

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра систем телекоммуникаций

**В. И. Шалатонин**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ МИКРОФОНОВ**

Лабораторный практикум  
по дисциплине «Радиовещание и электроакустика»  
для студентов специальности  
1-45 01 02 «Системы радиосвязи, радиовещания и телевидения»  
дневной формы обучения

Минск БГУИР 2009

УДК 621.395.61(076.5)  
ББК 32.87-5я73  
Ш18

Р е ц е н з е н т:

доцент кафедры антенн и устройств СВЧ,  
кандидат технических наук А. А. Тамело

**Шалатонин, В. И.**

Ш18 Исследование беспроводных микрофонов : лаб. практикум по дисц. «Радиовещание и электроакустика» для студ. спец. 1-45 01 02 «Системы радиосвязи, радиовещания и телевидения» днев. формы обуч. / В. И. Шалатонин. – Минск : БГУИР, 2009. – 19 с. : ил.  
ISBN 978-985-488-462-2

Приведено описание лабораторной работы, связанной с изучением назначения и характеристик направленности беспроводных микрофонов. Рассмотрены устройство, принцип работы и технические характеристики беспроводного микрофона VITEK VT-3834. Приведены основные теоретические сведения, описывающие работу микрофонов различных типов.

УДК 621.395.61(076.5)  
ББК 32.87-5я73

ISBN 978-985-488-462-2

© Шалатонин В. И., 2009  
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2009

## **Цель лабораторной работы**

Изучить назначение, принцип работы, структурную схему и технические характеристики беспроводного микрофона ВИТЕК VT-3834. Получить практические навыки в измерении диаграммы направленности и использовании микрофонов при создании системы звукоусиления.

## **Задание к лабораторной работе**

1. Изучить устройство, принцип работы и технические характеристики микрофонов.
2. Ознакомиться с основными проблемами, которые возникают при использовании микрофонов в радиовещательных студиях.
3. Изучить принцип измерения и структурную схему лабораторной установки. Ознакомиться с назначением и основными характеристиками устройств и приборов, входящих в лабораторную установку.
4. Выполнить измерения диаграмм направленности беспроводного микрофона ВИТЕК VT-3834 для двух частот.
5. С помощью анализатора спектра Tektronix Y400 NetTek Analyzer определить вид модуляции и полосу частот, занимаемую радиоканалом передатчика микрофона.
5. Построить диаграммы направленности в полярных координатах.
6. Провести анализ полученных результатов.

### **1. Основные теоретические сведения и соотношения**

Микрофоны как преобразователи акустических колебаний в электрические сигналы являются входным звеном большинства звуковых систем, включая системы звукового вещания. Особенно высокие требования предъявляются к микрофонам при передаче и записи художественных программ. Преобразование звукового сигнала в электрический должно производиться с высокой точностью и практически без искажений и помех. Кроме того, нужно удовлетворять и эстетическим требованиям зрителей. При создании, например, звукового сопровождения телевизионных программ микрофон часто попадает на экран телевизора, что предъявляет повышенные требования и к его дизайну.

Вещательные микрофоны, как правило, делают обтекаемой формы и малых размеров. Микрофон, помещенный в звуковое поле, нарушает его однородность из-за отражения звуковой волны от внешних поверхностей корпуса. Обтекаемая форма снижает отражения до минимума, позволяя на низких частотах

тах звукового диапазона, где длина волны намного больше размера микрофона, ими пренебрегать, а при сравнимых размерах – учитывать. Малые размеры микрофона позволяют считать его системой с сосредоточенными параметрами.

Свойства микрофонов описываются многими техническими параметрами, основными из которых являются следующие:

1. *Чувствительность* – отношение напряжения  $U$  (в вольтах) на выходе микрофона к звуковому давлению  $p_{зв}$  (в паскалях), действующему на его входной элемент:

$$E_M = U / p_{зв}.$$

Чувствительность микрофона различается для ненагруженного микрофона (нагрузочное сопротивление не подключено и измеряется ЭДС на выходе микрофона) и нагруженного на номинальное активное сопротивление  $R_{ном}$  (обычно 250...1000 Ом). В справочниках обычно указывают не только значения  $E_M$ , но и величину  $R_{ном}$ . При определении чувствительности и других параметров микрофонов оговаривают также и условия измерения. Обычно используется методика измерения в «свободном» звуковом поле. Сначала звуковое давление в определенной точке поля измеряется с помощью специального измерительного микрофона очень малых размеров. Далее в эту точку поля вместо измерительного микрофона помещают рабочий и измеряют его выходное напряжение относительно звукового давления, которое было измерено в его отсутствие. Оговаривается и частота, на которой определяется чувствительность (обычно 1000 Гц).

