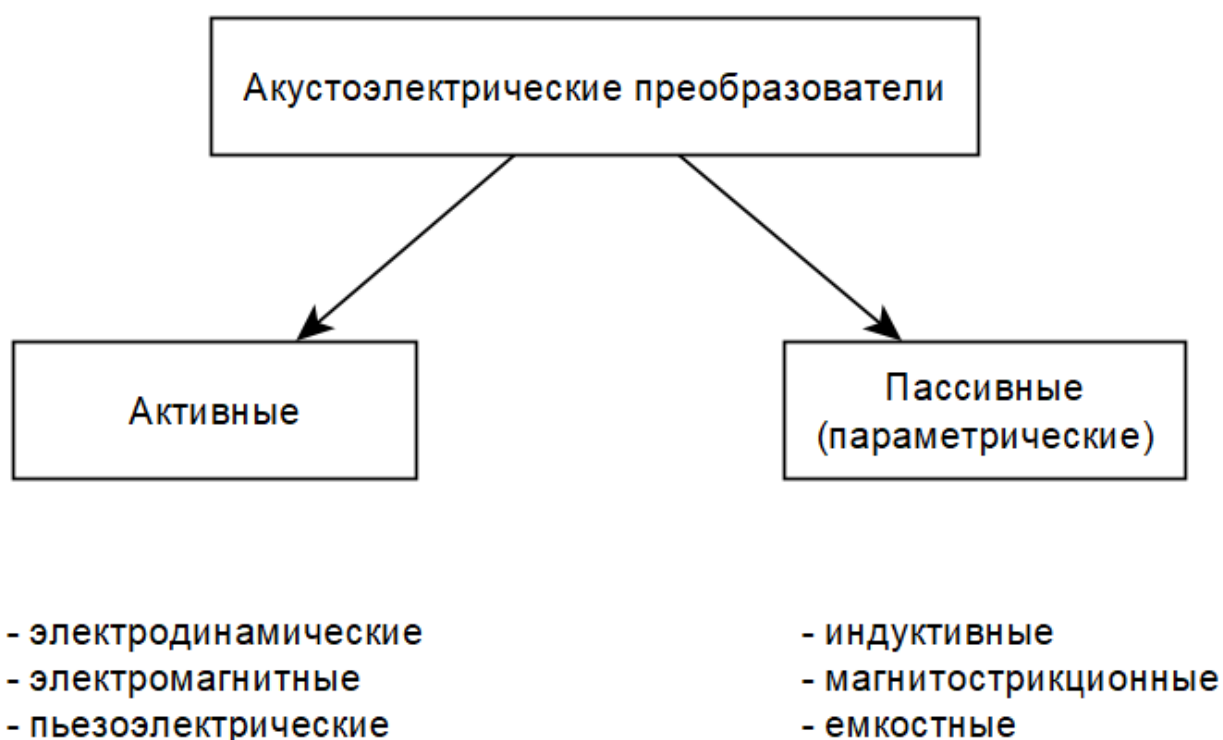


Рисунок 2 - Классификация акустоэлектрических преобразователей

Под действием акустических волн на выходе активного акустоэлектрического преобразователя возникают электрические сигналы. А у пассивных акустоэлектрических преобразователей действия акустических волн вызывают изменения параметров преобразователей.

Активные акустоэлектрические преобразователи по способам формирования электрического сигнала можно разделить на электродинамические, электромагнитные и пьезоэлектрические.

Под действием акустической волны в электродинамическом акустоэлектрическом преобразователе при перемещении провода в магнитном

поле в соответствии с законом электромагнитной индукции возникают опасные сигналы.

Электродинамические акустоэлектрические преобразователи в виде динамических головок громкоговорителей обладают наибольшей чувствительностью, как показано на рисунке 3.

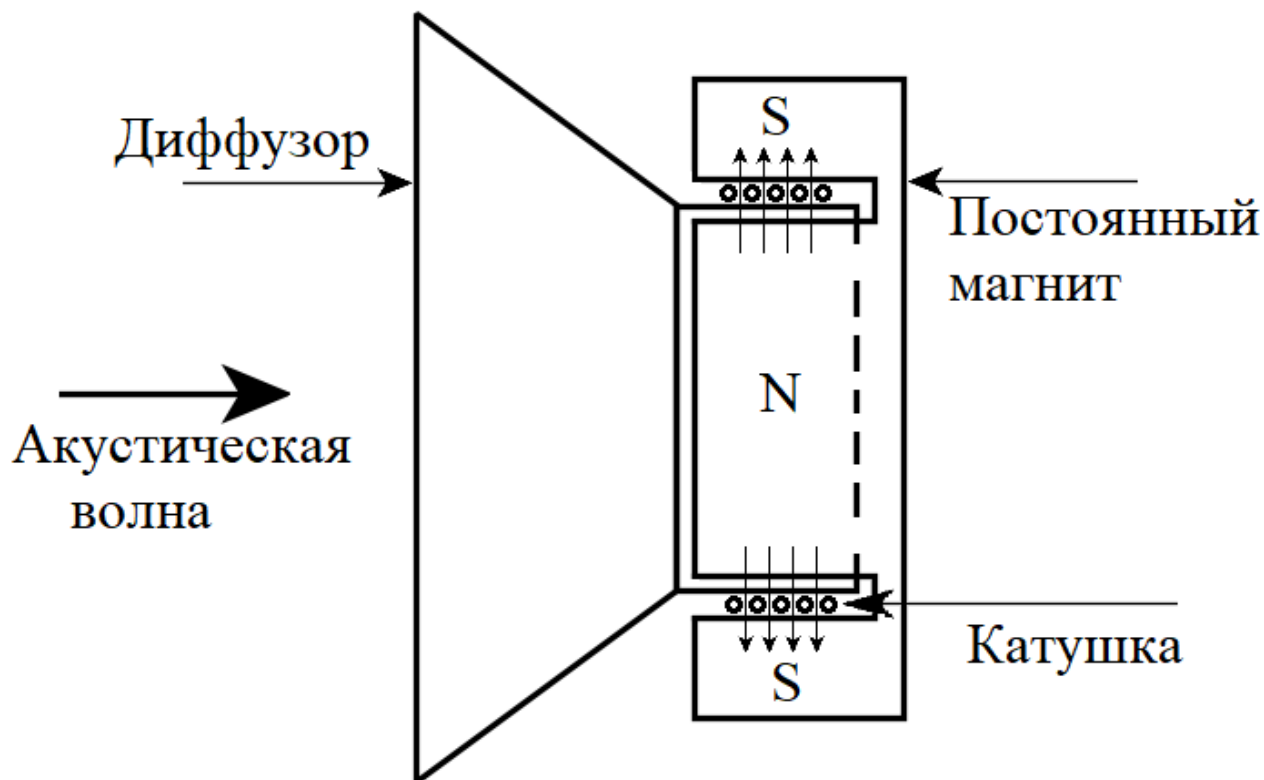


Рисунок 3 - Схема электродинамического громкоговорителя

Катушка, которая соединена с диффузором в виде картонного цилиндра и намотанной на нем тонкой проволокой, под давлением акустической волны перемещается в магнитном поле, которое создается постоянным магнитом цилиндрической формы. В проводах катушки возникает пропорциональная громкости звука ЭДС.

В электромагнитных акустоэлектрических преобразователях возникает аналогичный эффект. К акустоэлектрическим преобразователям данного типа относятся, например, вентиляторы и электрические часы.

В катушках электромагнитов таких устройств электрические сигналы индуцируются в результате изменений напряженности создаваемых ими полей, под действием акустической волны.

Для приведенной на рисунке 4 схемы электромагнитного акустоэлектрического преобразователя напряжение E на концах намотанной на катушке проволоки пропорционально площади S , количеству витков W и относительной магнитной проницаемости μ_0 сердечника, а также обратно пропорционально расстоянию Δ между полюсом подвижного якоря и сердечника.

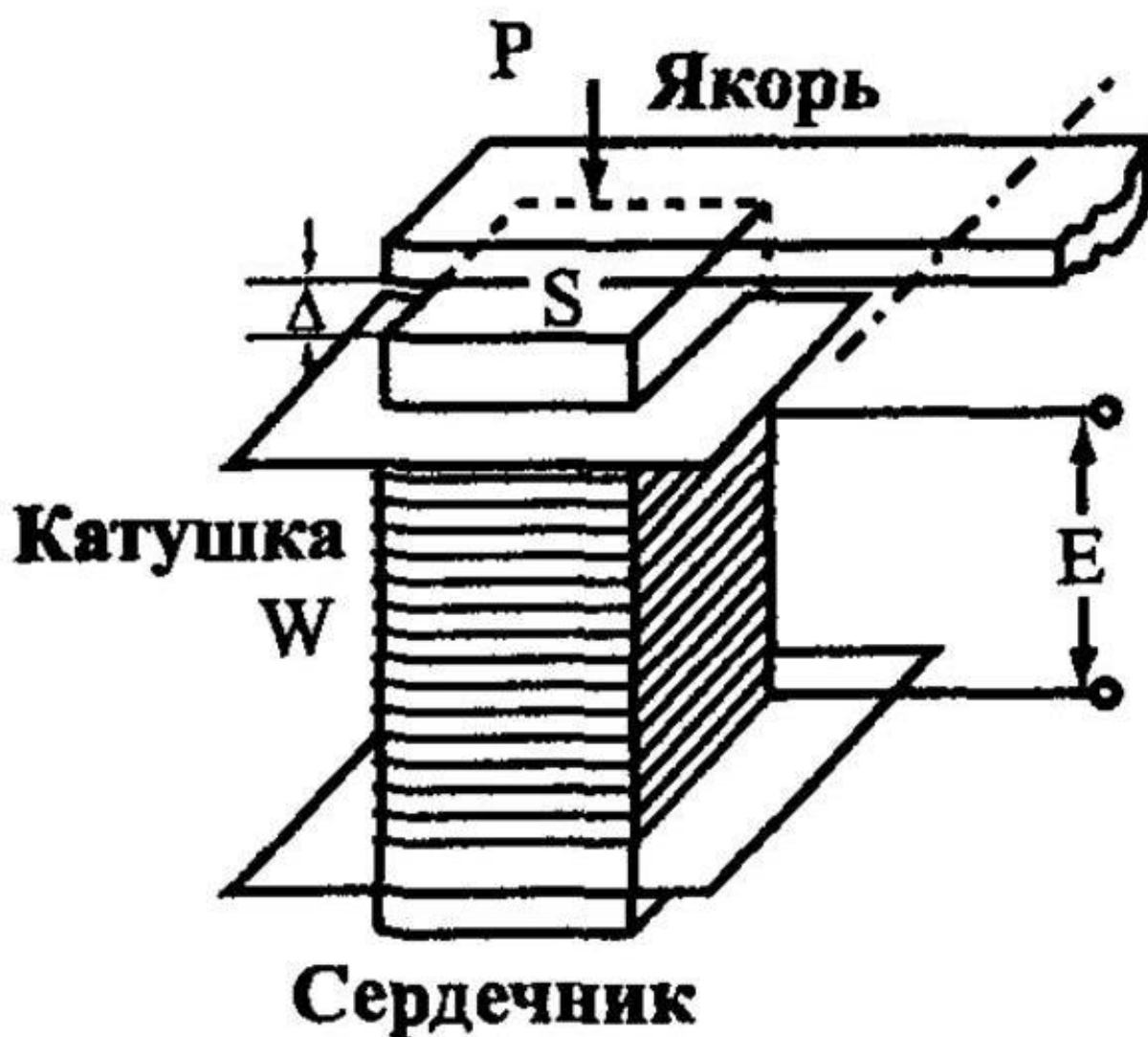


Рисунок 4 - Схема электромагнитного акустоэлектрического преобразователя

Активными акустоэлектрическими пьезоэлектрическими преобразователями являются некоторые кристаллические вещества, такие как

кварц. Такие кристаллические вещества широко применяются в радиоаппаратуре. При механической деформации их кристаллической решетки на поверхности таких веществ возникают электрические заряды.

В акустоэлектрических преобразователях пассивного типа акустическая волна изменяет параметры емкости и индуктивности элементов схем средств. В результате этого изменяются параметры циркулирующих в этих схемах электрических сигналов. В соответствии с этим акустоэлектрические преобразователи называются емкостными или индуктивными.

Магнитострикционный акустоэлектрический преобразователь является разновидностью индуктивного преобразователя. Магнитострикция проявляется в изменении магнитных свойств ферромагнитных веществ, таких как электротехническая сталь при их деформации. Данное явление называется эффектом Виллари. [2]

Угроза утечки информации от акустоэлектрического преобразователя зависит, в основном, от его чувствительности. Чувствительность некоторых акустоэлектрических преобразователей приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Чувствительность некоторых акустоэлектрических преобразователей

№	Акустоэлектрический преобразователь	Чувствительность, мВ/Па
1	Электродинамический микрофон	От 5 до 7
2	Электродинамический громкоговоритель	От 3 до 4
3	Абонентский громкоговоритель	От 35 до 50
4	Электрические часы	От 0,2 до 0,6
5	Электромеханический звонок в составе телефонного аппарата	От 0,06 до 0,5
6	Пьезоэлектрическое вызывное устройство в составе телефонного аппарата	От 9 до 12

Продолжение таблицы 1

№	Акустоэлектрический преобразователь	Чувствительность, мВ/Па
7	Капсюль телефона	От 4 до 6
8	Электромагнитное реле	От 0,05 до 0,6
9	Трансформаторы и дроссели	От 0,002 до 0,25

Опасные сигналы, которые образуются акустоэлектрическими преобразователями, могут:

- излучаться в эфир;
- модулировать более мощные электрические сигналы, к которым злоумышленники могут получить доступ;
- распространяться по проводам, которые выходят за пределы контролируемой зоны.

5 Специальные исследования в области акустоэлектрических преобразований

5.1 Задачи специального исследования канала акустоэлектрических преобразований

Задачей специального исследования является определение значения сигналов акустоэлектрических преобразований речевого диапазона частот в отходящей от ВТСС линии, которая выходит за пределы КЗ. Поэтому типовая схема измерения будет выглядеть как схема, приведенная на рисунке 5.

В процессе исследования исследуемое ТС может быть подключено к имитатору, к реальной отходящей линии или вообще не подключаться ни к какой линии.

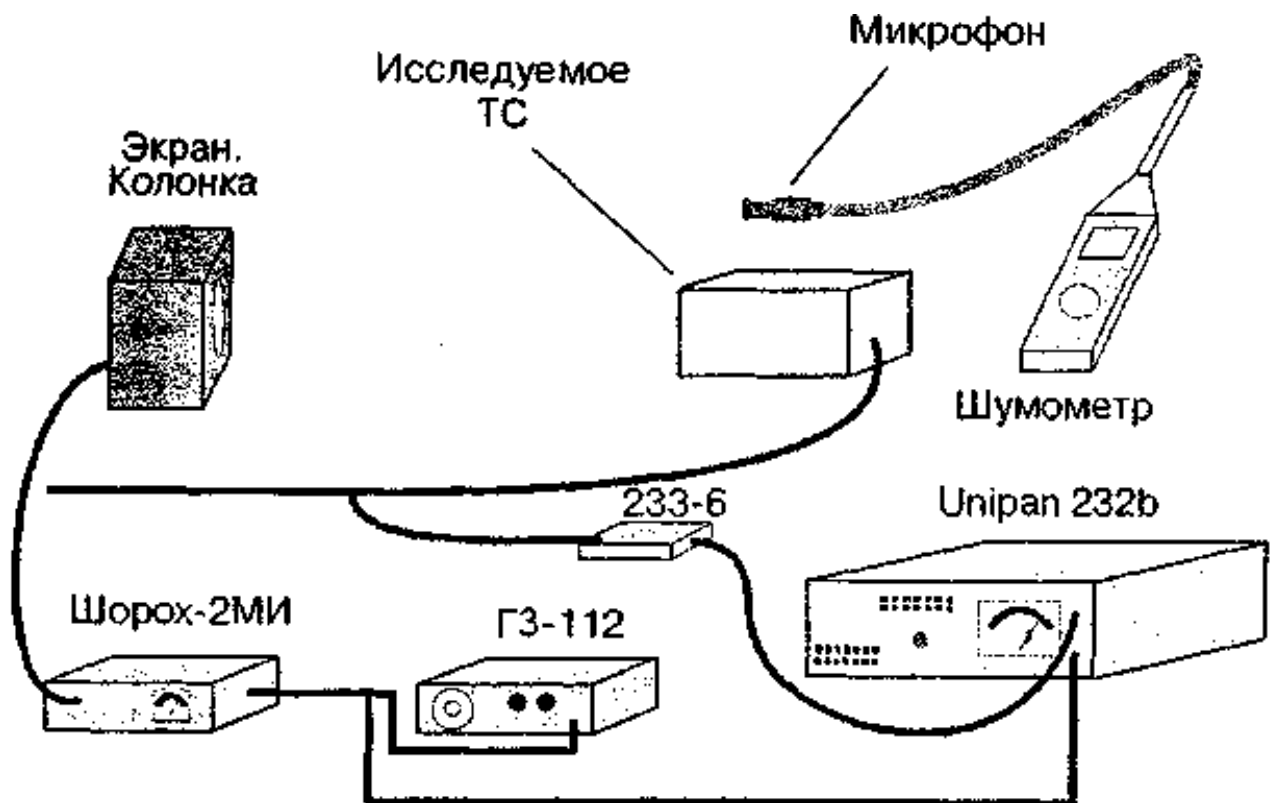


Рисунок 5 – Типовая схема измерения значений сигналов АЭП

К отходящей линии ВТСС подключается измерительный прибор гальваническим или бесконтактным способом. Измерения следует производить для всех возможных вариантов подключения, так как противник будет искать лучший способ подключения.

Исследования ТС следует производить во всех возможных режимах работы такого средства, но если перечень используемых в повседневной жизни режимов будет оговорен в техническом задании, то измерения должны быть проведены только в таких режимах. Так, например, исследования вентилятора нужно проводить при включении его на всех скоростях вращения лопастей, если не оговорено обратное. За конечный результат следует принимать наибольшее из измеренных значений опасного сигнала.

В приведенной на рисунке 5 схеме не описаны схемы заземления, электропитания и взаимного расположения ТС. Такую задачу решает каждый оператор, опираясь на свой опыт, самостоятельно.

Так как измеряемые сигналы АЭП очень малы, необходимо уделить внимание снижению наводок тестового сигнала на измерительный комплекс и само ТС. Обычно, акустический излучатель размещают на расстоянии 1 метра от исследуемого ТС. Это объясняется тем, что на таком расстоянии обеспечивается нужный уровень звукового давления и обеспечивается минимальный уровень наводок на исследуемое ТС.

Даже хорошо экранированный акустический излучатель создает некоторые электрические и магнитные поля, которые могут вносить погрешности в измерения. Проще всего отличить сам сигнал АЭП от наводки тестового сигнала излучателя путем перекрывания лицевой стороны акустического излучателя звукопоглощающим материалом. Таким образом, снизится уровень тестового сигнала, воздействующего на ТС, а наводка электромагнитного поля на ТС останется неизменной. После этого может произойти две вещи: либо показания измерительного прибора не изменятся, что будет говорить о том, что измеряемая величина является чистой наводкой, либо изменятся непропорционально снижению уровня акустического сигнала, что будет говорить о том, что измеряемая величина является смесью АЭП сигнала и сигнала наводки.

5.2 Общий порядок проведения измерения

Для начала оператор должен прогреть и откалибровать средства измерения. Затем оператор плавно изменяет частоту звукового генератора в необходимом диапазоне частот, поддерживая звуковое давление в диапазоне от 74 до 94 дБ. Обычно огибающая сигналов АЭП имеет резкие провалы и пики, их рекомендуется фиксировать.

При проведении измерений задавать заранее какой-либо шаг частот методически абсолютно неверно, так как такие неравномерности имеют узкополосный характер и возникают на любых частотах. Если возможность плавного изменения частоты у низкочастотного генератора отсутствует, то шаг частоты не должен быть больше 10 Гц.

Для проведения измерений в высокочастотной области, то есть модуляционного акустоэлектрического преобразования схема измерений должна быть изменена, как показано на рисунке 6.



Рисунок 6 - Схема измерения модуляционного АЭП

Основой измерительного комплекса является измерительный приемник - анализатор спектра. К нему подключается либо антенна, если проводятся измерения ПЭМИ, либо пробник напряжения, если проводятся измерения в отходящей линии.

К выходу приемника могут подключаться для непосредственного измерения измеритель модуляции, либо низкочастотные анализаторы спектра. Для обнаружения модуляции «на слух» на выход приемника могут подключаться головные телефоны.

Перед измерениями оператор должен ознакомиться с документацией на исследуемое ТС, чтобы определить принципы его построения и определить все возможные режимы его работы, чтобы четко понимать, каким образом и в каких режимах вести измерения.

Первая задача оператора заключается в измерении всех сигналов, которые излучаются в эфир или присутствуют в отходящих линиях. Теоретически часть этих сигналов при реальных измерениях может быть и не обнаружена за счет существующих помех.

Кроме определенных в результате предварительного анализа частот работы автогенераторов, следует обязательно провести дополнительный поиск сигналов во всем диапазоне частот. Все выявленные в результате поиска частоты аналогично должны быть проверены на наличие модуляции.

Затем следует измерить коэффициент или индекс модуляции акустическим сигналом на всех выявленных в результате поиска частотах.

По результатам проведения специального исследования недопустимы выводы «Опасный сигнал отсутствует» или «Модуляция опасным сигналом не обнаружена». В таком случае следует проводить расчет «по шумам».

Проведение работ в области АЭП являются одними из самых сложных инструментальных работ. В настоящее время отсутствуют реальные средства автоматизации таких измерений, поэтому качество проведения исследования целиком зависит от квалификации оператора.

Также необходимо исследовать еще один канал возможно утечки – канал утечки за счет паразитной высокочастотной генерации усилительных устройств. Возникновение генерации в усилительных устройствах всегда связано с наличием в них обратной связи. Под обратной связью понимается процесс передачи части выходного сигнала усилителя на его вход. Как следствие происходит изменение параметров усилителей.

Из-за того, что определить устойчивость усилительного устройства каким-либо способом не представляется возможным, для однозначного ответа об отсутствии ПВЧГ во время проведения специальных исследований необходимо провести достаточно большой объем измерений во всех режимах.

Специально разработанной методики для этого на сегодняшний день не существует, поэтому операторы используют существующую методику, которая ориентирована на исследование усилителей ОТСС. [3]

Обычно, усилители должны исследоваться:

- при изменениях напряжения питания в пределах допусков, которые оговорены в технической документации;
- перегрузкой усилительных устройств по выходу и входу в пределах, которые ограничены режимом, близким к термической устойчивости активных усилительных элементов, таких как транзисторы и микросхемы;
- комбинацией вышеперечисленных режимов.

Также как и в методике исследований модуляции колебаний автогенераторов, в ходе исследования ПВЧГ должны быть проверены сигналы излучающиеся в эфир, и сигналы присутствующие в отходящих линиях. Отличием измерений является тот факт, что исследования ПВЧГ разрешается производить при расположении измерительной антенны практически вплотную к техническому средству, из-за того, что данный канал утечки относится к ненормируемым, в связи с чем исследования квалифицированы только как обнаружение, а не как измерение. При исследовании паразитной высокочастотной генерации получаемые результаты также всецело зависят от квалификации оператора, его знаний и опыта проведения таких исследований.

Звукопоглощение это способность материала ослаблять интенсивность звука, она характеризуется потерей звуковой энергии при падении звуковых волн и их распространении в материальной среде. Процесс звукопоглощения вызван переходом звуковой энергии в тепловую. Падающие звуковые волны вызывают колебание воздуха в порах материала, такие колебания сопровождаются трением воздуха в порах, и кинетическая энергия воздуха переходит в тепловую. В процессе звукопоглощения повышение температуры происходит всего лишь на тысячные доли градуса.

Звукопоглощающие материалы принято характеризовать коэффициентом звукопоглощения. Коэффициент звукопоглощения материала - отношение поглощенной энергии к падающей энергии звука.

Существуют активные и пассивные звукопоглощающие системы. Активные системы характеризуются использованием внешнего источника энергии для уменьшения уровня звука. Пассивные системы ослабления звука имеют эффект звукопоглощения благодаря внутренним характеристикам материала. Такие системы делятся на мембранные, резонансные и пористые. На рисунке 7 представлены типичные зависимости КЗП от частоты для данных систем.