В общем случае чувствительность зависит от угла, под которым она измеряется по отношению к акустической оси микрофона. При измерении  $E_M$  в направлении акустической оси используют термин «осевая чувствительность»  $E_{M,ос}$ .

Чувствительность микрофона обычно выражают в децибелах относительно пороговой величины, равной чаще всего 1 В/Па.

На практике часто используют представление осевой чувствительности в виде ее стандартного уровня. Стандартным уровнем осевой чувствительности  $N_{о.м}$  называется выраженное в децибелах отношение мощности  $P$ , развиваемой микрофоном на номинальной нагрузке  $R_{ном}$  (при действующем на микрофон звуковом давлении  $p_{зв} = 1$  Па), к мощности 1 мВт:

$$N_{о.м} = 10 \lg(u^2 / R_{ном} 10^{-3}),$$

где  $u$  – напряжение на нагрузке, численно равное чувствительности микрофона при  $p_{зв} = 1$  Па.

2. *Направленность и диаграмма направленности (ДН)*, выраженная через отношение чувствительности микрофона, измеряемой под различными углами

оси симметрии микрофона (акустической оси) относительно нулевой координаты азимутальной плоскости. В общем случае ДН является довольно сложной трехмерной фигурой, однозначно определяющей чувствительность микрофона во всех точках пространства. Обычно ДН симметричны относительно акустической оси микрофона, однако могут иметь существенные различия на разных частотах. Поэтому свойства направленности характеризуются семейством диаграмм, построенных для ряда характерных частот.

3. *Частотная характеристика* – это зависимость осевой чувствительности или ее уровня от частоты. Ее отклонения от горизонтальной линии в номинальном диапазоне частот (для данного типа микрофона) определяют величину частотных искажений. Номинальный частотный диапазон определяют по допустимым спадам чувствительности в области нижних и верхних частот.

4. *Уровень собственного шума микрофона*, выражаемый обычно через величину эквивалентного ему звукового давления  $p_{ш}$ , отнесенного к значению пороговой чувствительности слуха  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па.

При детальном анализе характеристик микрофонов приведенные выше основные параметры могут быть дополнены другими, обычно удовлетворяющими требованиям неискаженного преобразования звукового сигнала (коэффициент нелинейных искажений, динамический диапазон и некоторые другие параметры).

Микрофоны различаются по способу преобразования колебаний звукового давления в электрический сигнал. При таком подходе различают электродинамические, электростатические и электромагнитные микрофоны.

Электродинамические микрофоны разделяются на катушечные и ленточные. К электростатическим микрофонам относятся конденсаторные и электретные, широко используемые в настоящее время. Электромагнитные микрофоны не получили распространения из-за узкого частотного диапазона и неравномерной частотной характеристики.

Микрофоны различных типов объединяет способ преобразования акустических звуковых волн в электрические колебания: мембрана (диафрагма) микрофона воспринимает и передает колебания звукового давления элементу, осуществляющему их преобразование в электрический сигнал.

Общее представление об устройстве микрофонов, широко используемых в радиовещании и для высококачественной звукозаписи, можно получить из рис. 1 – 3.

Принцип действия электродинамических микрофонов заключается в преобразовании акустических колебаний звукового давления в месте расположе-

ния микрофона в механические колебания диафрагмы и жестко связанной с ней катушки индуктивности (в катушечных микрофонах) или ленты (в ленточных микрофонах) в магнитном поле постоянного магнита (см. рис. 1). Это приводит к возникновению в катушке или в ленте переменной ЭДС самоиндукции, изменения которой повторяют соответствующие изменения звукового давления, прикладываемого к диафрагме микрофона.