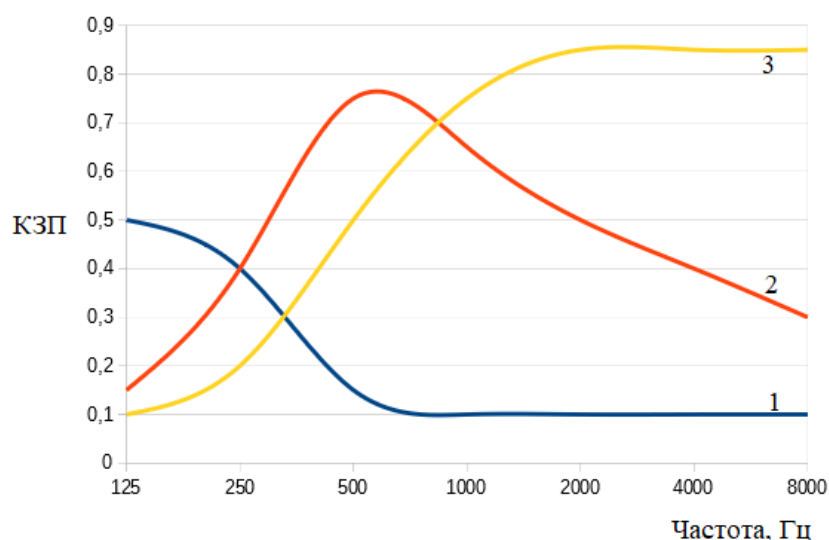


Рисунок 7 – Типичные зависимости КЗП от частоты для мембранных (1), резонансных (2) и пористых (3) звукопоглощающих материалов

Мембранные системы представляют собой непористые панели, расположенные на расстоянии от глухой стенки. Основным недостатком мембранных систем является малый диапазон эффективного поглощения, сосредоточенный на низких частотах.

Резонансные системы представляют собой перфорированные листы с расположенными за ними глухими стенками. Резонансные системы отличаются от мембранных наличием перфорирования.

Пористые системы представляют собой твердые вещества с большим количеством пор и каналов. На рисунке 8 представлено схематическое изображение пористого материала. Следует разделять пористость и шероховатость: неровность считается порой при условии, что ее диаметр меньше ее глубины. Наличие открытых пор позволяет звуковой волне легче проникать в материал и, быстрее терять свою энергию на внутренних стенках.



Рисунок 8 – Схематичное изображение пористого материала

Среди пористых материалов выделяют три группы: ячеистые, волокнистые и зернистые, которые представлены на рисунке 9.

Волокнистые материалы представлены группами волокон, расположенных в продольном, поперечном и вертикальном направлении (например, базальтовая или минеральная вата). [4]

В состав зернистых материалов входит шарообразный наполнитель

(например, материалы на основе перлита, вермикулита, гранул вспененного стекла).

Ячеистая структура материала представляет собой поры чаще всего сферической формы, разделенные межпоровыми перегородками (открыто- и закрытопористые пенопласты, ячеистый бетон и т. д.).

Во всех перечисленных видах материалов звукопоглощающие свойства прежде всего зависят от вида пор на поверхности материала и характера пористости внутри. [5]

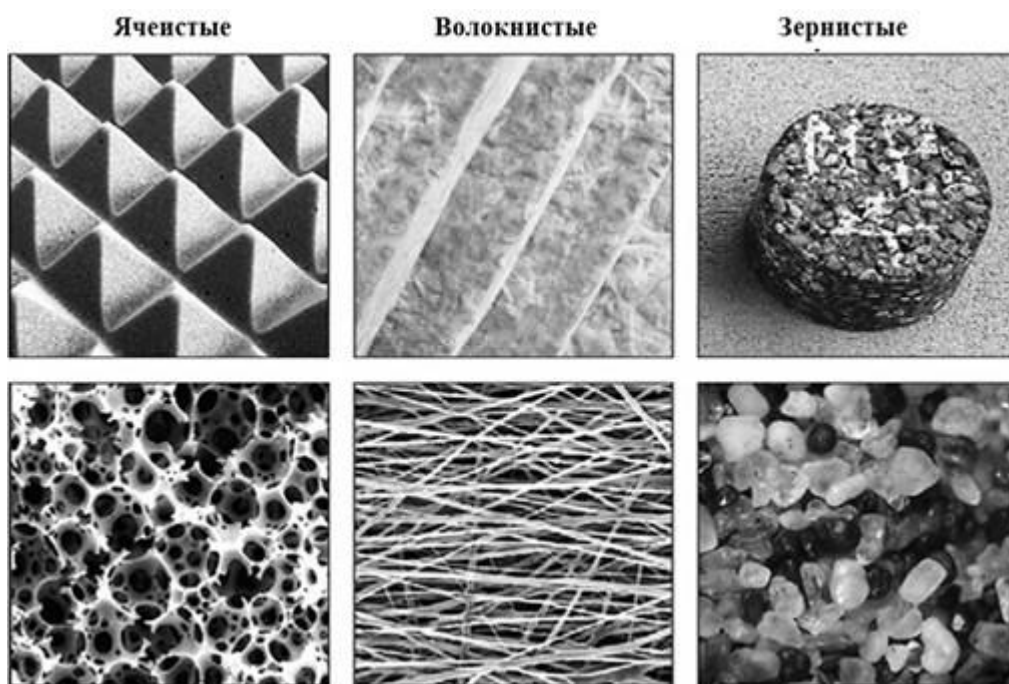


Рисунок 9 - Три основных типа пористых звукопоглощающих материалов

С целью сравнения эффективности звукопоглощения материалов был проведен анализ научно-технических литературных данных по звукопоглощающим материалам путем сопоставления их коэффициентов звукопоглощения. В таблице 2 представлены данные по различным звукопоглощающим материалам, которые были найдены в справочных и литературных источниках. [6]

Таблица 2 – Коэффициенты звукопоглощения различных материалов

Звукопоглощающий материал	Коэффициент звукопоглощения для частоты, Гц						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Маты из супертонкого базальтового волокна	0,26	0,71	0,97	0,99	0,99	0,99	0,48
Маты из отходов капронового волокна	0,16	0,47	0,83	0,93	0,94	0,94	0,54
Войлок строительный	0,16	0,23	0,55	0,64	0,58	0,53	0,46
Стеклопластик	0,011	0,13	0,015	0,016	0,017	0,018	0,017
Гипсовые перфорированные плиты	0,09	0,26	0,54	0,94	0,67	0,4	0,4
Бетон	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,035
Бетон, окрашенный масляной краской	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Кирпичная стена неоштукатуренная	0,024	0,025	0,032	0,042	0,049	0,07	0,07
Кирпичная стена с заделкой швов оштукатуренная	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
Штукатурка гипсовая гладкая по кирпичной стене, окрашенная	0,012	0,013	0,017	0,02	0,023	0,025	0,025

Продолжение таблицы 2

Звукопоглощающий материал	Коэффициент звукопоглощения для частоты, Гц						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Деревянная обшивка (сосна) толщиной 20мм	0,1	0,1	0,1	0,08	0,08	0,11	0,11
Деревянные плиты	0,13	0,12	0,11	0,04	0,07	0,12	0,12
ДСП в контакте с основой	0,01	0,1	0,1	0,09	0,09	0,15	0,15
ДСП на отnose 200 мм	0,13	0,05	0,05	0,04	0,1	0,1	0,09
ДСП на отnose 150 мм	0,1	0,04	0,03	0,04	0,1	0,1	0,09
ДСП на отnose 100 мм	0,28	0,09	0,05	0,03	0,09	0,1	0,1
ДСП на отnose 50 мм	0,33	0,14	0,05	0,05	0,05	0,13	0,12
Паркет на шпонах	0,2	0,16	0,13	0,1	0,09	0,08	0,08
Пол дощатый на деревянных балках	0,16	0,12	0,1	0,08	0,07	0,07	0,06
Ковровое покрытие	0,08	0,08	0,2	0,25	0,27	0,38	0,38
Линолеум	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Ламинат	0,05	0,04	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Пенопласт	0,03	0,08	0,18	0,17	0,15	0,13	0,13
Штукатурка акустическая из обожжённой каолиновой крошки	0,11	0,13	0,33	0,49	0,29	0,35	0,35

Продолжение таблицы 2

Звукопоглощающий материал	Коэффициент звукопоглощения для частоты, Гц						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Штукатурка акустическая из тонкогранулированной минеральной ваты	0,21	0,29	0,42	0,48	0,47	0,45	0,45
Акустический поролон волна 30 мм	0,1	0,2	0,4	0,65	0,7	0,65	0,65
Акустическая минеральная вата 50 мм AcousticWool	0,2	0,45	0,9	0,99	0,95	0,95	0,95
Акустический поролон ECHOTON Grid	0,1	0,31	0,6	0,84	0,85	0,84	0,84

Так как пол помещения измерительного стенда должен быть изготовлен из материала, который на всех среднегеометрических частотах октав имеет коэффициент звукопоглощения не более 0,05, то есть пол измерительного стенда должен отражать почти всю звуковую волну и не поглощать её. Для пола измерительного стенда подходят по требованиям следующие материалы:

- бетон;
- бетон, окрашенный масляной краской;
- линолеум.

Коэффициенты звукопоглощения данных материалов представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Коэффициенты звукопоглощения материалов, соответствующих требованиям для оборудования пола измерительного стенда

Звукопоглощающий материал	Коэффициент звукопоглощения для частоты, Гц						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Линолеум	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Бетон	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	0,035
Бетон, окрашенный масляной краской	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02

Для пола измерительного стенда был выбран линолеум. Линолеум отлично подходит для оборудования измерительного стенда, так как соответствует заявленным требованиям, предъявляемым к коэффициенту звукопоглощения материала во всех среднегеометрических частотах октав, а также является довольно простым в сооружении. Бетонный пол и бетонный пол, окрашенный масляной краской, также проходят по требованиям характеристик, но будут значительно сложнее в сооружении камеры. [7]

Для разработки измерительного стенда к материалам стен и потолка предъявляются требования, указанные в таблице 4.

Таблица 4 – Требуемые коэффициенты звукопоглощения материалов

№ октавы	Среднегеометрическая частота октавы, Гц	Коэффициент звукопоглощения
1	125	0,1
2	250	0,25
3	500	0,5
4	1000	0,7
5	2000	0,7
6	4000	0,7
7	8000	0,6

Исходя из требуемых коэффициентов звукопоглощения, указанных в таблице 4, в качестве материала обшивки стен и потолков подходят два материала: минеральная вата толщиной 50 мм AcousticWool и Акустический поролон ECHOTON Grid. Минеральная вата имеет ряд недостатков, таких как необходимость закрытия её тонкой звукопрозрачной тканью, которая необходима для того, чтобы избежать обсыпания минеральной ваты, также от минеральной ваты возможно отделение мелких частиц пыли, вредных для здоровья дыхательных путей человека, акустический поролон таких недостатков не имеет. Поэтому в качестве материала для обшивки стен и потолка помещения стенда был выбран акустический поролон. [8] Акустический поролон ECHOTON Grid изображен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Акустический поролон ECHOTON Grid

Выбранный акустический поролон ECHOTON Grid имеет цену 1200 рублей за квадратный метр. Монтаж такого поролона осуществляется при помощи клея, является простым и не требует специальных навыков.

7 Методика оценки звукопоглощения ограждающих конструкций разработанного измерительного стенда

В процессе выполнения дипломного проекта был спроектирован измерительный стенд, который представляет собой набор измерительного и вспомогательного оборудования, а также камеру, обшитую звукопоглощающим материалом. К такой камере предъявлялись требования по звукопоглощению на разных частотах октав, представленные в таблице 4.

Для того чтобы оценить эффективность звукопоглощения измерительного стенда после его монтажа необходимо провести ряд измерений по следующей методике. Необходимо поместить акустический излучатель внутри камеры стенда на расстоянии 1 м от звукопоглощающего материала. Следует провести семь измерений звукового давления тестового сигнала с уровнем 100 дБ, генерируемым акустическим излучателем, на каждой среднегеометрической частоте октав. Измерение следует производить при помощи акустического датчика шумомера вплотную к внешней стороне камеры стенда. Так как звукопоглощающие свойства материала характеризуются коэффициентом поглощения, который представляет собой отношение поглощённой звуковой энергии ко всей энергии, падающей на материал, то звукопоглощающий материал должен поглотить энергии не меньше чем равной произведению падающей энергии звуковой волны на коэффициент звукопоглощения. При проведении измерений должны быть получены следующие результаты:

- на частоте 125 Гц: не более 90 дБ;
- на частоте 250 Гц: не более 75 дБ;
- на частоте 500 Гц: не более 50 дБ;
- на частоте 1000 Гц: не более 30 дБ;
- на частоте 2000 Гц: не более 30 дБ;
- на частоте 4000 Гц: не более 30 дБ;
- на частоте 8000 Гц: не более 40 дБ.

Для проведения измерений можно использовать оборудование, которое было выбрано для оборудования самого измерительного стенда, а именно акустический излучатель «ALTO MS12», а также шумомер «2250». Схема измерений показана на рисунке 11.

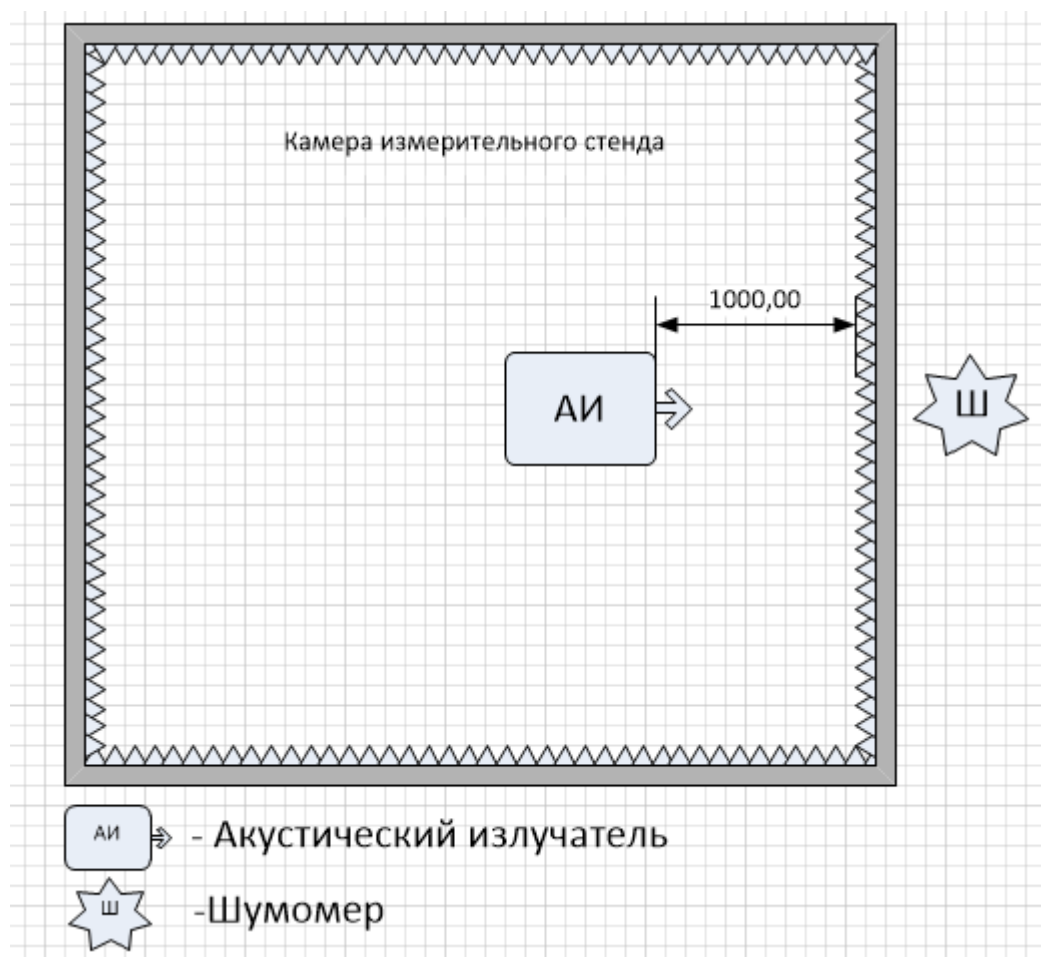


Рисунок 11 – Схема измерений

8 Обзор комплектующих для оборудования измерительного стенда

8.1 Требования к оборудованию измерительного стенда

Средства измерений, оснащающие измерительный стенд, должны иметь утвержденный тип, внесенный в Государственный реестр средств измерений, или свидетельство о поверке, выданное Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии или аккредитованными метрологическими службами юридических лиц. Для проведения специальных исследований канала акустоэлектрических преобразований в методике, которая описывает принципы проведения таких специальных исследований указаны требуемые характеристики средств измерений. Также для проведения специальных исследований необходимо вспомогательное оборудование, которое должно отвечать таким требованиям. Характеристики средств измерений и вспомогательного оборудования должны соответствовать параметрам, приведенным в таблице 5.

Таблица 5 - Требования к основным параметрам средств измерений и вспомогательного оборудования

№ п/п	Измерительное средство	Параметр	Требуемое значение
Средства измерений			
1	Анализатор спектра	Диапазон рабочих частот	От 100 До 11200 Гц
		Диапазон измерений	От $2 \cdot 10^{-8}$ до 3 В
		Минимальная ширина полосы пропускания измерительного фильтра	Не более 1 Гц

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Измерительное средство	Параметр	Требуемое значение
2	Шумомер (или комплекс для акустических измерений)	Диапазон рабочих частот	От 100 До 11200 Гц
		Пределы измерения уровня звукового давления	От 20 до 120 дБ (относительно 2*10 ⁻⁵ Па)
		Чувствительность микрофона (по свободному полю)	Не менее 10 мВ/Па
		Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня звукового давления	От плюс 1 до минус 1 дБ
3	Токоусъемник	Диапазон рабочих частот	От 100 до 11200 Гц
		Выходной импеданс	50 Ом
Вспомогательное оборудование			
4	Акустический излучатель с усилителем мощности	Диапазон рабочих частот	От 100 до 11200 Гц
		Уровень звукового давления тонального сигнала на расстоянии 1 метр по оси излучения	Не менее 100 дБ (относительно 2*10 ⁻⁵ Па)

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Измерительное средство	Параметр	Требуемое значение
5	Генератор низкочастотных сигналов	Диапазон рабочих частот	От 100 до 11200 Гц
		Уровень мощности выходного сигнала	Не менее 15 дБм
6	Пробник напряжения (симметричный, несимметричный)	Диапазон рабочих частот	От 100 до 11200 Гц
7	Эквиваленты нагрузок	-	-
8	Стол лабораторный, поворотный	Высота рабочей плоскости	80 см
		Угол поворота рабочей плоскости стола	До 180 градусов

8.2 Выбор анализатора спектра

В ходе анализа рынка предложений был выявлен список анализаторов спектра, имеющих утвержденный тип, внесенный в Государственный реестр средств измерений:

- Анализатор спектра «N9040B» фирмы производителя "Keysight Technologies Products (M) Sdn. Bhd.". Страна производителя Малайзия. Номер в государственном реестре средств измерений: 73996-19;
- Анализатор спектра «R&S FS 315» фирмы производителя "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG". Страна производителя Германия. Номер в государственном реестре средств измерений: 39906-08;
- Анализатор спектра «R&S FSEM30» фирмы производителя "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG". Страна производителя Германия. Номер в государственном реестре средств измерений: 37844-08;
- Анализатор спектра «R&S FSIQ3» фирмы производителя "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG". Страна производитель: Германия. Номер в государственном реестре средств измерений: 32671-06;
- Анализатор спектра «FSU26» фирмы производителя "Rohde & Schwarz GmbH". Страна производителя: Германия. Номер в государственном реестре средств измерений: 31800-06;
- Анализатор спектра «Advantest R3371A» фирмы производителя "Advantest Co.". Страна производителя: Япония. Номер в государственном реестре средств измерений: 26591-04;
- Анализатор спектра «Advantest R3267» фирмы производителя "Advantest Co.". Страна производителя: Япония. Номер в государственном реестре средств измерений: 25400-03;
- Анализатор спектра «R&S FSU3 (анализатор) R&S FSU-B25 (опция)». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG". Страна производитель: Германия. Номер в государственном реестре средств измерений: 41345-09;

- Анализатор спектра «R&S FSH3 с опциями FSH-Z2, FSH-K2, FSH-K3, FSH-Z44». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG". Страна производитель: Германия. Номер в государственном реестре средств измерений: 34698-07;

- Анализатор спектра «R&S FSU50». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG". Страна производитель: Германия. Номер в государственном реестре средств измерений: 31239-06;

- Анализатор спектра «MS 2665C» фирмы производителя "Anritsu Corporation". Страна производителя: Япония. Номер в государственном реестре средств измерений: 28652-05;

- Анализатор спектра «ADVANTEST R3131» фирмы производителя "Advantest Co.". Страна производителя: Япония. Номер в государственном реестре средств измерений: 27221-04;

- Анализатор спектра «Agilent 8563EC» фирмы производителя "Agilent Technologies". Страна производителя: США. Номер в государственном реестре средств измерений: 24701-03; [9]

Сводные характеристики выбранных анализаторов спектра указаны в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристики анализаторов спектра

№	Название	Диапазон рабочих частот	Диапазон измерений	Минимальная ширина полосы пропускания измерительного фильтра
1	«N9040B». Фирма производитель: "Keysight Technologies Products (M) Sdn. Bhd."	от 3 Гц до 8.4 ГГц	от $1.95 \cdot 10^{-8}$ до 10 В	от 1 Гц

Продолжение таблицы 6

№	Название	Диапазон рабочих частот	Диапазон измерений	Минимальная ширина полосы пропускания измерительного фильтра
2	«R&S FS 315». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG"	от 9 Гц до 3 ГГц	от $7 \cdot 10^{-7}$ до 10 В	от 1 Гц
3	«R&S FSEM30». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG"	От 20 Гц до 26.5 ГГц	от $4.5 \cdot 10^{-6}$ до 5 В	от 1 Гц
4	«R&S FSIQ3». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG"	от 20 Гц до 3.5 ГГц	от $7.1 \cdot 10^{-7}$ до 10 В	от 1 Гц
5	«FSU26». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH"	от 20 Гц до 26,5 ГГц	от $2 \cdot 10^{-8}$ до 10 В	от 10 Гц
6	«Advantest R3371A». Фирма производитель: "Advantest Co."	от 100 Гц до 3.6 ГГц	от $7 \cdot 10^{-7}$ до 10 В	от 10 Гц

Продолжение таблицы 6

№	Название	Диапазон рабочих частот	Диапазон измерений	Минимальная ширина полосы пропускания измерительного фильтра
7	«Advantest R3267». Фирма производитель: "Advantest Co."	от 100 Гц до 8 ГГц	от $1.25 \cdot 10^{-7}$ до 5 В	от 1 Гц
8	«R&S FSU3 (анализатор) R&S FSU-B25 (опция)». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG"	от 20 Гц до 26 ГГц	от $6 \cdot 10^{-6}$ до 10 В	От 10 Гц
9	«R&S FSH3 с опцией FSH-Z44». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co."	От 0.1 До 300 МГц	от $6 \cdot 10^{-5}$ до 5 В	От 100 Гц
10	«R&S FSU50». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG"	от 20 Гц до 40 ГГц	от $2 \cdot 10^{-8}$ до 5 В	От 1 Гц

Продолжение таблицы 6

№	Название	Диапазон рабочих частот	Диапазон измерений	Минимальная ширина полосы пропускания измерительного фильтра
11	«MS 2665C». Фирма производитель: "Anritsu Corporation"	От 9 кГц До 21.2 ГГц	от $3 \cdot 10^{-7}$ до 2 В	От 100 Гц
12	«ADVANTEST R3131» Фирма производитель: "Advantest Co."	От 9 кГц До 3000 МГц	от $5 \cdot 10^{-7}$ до 5 В	От 10 Гц
13	«Agilent 8563EC» Фирма производитель: "Agilent Technologies"	От 9 кГц До 2650 МГц	от $2.5 \cdot 10^{-8}$ до 5 В	От 10 Гц

Выявленные анализаторы спектра имеют следующие цены:

- Анализатор спектра N9040B фирмы производителя "Keysight Technologies Products (M) Sdn. Bhd." имеет цену 450 000 рублей;
- Анализатор спектра R&S FS 315 фирмы производителя "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG" имеет цену 390 000 рублей; [10]
- Анализатор спектра R&S FSEM30 фирмы производителя "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG" имеет цену 840 000 рублей;
- Анализатор спектра R&S FSIQ3 фирмы производителя "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG" имеет цену 610 000 рублей;

- Анализатор спектра FSU26 фирмы производителя "Rohde & Schwarz GmbH" имеет цену 350 000 рублей;
- Анализатор спектра Advantest R3371A фирмы производителя "Advantest Co." имеет цену 270 000 рублей;
- Анализатор спектра Advantest R3267 фирмы производителя "Advantest Co." имеет цену 345 000 рублей;
- Анализатор спектра «R&S FSU3 с опцией R&S FSU-B25» фирмы производителя "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG" имеет цену 640 000 рублей;
- Анализатор спектра «R&S FSH3 с опцией FSH-Z44» фирмы производителя "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG" имеет цену 720 000 рублей;
- Анализатор спектра «R&S FSU50» фирмы производителя "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG" имеет цену 540 000 рублей;
- Анализатор спектра «MS 2665C» фирмы производителя "Anritsu Corporation" имеет цену 325 000 рублей;
- Анализатор спектра «ADVANTEST R3131» фирмы производителя "Advantest Co." имеет цену 405 000 рублей;
- Анализатор спектра «Agilent 8563EC» фирмы производителя "Agilent Technologies" имеет цену 690 000 рублей;

После этого была произведена проверка соответствия основных параметров анализаторов спектра требованиям, предъявляемым к измерительному стенду. Результаты проверки сведены в таблицу 7.

Таблица 7 – Соответствие характеристик анализаторов спектра необходимым требованиям

№	Название	Диапазон рабочих частот	Диапазон измерений	Минимальная ширина полосы пропускания измерительного фильтра
1	«N9040B». Фирма производитель: "Keysight Technologies Products (M) Sdn. Bhd."	Соответствует	Соответствует	Соответствует
2	«R&S FS 315». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG"	Не соответствует	Не соответствует	Соответствует
3	«R&S FSEM30». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG"	Соответствует	Не соответствует	Соответствует
4	«R&S FSIQ3». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG"	Соответствует	Не соответствует	Соответствует
5	«FSU26». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH"	Соответствует	Соответствует	Не соответствует

Продолжение таблицы 7

№	Название	Диапазон рабочих частот	Диапазон измерений	Минимальная ширина полосы пропускания измерительно го фильтра
6	«Advantest R3371A». Фирма производитель: "Advantest Co."	Соотве- тствует	Не соотве- тствует	Не соотве- тствует
7	«Advantest R3267». Фирма производитель: "Advantest Co."	Соотве- тствует	Не соотве- тствует	Не соотве- тствует
8	«R&S FSU3 (анализатор) R&S FSU-B25 (опция)». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG"	Соотве- тствует	Не соотве- тствует	Не соотве- тствует
9	«R&S FSH3 с опцией FSH-Z44». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co."	Не соотве- тствует	Не соотве- тствует	Не соотве- тствует
10	«R&S FSU50». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG"	Соотве- тствует	Соотве- тствует	Соотве- тствует

Продолжение таблицы 7

№	Название	Диапазон рабочих частот	Диапазон измерений	Минимальная ширина полосы пропускания измерительно го фильтра
11	«MS 2665C». Фирма производитель: "Anritsu Corporation"	Не соотве- тствует	Не соотве- тствует	Не соотве- тствует
12	«ADVANTEST R3131» Фирма производитель: "Advantest Co."	Не соотве- тствует	Не соотве- тствует	Не соотве- тствует
13	«Agilent 8563EC» Фирма производитель: "Agilent Technologies"	Не соотве- тствует	Не соотве- тствует	Не соотве- тствует

Проанализировав таблицу 7 можно выделить следующие анализаторы спектра, которые проходят по требованиям, предъявляемым к измерительному стенду:

- анализатор спектра «R&S FSU50». Фирма производитель: "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG". Анализатор имеет цену 540 000 рублей;
- анализатор спектра «N9040B». Фирма производитель: "Keysight Technologies Products (M) Sdn. Bhd". Анализатор имеет цену 450 000 рублей.

Исходя из результатов проверки соответствия характеристик анализаторов спектра требованиям из таблицы 7, которые предъявляются к анализатору спектра для оборудования лабораторного измерительного стенда, а также основываясь на цене выбранных анализаторов спектра было принято решение выбрать анализатор спектра N9040B фирмы "Keysight Technologies Products (M) Sdn. Bhd.", который изображен на рисунке 12.

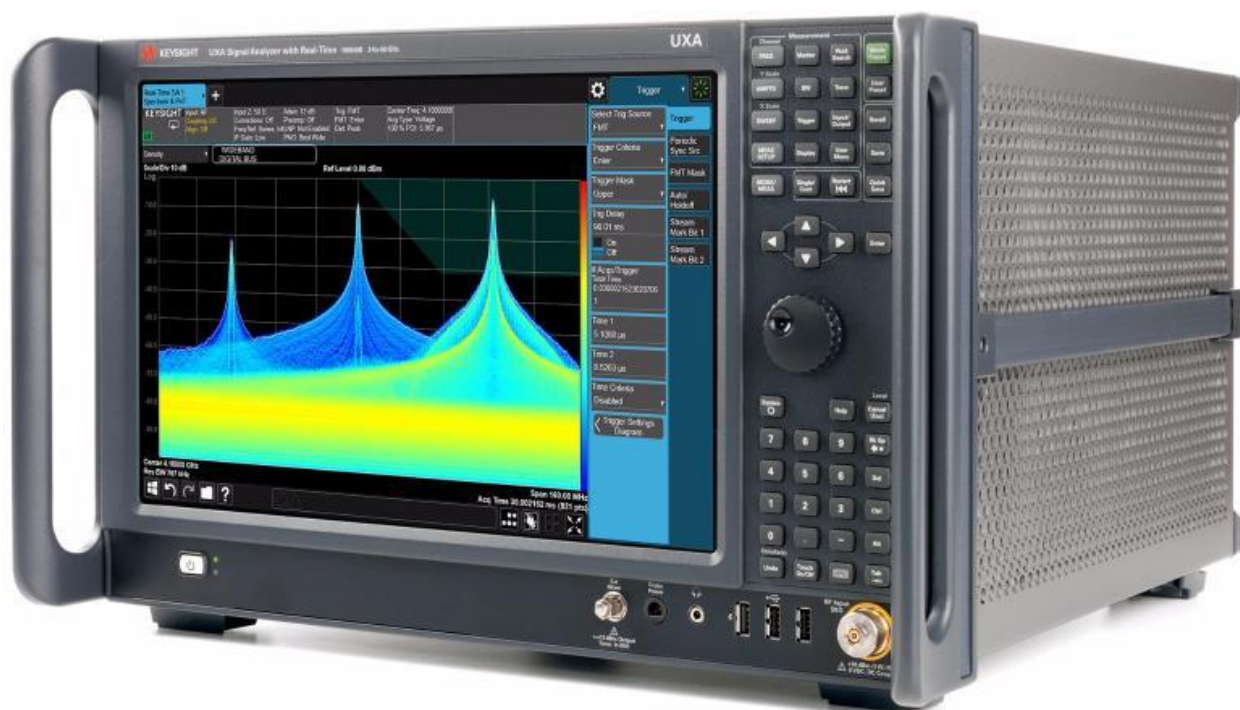


Рисунок 12 – Анализатор спектра «N9040B»

8.3 Выбор шумомера

В ходе анализа рынка предложений был выявлен список шумомеров, имеющих утвержденный тип, внесенный в Государственный реестр средств измерений:

- шумомер-анализатор спектра портативный «ОКТАВА-111». Фирма производитель: ООО "ПКФ Цифровые приборы". Страна производитель: Россия. Номер в государственном реестре средств измерений: 69133-17;
- шумомер, анализатор спектра «Soundbook_MK1». Фирма производитель: "SINUS Messtechnik GmbH". Страна производитель: Германия. Номер в государственном реестре средств измерений: 68320-17;
- шумомер «Apollo_box». Фирма производитель: "SINUS Messtechnik GmbH". Страна производитель: Германия. Номер в государственном реестре средств измерений: 66969-17;
- шумомер персональный «SV104». Фирма производитель: "SVANTEK Sp.z o.o.". Страна производитель: Польша. Номер в государственном реестре средств измерений: 65261-16;

- шумомер «2250». Фирма производитель: "Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S". Страна производитель: Дания. Номер в государственном реестре средств измерений: 65096-16;
- шумомер «Алгоритм-111». Фирма производитель "SVANTEK Sp.z o.o.". Страна производитель: Польша. Номер в государственном реестре средств измерений: 59300-14;
- шумомер цифровой «CEL-620». Фирма производитель: "Casella CEL". Страна производитель: Великобритания. Номер в государственном реестре средств измерений: 52897-13;
- шумомер цифровой «testo 816-1». Фирма производитель: "Testo AG". Страна производитель: Германия. Номер в государственном реестре средств измерений: 50850-12;
- шумомер «Larson Davis 831». Фирма производитель: "Larson Davis a PCB Piezotronics div.". Страна производитель: США. Номер в государственном реестре средств измерений: 63275-16;
- шумомер «SOLO 7000-S». Фирма производитель: "01dB-Metravib". Страна производитель: Франция. Номер в государственном реестре средств измерений: 37615-08;
- шумомер «SC-2с». Фирма производитель: "CERVA Instruments, s.l.". Страна производитель: Испания. Номер в государственном реестре средств измерений: 37441-08;
- шумомер «NL-31». Фирма производитель: "Rion Co. Ltd.". Страна производитель: Япония. Номер в государственном реестре средств измерений: 37440-08;
- шумомер цифровой «ВШ-2000». Фирма производитель: "ОАО "Минский научно-исследовательский приборостроительный институт". Страна производитель: Беларусь. Номер в государственном реестре средств измерений: 31798-06;

- шумомер цифровой «D-1405E». Фирма производитель: «CEL Instruments Ltd.». Страна производитель: Великобритания. Номер в государственном реестре средств измерений: 19322-00;

- шумомер «00014». Фирма производитель: «Robotron». Страна производитель: Германия. Номер в государственном реестре средств измерений: 9382-83;

- шумомер «ШМ-1». Фирма производитель: «Виброприбор». Страна производитель: Россия. Номер в государственном реестре средств измерений: 5931-77;

- шумомер «Ш-63». Фирма производитель: «АООТ ГЗАС им.А.С.Попова». Страна производитель: Россия. Номер в государственном реестре средств измерений: 2298-68.

Сводные характеристики выбранных шумомеров указаны в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристики выбранных шумомеров

№	Название шумомера, фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Пределы измерения уровня звукового давления	Чувствительность микрофона	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня звукового давления
1	ОКТАВА-111. ООО "ПКФ Цифровые приборы"	От 31.5 Гц до 16 кГц	От 19 до 150 дБ	50 мВ/Па	От плюс 0,5 до минус 0,5 дБ

Продолжение таблицы 8

№	Название шумомера, фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Пределы измерения уровня звукового давления	Чувствительность микрофона	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня звукового давления
2	Soundbook MK1. "SINUS Messtechnik GmbH"	От 31.5 Гц до 16 кГц	От 24 до 135 дБ	50 мВ/Па	От плюс 0,7 до минус 0,7 дБ
3	Apollo box "SINUS Messtechnik GmbH"	От 31.5 Гц до 16 кГц	От 20 до 120 дБ	50 мВ/Па	От плюс 0,7 до минус 0,7 дБ
4	SV104 "SVANTEK Sp.z o.o."	От 20 Гц до 10 кГц	От 55 до 140 дБ	50 мВ/Па	От плюс 1 до минус 1 дБ
5	2250 "Bruel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S"	От 8 Гц до 16 кГц	От 20 до 140 дБ	50 мВ/Па	От плюс 0,7 до минус 0,7 дБ

Продолжение таблицы 8

№	Название шумомера, фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Пределы измерения уровня звукового давления	Чувствительность микрофона	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня звукового давления
6	Алгоритм-111. "SVANTEK Sp.z o.o."	От 10 Гц до 20 кГц	От 25 до 137 дБ	50 мВ/Па	От плюс 0,7 до минус 0,7 дБ
7	CEL-620 "Casella CEL"	От 16 Гц до 16 кГц	От 20 до 140 дБ	50 мВ/Па	От плюс 0,7 до минус 0,7 дБ
8	testo 816-1 "Testo AG"	От 63 Гц до 8 кГц	От 30 до 100 дБ	50 мВ/Па	От плюс 0,7 до минус 0,7 дБ
9	«Larson Davis 831». Фирма производитель: "Larson Davis a PCB Piezotronics".	От 8 Гц до 16 кГц	От 28 до 140 дБ	50 мВ/Па	От плюс 0,7 до минус 0,7 дБ

Продолжение таблицы 8

№	Название шумомера, фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Пределы измерения уровня звукового давления	Чувствительность микрофона	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня звукового давления
10	«SOLO 7000-S». Фирма производитель: "01dB-Metravib".	От 20 Гц до 8 кГц	От 30 до 130 дБ	50 мВ/Па	От плюс 1 до минус 1 дБ
11	«SC-2с». Фирма производитель: "CERVA Instruments, s.l".	От 20 Гц до 16 кГц	От 30 до 130 дБ	50 мВ/Па	От плюс 1 до минус 1 дБ
12	«NL-31». Фирма производитель: "Rion Co. Ltd.".	От 20 Гц до 16 кГц	От 38 до 138 дБ	50 мВ/Па	От плюс 0,7 до минус 0,7 дБ

Продолжение таблицы 8

№	Название шумомера, фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Пределы измерения уровня звукового давления	Чувствительность микрофона	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня звукового давления
13	«ВШ-2000». Фирма производитель: "ОАО "МНИПИ".	От 100 Гц до 10 кГц	От 40 до 136 дБ	50 мВ/Па	От плюс 0,7 до минус 0,7 дБ
14	«D-1405E». Фирма производитель: «CEL Instruments Ltd.».	От 20 Гц до 8 кГц	От 30 до 135 дБ	50 мВ/Па	От плюс 1 до минус 1 дБ
15	«00014». Фирма производитель: «Robotron».	От 100 Гц до 10 кГц	От 30 до 120 дБ	50 мВ/Па	От плюс 1 до минус 1 дБ

Продолжение таблицы 8

№	Название шумомера, фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Пределы измерения уровня звукового давления	Чувствительность микрофона	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня звукового давления
16	«ШМ-1». Фирма производитель: «Вибро-прибор».	От 8 Гц до 16 кГц	От 40 до 140 дБ	50 мВ/Па	От плюс 1 до минус 1 дБ
17	«Ш-63». Фирма производитель: «АООТ ГЗАС им.А.С. Попова».	От 100 Гц до 10 кГц	От 30 до 135 дБ	50 мВ/Па	От плюс 1 до минус 1 дБ

Выявленные шумомеры имеют следующие цены:

- шумомер «ОКТАВА-111» фирмы производителя ООО "ПКФ Цифровые приборы" имеет цену 120 000 рублей;
- шумомер «Soundbook MK1» фирмы производителя "SINUS Messtechnik GmbH" имеет цену 95 000 рублей;

- шумомер «Apollo box» фирмы производителя "SINUS Messtechnik GmbH" имеет цену 150 000 рублей;
- шумомер «SV104» фирмы производителя "SVANTEK Sp.z o.o." имеет цену 60 000 рублей;
- шумомер «2250» фирмы производителя "Bruel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S" имеет цену 110 000 рублей;
- шумомер «Алгоритм-111» фирмы производителя "SVANTEK Sp.z o.o." имеет цену 330 000 рублей;
- шумомер «CEL-620» фирмы производителя "Casella CEL" имеет цену 230 000 рублей;
- шумомер «testo 816-1» фирмы производителя "Testo AG" имеет цену 50 000 рублей;
- шумомер «Larson Davis 831» фирмы производителя "Larson Davis a PCB Piezotronics div." имеет цену 74 000 рублей;
- шумомер «SOLO 7000-S» фирмы производителя "01dB-Metravib" имеет цену 82 000 рублей;
- шумомер «SC-2с» фирмы производителя " Cerva Instruments, s.l " имеет цену 76 000 рублей;
- шумомер «NL-31» фирмы производителя "Rion Co. Ltd." имеет цену 66 000 рублей;
- шумомер «ВШ-2000» фирмы производителя "ОАО "МНИПИ" имеет цену 80 000 рублей;
- шумомер «D-1405E» фирмы производителя "CEL Instruments Ltd." имеет цену 95 000 рублей;
- шумомер «00014» фирмы производителя "Robotron" имеет цену 82 000 рублей;
- шумомер «ШМ-1» фирмы производителя "Виброприбор " имеет цену 56 500 рублей;
- шумомер «Ш-63» фирмы производителя " АООТ ГЗАС им.А.С. Попова " имеет цену 60 000 рублей.

После этого была произведена проверка соответствия основных параметров шумомеров требованиям, предъявляемым к измерительному стенду. Результаты проверки сведены в таблицу 9.

Таблица 9 – Соответствие требованиям выбранных шумомеров

№	Название шумомера, фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Пределы измерения уровня звукового давления	Чувствительность микрофона	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня звукового давления
1	ОКТАВА-111. ООО "ПКФ Цифровые приборы"	Соответствует	Соответствует	Соответствует	Соответствует
2	Soundbook MK1. "SINUS Messtechnik GmbH"	Соответствует	Не соответствует	Соответствует	Соответствует
3	Apollo box "SINUS Messtechnik GmbH"	Соответствует	Соответствует	Соответствует	Соответствует

Продолжение таблицы 9

№	Название шумомера, фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Пределы измерения уровня звукового давления	Чувствительность микрофона	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня звукового давления
4	SV104 "SVANTEK Sp.z o.o."	Не соответствует	Не соответствует	Соответствует	Соответствует
5	2250 "Bruel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S"	Соответствует	Соответствует	Соответствует	Соответствует
6	Алгоритм-111. "SVANTEK Sp.z o.o."	Соответствует	Не соответствует	Соответствует	Соответствует
7	CEL-620 "Casella CEL"	Соответствует	Соответствует	Соответствует	Соответствует
8	testo 816-1 "Testo AG"	Не соответствует	Не соответствует	Соответствует	Соответствует

Продолжение таблицы 9

№	Название шумомера, фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Пределы измерения уровня звукового давления	Чувствительность микрофона	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня звукового давления
9	«Larson Davis 831». Фирма производитель: "Larson Davis a PCB Piezotronics div.".	Соответствует	Не соответствует	Соответствует	Соответствует
10	«SOLO 7000-S». Фирма производитель: "01dB-Metravib".	Не соответствует	Не соответствует	Соответствует	Соответствует

Продолжение таблицы 9

№	Название шумомера, фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Пределы измерения уровня звукового давления	Чувствительность микрофона	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня звукового давления
11	«SC-2с». Фирма производитель: "CERVA Instruments, s.l".	Соответствует	Не соответствует	Соответствует	Соответствует
12	«NL-31». Фирма производитель: "Rion Co. Ltd.".	Соответствует	Не соответствует	Соответствует	Соответствует
13	«ВШ-2000». Фирма производитель: "ОАО "МНИПИ".	Не соответствует	Не соответствует	Соответствует	Соответствует

Продолжение таблицы 9

№	Название шумомера, фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Пределы измерения уровня звукового давления	Чувствительность микрофона	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня звукового давления
14	«D-1405E». Фирма производитель: «CEL Instruments Ltd.».	Не соответствует	Не соответствует	Соответствует	Соответствует
15	«00014». Фирма производитель: «Robotron».	Не соответствует	Не соответствует	Соответствует	Соответствует
16	«ШМ-1». Фирма производитель: «Вибро-прибор».	Соответствует	Не соответствует	Соответствует	Соответствует

Продолжение таблицы 9

№	Название шумомера, фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Пределы измерения уровня звукового давления	Чувствительность микрофона	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений уровня звукового давления
17	«Ш-63». Фирма производитель: «АООТ ГЗАС им.А.С. Попова».	Не соответствует	Не соответствует	Соответствует	Соответствует

Проанализировав таблицу 9 можно выделить следующие шумомеры, которые проходят по требованиям, предъявляемым к измерительному стенду:

- шумомер «CEL-620» фирмы производителя "Casella CEL" имеет цену 230 000 рублей;
- шумомер «2250» фирмы производителя "Bruel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S" имеет цену 110 000 рублей;
- шумомер «ОКТАВА-111» фирмы производителя ООО "ПКФ Цифровые приборы" имеет цену 120 000 рублей;
- шумомер «Apollo box» фирмы производителя "SINUS Messtechnik GmbH" имеет цену 150 000 рублей;

Исходя из требований, которые предъявляются к шумомеру, а также исходя из цен выбранных шумомеров для оборудования лабораторного измерительного стенда был выбран шумомер 2250 фирмы "Bruel & Kjaer Sound

& Vibration Measurement A/S", который изображен на рисунке 13. Данный шумомер имеет самую низкую цену среди конкурентов, что и является доводом к выбору данного шумомера.



Рисунок 13 – Шумомер «2250»

8.4 Выбор токосъемника

В ходе анализа рынка предложений был выявлен список токосъемников, имеющих утвержденный тип, внесенный в Государственный реестр средств измерений:

- Токосъемник «MD 4070». Компания производитель "TESEQ GmbH". Страна производитель: Германия. Номер в Государственном реестре средств измерений: 68663-17;

- Токоъемник измерительный «ТИ2-3». Фирма производитель: ООО "НПКФ "РусИнтелл". Страна производитель: Россия. Номер в Государственном реестре средств измерений: 57400-14;
- Токоъемник «411». Фирма производитель "Pearson Electronics, Inc.". Страна производитель: США. Номер в Государственном реестре средств измерений: 52927-13;
- Токоъемник «EZ-17». Фирма производитель "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG". Страна производитель: Германия. Номер в Государственном реестре средств измерений: 25629-03;
- Токоъемник «SMZ 11». Фирма производитель "Schaffner EMC Systems GmbH". Страна производитель: Германия. Номер в Государственном реестре средств измерений: 24235-03;
- Токоъемник «ТА-103». Фирма производитель: ФУП "ЛОНИИР". Страна производитель: Россия. Номер в Государственном реестре средств измерений: 22439-02;
- Токоъемник «ТВ-103». Фирма производитель: ФУП "ЛОНИИР". Страна производитель: Россия. Номер в Государственном реестре средств измерений: 22438-02;
- Токоъемник «ТС-103». Фирма производитель: ФУП "ЛОНИИР". Страна производитель: Россия. Номер в Государственном реестре средств измерений: 22437-02;

Сводные характеристики выбранных токоъемников указаны в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики токоъемников

№	Название и фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Выходной импеданс
1	MD 4070. "TESEQ GmbH"	От 10000 Гц до 600 МГц	50 Ом

Продолжение таблицы 10

№	Название и фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Выходной импеданс
2	ТИ2-1. ООО "НПКФ "РусИнтелл"	От 100 Гц до 4 МГц	50 Ом
3	411. "Pearson Electronics, Inc."	От 1 Гц до 20 МГц	50 Ом
4	EZ-17. "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG"	От 20 Гц до 100 МГц	50 Ом
5	SMZ 11. "Schaffner EMC Systems GmbH"	От 9000 Гц до 30 МГц	50 Ом
6	ТА-103. ФУП "ЛОНИИР"	От 20 Гц до 3 МГц	50 Ом
7	ТВ-103. ФУП "ЛОНИИР"	От 10000 Гц до 300 МГц	50 Ом
8	ТС-103. ФУП "ЛОНИИР"	От 10000 Гц до 30 МГц	50 Ом

Выявленные токосъемники имеют следующие цены:

- Токосъемник MD 4070 фирмы производителя "TESEQ GmbH" имеет минимальную цену 50 000 рублей;
- Токосъемник ТИ2-1 фирмы производителя ООО "НПКФ "РусИнтелл" имеет минимальную цену 62 000 рублей;
- Токосъемник 411 фирмы производителя "Pearson Electronics, Inc." имеет минимальную цену 70 000 рублей;
- Токосъемник EZ-17 фирмы производителя "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG" имеет минимальную цену 101 000 рублей;

- Токоусъемник SMZ 11 фирмы производителя "Schaffner EMC Systems GmbH" имеет минимальную цену 30 000 рублей;
- Токоусъемник ТА-103 фирмы производителя ФУП "ЛОНИИР" имеет минимальную цену 75 000 рублей;
- Токоусъемник ТВ-103 фирмы производителя ФУП "ЛОНИИР" имеет минимальную цену 85 000 рублей;
- Токоусъемник ТС-103 фирмы производителя ФУП "ЛОНИИР" имеет минимальную цену 70 000 рублей.

После этого была произведена проверка соответствия основных параметров шумомеров требованиям, предъявляемым к измерительному стенду. Результаты проверки сведены в таблицу 11.

Таблица 11 – Характеристики токоусъемников

№	Название и фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Выходной импеданс
1	MD 4070. "TESEQ GmbH"	Не соответствует	Соответствует
2	ТИ2-1. ООО "НПКФ "РусИнтелл"	Соответствует	Соответствует
3	411. "Pearson Electronics, Inc."	Соответствует	Соответствует
4	EZ-17. "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG"	Соответствует	Соответствует
5	SMZ 11. "Schaffner EMC Systems GmbH"	Не соответствует	Соответствует
6	ТА-103. ФУП "ЛОНИИР"	Соответствует	Соответствует

Продолжение таблицы 11

№	Название и фирма производитель	Диапазон рабочих частот	Выходной импеданс
7	ТВ-103. ФУП "ЛОНИИР"	Не соответствует	Соответствует
8	ТС-103. ФУП "ЛОНИИР"	Не соответствует	Соответствует

Если проанализировать таблицу 11, то можно выделить следующие токосъемники, которые проходят по требованиям, которые предъявляются к измерительному стенду:

- Токосъемник ТА-103 фирмы производителя ФУП "ЛОНИИР" имеет минимальную цену 75 000 рублей;
- Токосъемник ТИ2-1 фирмы производителя ООО "НПКФ "РусИнтелл" имеет минимальную цену 62 000 рублей;
- Токосъемник 411 фирмы производителя "Pearson Electronics, Inc." имеет минимальную цену 70 000 рублей;
- Токосъемник EZ-17 фирмы производителя "Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG" имеет минимальную цену 101 000 рублей;

Исходя из требований, которые предъявляются к токосъемнику, а также исходя из цен на выбранные токосъемники, для оборудования лабораторного измерительного стенда был выбран токосъемник «ТИ2-1» фирмы "ООО "НПКФ "РусИнтелл", который изображен на рисунке 14. Данный токосъемник удовлетворяет всем необходимым требованиям, а также имеет самую низкую цену среди конкурентов, что и является доводом к выбору данного токосъемника. [11]



Рисунок 14 – Токосъемник «ТИ2-1»

8.5 Выбор акустического излучателя

В ходе анализа рынка предложений акустических излучателей был выбран излучатель «ALTO MS12», который изображен на рисунке 15.

Акустический излучатель «ALTO MS12» имеет следующие характеристики:

- диапазон рабочих частот от 65 до 20000 Гц;
- уровень звукового давления 122 дБ;
- стоимость: 9000 рублей.[12]



Рисунок 15 – Акустический излучатель ALTO MS12

8.6 Выбор генератора низкочастотных сигналов

В ходе анализа рынка предложений генераторов низкочастотных сигналов был выбран генератор сигналов низкочастотный «GAG-810» компании «GOOD WILL INSTRUMENT Co., Ltd», который изображен на рисунке 16.

Характеристики:

- уровень мощности выходного сигнала: 16 дБм;
- диапазон рабочих частот: от 10 Гц до 1 МГц;
- стоимость 16000 рублей.[13]



Рисунок 16 – Низкочастотный генератор «GAG-810»

8.7 Выбор пробника напряжения

В ходе анализа рынка предложений пробников напряжения был выбран пробник напряжения «П-400», который изображен на рисунке 17.

Характеристики:

- диапазон частот от 10 Гц до 400 МГц;
- стоимость: 29000 рублей.[14]



Рисунок 17 – Пробник напряжения «П-400»

8.8 Выбор эквивалента нагрузок

В ходе анализа рынка предложений эквивалентов нагрузок был выбран эквиваленты нагрузки «Diamond DL-50N», который изображен на рисунке 18.

Характеристики:

- рабочая частота: до 1500 МГц;
- выходной импеданс: 50 Ом;
- мощность: 15 Вт продолжительная, 100 Вт в течение 30 секунд;
- стоимость: 7000 рублей.[15]



Рисунок 18 – Эквивалент нагрузки «Diamond DL-50N»

8.9 Выбор поворотного лабораторного стола

Для измерительного стенда был выбран вращающийся стол Oslo Round WST 80 см, который изображен на рисунке 19. Стоимость: 9000 рублей.[16]



Рисунок 19 – Стол поворотный «Oslo Round WST 80 см»

9 Разработка системы электропитания и системы заземления измерительного стенда

Так как измерительный стенд должен быть оборудован сетевыми помехоподавляющими фильтрами для защиты питания технического средства и контрольно-измерительной аппаратуры, для системы электропитания стенда было выбрано два помехоподавляющих фильтра ФП-6, которые представлены на рисунке 20.



Рисунок 20 – Фильтр сетевой помехоподавляющий ФП-6

Выбранный фильтр имеет следующие характеристики:

- количество фаз: 1;
- номинальный ток 20 А;
- габариты: 430*150*80 мм;
- масса: 5 кг;
- стоимость: 39000 рублей.[17]

Также измерительный стенд должен быть оборудован системой заземления, которая должна иметь сопротивление не более 4 Ом круглогодично. Такая система должна быть реализована двумя различными методами: заземление при помощи шины заземления, а также при помощи розеток с заземлением. Заземляющей шиной называют металлическую полосу,

проложенную по периметру помещения или около защищаемых приборов, которая соединяет все заземляющие проводники электроприборов с заземлителем. Сечение заземляющего провода, соединяющего шину с заземлителем необходимо подобрать по следующим правилам:

- если фаза используется сечением до 16 мм^2 – заземляющий проводник должен быть аналогичного размера;
- если площадь поперечного сечения фазы от 16 до 35 мм^2 , то у «земли» оно должно быть 16 мм^2 ;
- при сечении фазы больше 35 мм^2 – минимальное сечение провода заземления должно быть не менее чем половина сечения фазного.

Схема системы заземления и системы электропитания представлена на рисунке 21.

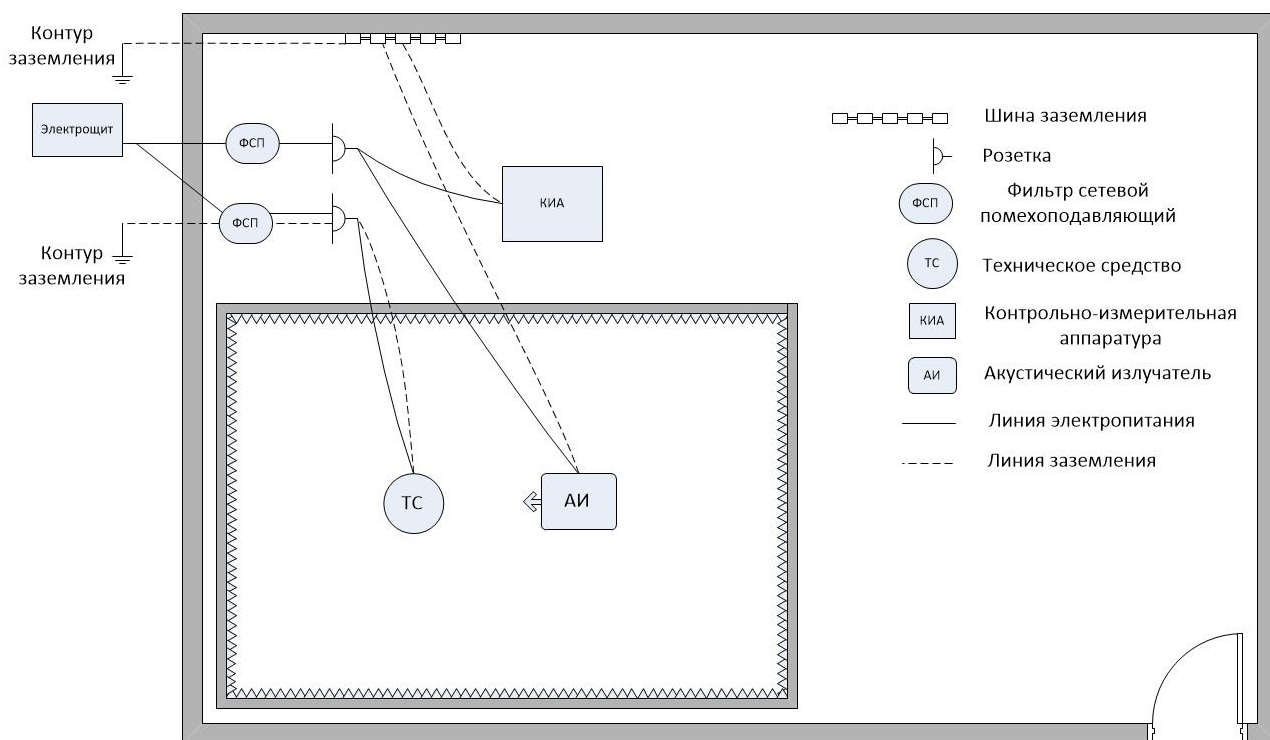


Рисунок 21 – Схема электропитания и заземления

10 Обзор программно-аппаратных комплексов, предназначенных для оценки защищенности речевой информации от утечки по акустоэлектрическому каналу

На сегодняшний день для проведения специальных исследований канала акустоэлектрических преобразований существуют различные программно-аппаратные комплексы, которые отличаются друг от друга по техническим характеристикам. Самые популярные программно-аппаратные комплексы:

- ПАК «Аист». Производитель: ЗАО НПЦ «НЕЛК»;
- ПАК «Спрут-7А». Производитель: ЗАО НПЦ «НЕЛК»;
- ПАК «Талис НЧ Лайт». Производитель: «МАСКОМ».

Программно-аппаратный комплекс «АИСТ», который изображен на рисунке 22 используется для:

- обнаружения микрофонного эффекта;
- выявления АЭП в исследуемом диапазоне частот;
- измерения характеристик сигналов в речевом диапазоне частот;
- генерации сигналов речевого диапазона частот.



Рисунок 22 – ПАК «АИСТ»

Основой комплекса «Аист» является анализатор сигналов «SA-86001». Данный анализатор основан на двухканальном АЦП и двухканальном ЦАП. Также в состав данного комплекса входит источник электропитания вспомогательных технических средств, экранированная колонка, шумомер и измерительная антенна.

Комплекс может работать в нескольких режимах работы:

- анализатор спектра звукового диапазона частот;
- селективный вольтметр;
- генератор сигналов в звуковом диапазоне частот;
- анализатор амплитудно-частотной характеристики в диапазоне звуковых частот;
- измеритель сигналов в звуковом диапазоне частот.

ПАК «Спрут-7», который изображен на рисунке 23 предназначен для проверки выполнения норм эффективности защиты речевой информации от ее утечки:

- по виброакустическому каналу;
- по акустическому каналу;
- за счет электроакустических преобразований и низкочастотных наводок на токопроводящие элементы ограждающих конструкций зданий и сооружений;
- за счет побочных электромагнитных излучений от технических средств в речевом диапазоне частот.

Данный программно-аппаратный комплекс в основном предназначен для оценки защищенности речевой информации от ее утечки по виброакустическому и акустическому каналу, поэтому для проведения исследований виброакустического назначения комплекса необходимо закупить дополнительно низкочастотные антенны и пробники.

Комплекс состоит из трех подсистем:

- подсистемы источника тестового акустического сигнала;
- измерительной подсистемы;

- подсистемы управления.



Рисунок 23 – ПАК «Спрут-7А»

Основной особенностью комплекса «СПРУТ-7А» является то, что связь между модулями ПАКа осуществляется в цифровом виде по радиоканалу. Дальность связи составляет до 100 метров. Для подсистемы источника тестового акустического сигнала модулем источника сигнала является ноутбук.

«Талис НЧ Лайт», который изображен на рисунке 24, предназначен для проведения измерений сверхмалых величин напряжения переменного тока и разработан для применения при исследованиях технических средств и отходящих от них линий с целью оценки наличия в них акустоэлектрических преобразований, которые возникают при воздействии акустическим сигналом.

В состав ПАК входят:

- пробник для сетевых линий «Талис НЧ ПЭС»;
- входной фильтр-усилитель НЧ «Талис УНЧ»;
- блок БСП-М1.

Фильтр усилитель «ТАЛИС УНЧ» обеспечивает усиление сигналов с фиксированными коэффициентами усиления, подавление помех сетевой частоты, формирование широкой полосы пропускания от 100 Гц до 10 кГц или

узкой полосы пропускания от 300 Гц до 5 кГц, оценку собственного режима работы.

Взаимодействие с ПАК «Талис НЧ Лайт» осуществляется при помощи ноутбука на котором установлена программа «Талис НЧ Интерфейс». В ней присутствует возможность генерации тонального звукового сигнала на необходимых частотах, но чтобы измерить мощность генерируемого сигнала, необходим дополнительный шумомер, не входящий в состав комплекса.



Рисунок 24 – ПАК «Талис НЧ Лайт»

Программно-аппаратный комплекс «Талис НЧ Лайт» обеспечивает:

- возможность прослушивания измеряемых сигналов через подключаемую гарнитуру;
- возможность визуализации в виде спектра сигналов обнаруженных сигналов;

- предоставление оператору комплекса при помощи пользовательского интерфейса программы «Талис НЧ Интерфейс», возможности установки всех необходимых параметров для работы комплекса «Талис НЧ Лайт» в автоматическом режиме, а также в режиме ручного исследования;
- автоматизированное измерение параметров напряжения переменного тока в заданном диапазоне частот.

Из основных характеристик программно-аппаратных комплексов для сравнения можно выделить следующие характеристики, которые представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристики программно-аппаратных комплексов

Характеристика	Программно-аппаратный комплекс		
	«Аист»	«Спрут-7А»	«Талис НЧ Лайт»
Диапазон измеряемых частот	От 20 Гц до 20 кГц	От 20 Гц до 20 кГц	От 100 Гц до 10 кГц
Диапазон измеряемых напряжений	от $3 \cdot 10^{-5}$ до 42 В	от 10^{-7} до 3 В	от $50 \cdot 10^{-9}$ до 0.3 В
Входное сопротивление	1 МОм	1 МОм	10 МОм
Выходное сопротивление	22 Ом	22 Ом	600 Ом
Наличие в составе комплекса шумомера	+	+	-
Наличие в составе комплекса акустического излучателя	+	+	-
Возможность автоматического измерения	-	-	+
Цена, рубли	От 1400000	От 930000	От 490000

Если изучить характеристики, представленные в таблице 8, то становится ясно, что каждый программно аппаратный комплекс имеет свои достоинства и свои недостатки.

В составе «Талис-НЧ Лайт» отсутствует необходимый акустический излучатель. Колонки, которые встроены в ПЭВМ, не способны обеспечить необходимую мощность тестового сигнала для проведения измерений. Также в составе «Талис-НЧ Лайт» отсутствует шумомер, также необходимый для правильности проведения специального исследования. Также комплекс «Талис-НЧ Лайт» сильно восприимчив к внешним помехам.

Программно аппаратный комплекс «Аист» является самым дорогим из представленных ПАК, а вопрос цены является зачастую решающим фактором выбора контрольно измерительного оборудования для проведения специальных исследований. Кроме того данный ПАК имеет меньший диапазон измерений: а именно диапазоном измерений ПАК «Аист» является диапазон от $3 \cdot 10^{-5}$ до 42 В, в то время как ПАК «Талис-НЧ Лайт» и «Спрут-7А» имеют более высокий диапазон измерений, а именно диапазон от $50 \cdot 10^{-9}$ до 0.3 В у «Талис-НЧ Лайт», а также диапазон от 10^{-7} до 3 В у комплекса «Спрут-7А». Последним недостатком является отсутствие в комплектации комплекта ПЭВМ. Наличие ПЭВМ могло бы увеличить скорость проведения специального исследования, а также повысить удобство работы оператора. Плюсом комплекса «Аист» является наличие в составе шумомера, а также акустического излучателя, чего нельзя сказать о программно-аппаратном комплексе «Талис-НЧ Лайт». Также к этому программно-аппаратному комплексу можно докупить опции, которые расширят функционал данного программно-аппаратного комплекса. Данный пак способен генерировать различные типы сигналов, такие как: синусоидальный, треугольный и прямоугольный.

Третьим программно-аппаратным комплексом для проведения работ по оценке акустоэлектрических преобразований выступает ПАК «Спрут-7А». Данный программно-аппаратный комплекс имеет преимущество в виде возможности оценки утечки речевой информации по виброакустическому

каналу, а также акустическому каналу, однако это не имеет отношения к проведению специальных исследований канала акустоэлектрических преобразований. Данный программно-аппаратный комплекс имеет хороший диапазон проведения измерений: от 10^{-7} до 3 В, что больше чем у ПАК «Аист», хотя цена ПАК «Спрут-7А» значительно меньше. Так же как и ПАК «Аист» данный программно-аппаратный комплекс в своем составе имеет акустический излучатель и шумомер, что является несомненным плюсом. Также данный программно-аппаратный комплекс имеет возможность проведения статистической обработки результатов произведенных измерений, способен определять реверберацию помещений.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что оптимальным программно-аппаратным комплексом является «Спрут-7А». Данный программно-аппаратный комплекс имеет хорошую цену, имеет в составе шумомер и акустический излучатель, которые не требуется докупать отдельно, также отвечает требованиям по диапазону измеряемых частот, что и является доводом к выбору данного программно-аппаратного комплекса.

11 Расчет экономических затрат на оборудование стенда

Для оборудования измерительного стенда необходимо приобрести:

- 64 квадратных метра акустического поролона стоимостью 1200 рублей за квадратный метр. Итого: 76800 рублей;
- ограждающие конструкции: 10000 рублей;
- анализатор спектра стоимостью 450000 рублей;
- токосъемник стоимостью 62000 рублей;
- шумомер стоимостью 110000 рублей;
- низкочастотный генератор стоимостью 16000 рублей;
- акустический излучатель стоимостью 9000 рублей;
- эквивалент нагрузки стоимостью: 7000 рублей;
- пробник напряжения: 29000 рублей;
- стол лабораторный поворотный стоимостью 9000 рублей;
- два фильтра сетевых помехоподавляющих стоимостью 39000 рублей.

Итоговые затраты на оборудование стенда: 856800 рублей.

12 Вредные психофизиологические факторы, влияющие на нервную систему специалиста по защите информации. Методы и средства физической культуры, снижающие их воздействие

При работе специалиста по защите информации на его нервную систему могут воздействовать опасные производственные факторы. Это может быть:

- повышенная напряженность труда и его монотонность;
- интеллектуальные нагрузки;
- длительная работа за ПЭВМ;
- воздействие электромагнитных полей;
- работа в условиях повышенного шума;
- большой объем информации, с которой работает специалист по защите информации;
- режим работы.

Перечисленные факторы в зависимости от их длительности могут негативно влиять на нервную систему специалиста по защите информации.

Работа специалиста по защите информации часто связана с длительной интеллектуальной работой за ПЭВМ. В связи с выполнением служебных функций специалисту приходится обращать повышенное зрительное внимание на информацию с экрана монитора, что при длительном продолжении негативно воздействует на здоровье нервной системы в виде повышенной утомляемости и сниженной концентрации.

Так как условием проведения специальных исследований является оборудование для целей исследования специальных камер, которые вследствие выполнения таких требований плохо проветриваются. Длительное нахождение работника в таких камерах может негативно влиять на нервную систему работника в виде повышенной утомляемости и раздражительности, а также негативно влиять на общее самочувствие человека.

В связи с выполнением измерений при специальном исследовании канала акустоэлектрических преобразований специалисту по защите информации

приходится работать в условиях повышенного шума, создаваемого акустическим излучателем, а также в условиях постоянного электромагнитного излучения, что при длительном воздействии, безусловно, негативно влияет на нервную систему человека, вызывая головные боли, бессонницу, а также стрессовые состояния.

Основным методом снижения вредных воздействий на нервную систему работника является проведение регулярных перерывов при работе за ПЭВМ и при проведении специальных исследований.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы был спроектирован измерительный стенд для проведения специальных исследований канала акустоэлектрических преобразований. Стоимость необходимых измерительных и вспомогательных компонентов для оборудования стенда составляет 683 тысячи рублей. Также можно использовать специализированный программно-аппаратный комплекс «Спрут-7А», покупка специализированного ПАКа обойдется дороже, а именно в 930 тысяч рублей, однако такой вариант намного проще с организационной и временной точки зрения. Каждый вариант имеет свои минусы и свои плюсы и поэтому выбор из двух вариантов остается за заказчиком. Затраты на помехоподавляющие фильтры, звукопоглощающие конструкции необходимы в обоих случаях и составляют 173 тысячи рублей.

Таким образом, задание, поставленное на дипломное проектирование, выполнено в полном объеме.

Список используемых источников

- 1 Защита информации от утечки по техническим каналам [Электронный ресурс] // Веб-сайт «Analitika.info» URL: <http://www.analitika.info/kanalutechki.php> (дата обращения 10.06.2019)
- 2 О лаборатории специальных исследований [Электронный ресурс] // Веб-сайт компании «Маском». URL: <http://www.mascom.ru/library/statyi/spravochnik-resursov-v-seti.php> (дата обращения 10.06.2019)
- 3 Контроль эффективности защиты вспомогательных технических средств [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/sposoby-i-sredstva-zaschity-informatsii-ot-utechki-po-tehnicheskim-kanalam> (дата обращения 10.06.2019)
- 4 Пористые звукопоглощающие материалы (обзор) [Электронный ресурс] // Веб-сайт «Электронный научный журнал «Труды ВИАМ» URL: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=970 (дата обращения 10.06.2019)
- 5 Звукоизоляция помещений [Электронный ресурс] // Веб-сайт «AcousticTraffic» URL: <http://www.acoustic.ua/recommendations.html?g=1> (дата обращения 10.06.2019)
- 6 Коэффициенты звукопоглощения. [Электронный ресурс] // Веб-сайт «Технические таблицы TehTab» URL: <https://tehtab.ru/Guide/GuidePhysics/Sound/SoundDamping/SoundDamping1/> (дата обращения 10.06.2019)
- 7 Боголепов И.И. Промышленная звукоизоляция / И.И. Боголепов, Л.П. Борисов. –Л.: Судостроение, 1986.-368с.
- 8 Акустический поролон Echoton Grid [Электронный ресурс] // Веб-сайт компании «EchoDesign». URL: <https://echo-design.ru/product/akusticheskiy-porolon-ed-grid> (дата обращения 10.06.2019)
- 9 Измерительные приборы [Электронный ресурс] // Веб-сайт компании «МетрКонсалт». URL: <https://all-pribors.ru/groups> (дата обращения 10.06.2019)

- 10 Контрольно-измерительное оборудование [Электронный ресурс] // Каталог измерительного оборудования компании «Rohde & Schwarz». URL: https://info.rohde-schwarz.ru/_/630/17_catalog_2019_ru_070319_ru.pdf (дата обращения 10.06.2019)
- 11 Средства измерений [Электронный ресурс] // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4> (дата обращения 10.06.2019)
- 12 Акустическая система [Электронный ресурс] // Веб-сайт компании «TrackMixer». URL: <http://www.trackmixer.ru/node/1864> (дата обращения 10.06.2019)
- 13 Генератор низкочастотных сигналов [Электронный ресурс] // Веб-сайт компании «Мератест». URL: https://www.meratest.ru/produktsiya/radioizmeritelnie_pribori/generatory_signalov_nch/product/gag_810_n_h/ (дата обращения 10.06.2019)
- 14 Пробник напряжения [Электронный ресурс] // Веб-сайт компании «Антенна154». URL: <http://antenna154.ru/P-400> (дата обращения 10.06.2019)
- 15 Эквивалент нагрузки [Электронный ресурс] // Веб-сайт компании «Радиоэксперт». URL: <https://www.radioexpert.ru/product/diamond-dl-50n/> (дата обращения 10.06.2019)
- 16 Стол лабораторный поворотный [Электронный ресурс] // Веб-сайт компании «Дизайн склад». URL: https://www.dsklad.ru/catalog/stoly/stol_oslo_round_wst/ (дата обращения 10.06.2019)
- 17 Фильтр сетевой помехоподавляющий ФП-6 [Электронный ресурс] // Веб-сайт компании «ООО НПП «СПО». URL: <http://filtr-fp.ru/produktsiya/filtr-fp-6-20a-detail> (дата обращения 10.06.2019)