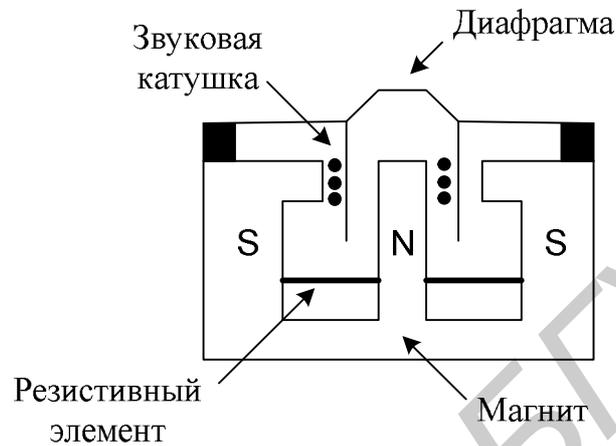


Рис. 1. Электродинамический микрофон

Конденсаторные микрофоны требуют внешнего источника питания (см. рис. 2). Жестко натянутая диафрагма (мембрана) под воздействием изменяющегося звукового давления совершает колебательные движения относительно неподвижного электрода. Из рис. 2 видно, что эти два элемента по сути являются обкладками конденсатора. При колебаниях мембраны емкость конденсатора изменяется с частотой воздействующего на мембрану звукового давления. В электрической цепи появляется переменный ток, форма которого повторяет изменения звукового давления на входе микрофона.

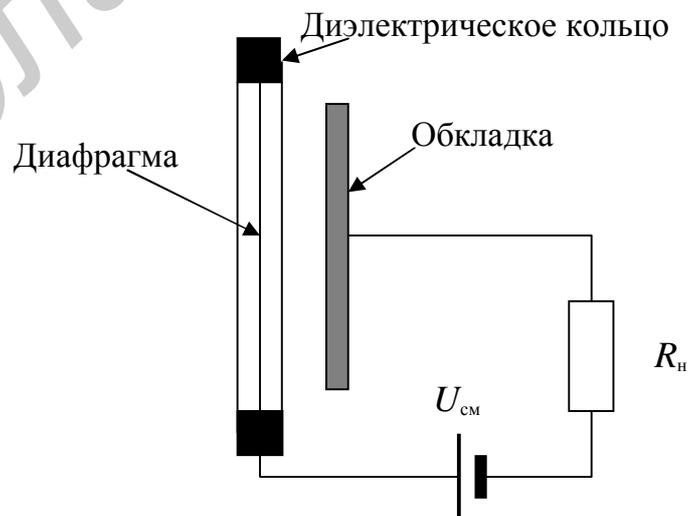


Рис. 2. Конденсаторный микрофон

Электретные микрофоны (см. рис. 3) по принципу действия не отличаются от конденсаторных, однако они не требуют внешнего напряжения смещения. Напряжение на обкладках конденсатора обеспечивается постоянным электрическим зарядом мембраны или неподвижного электрода. Материал этих элементов обладает электретным свойством, т. е. способностью сохранять электрический заряд длительное время.

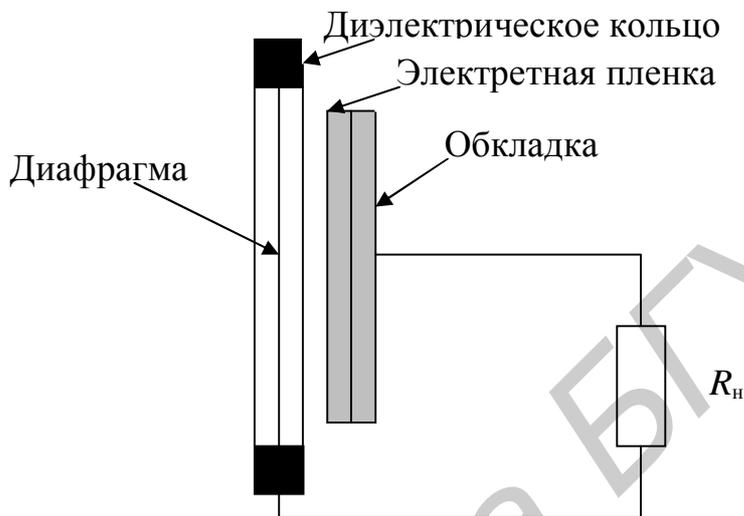


Рис. 3. Электретный микрофон

По виду характеристики направленности микрофоны делят на три основных типа: ненаправленные, двусторонне и односторонне направленные.

В первом приближении считается, что ненаправленные микрофоны одинаково воспринимают звук с любого направления. Рабочей областью ненаправленного микрофона является сфера, а его диаграмма направленности (сечение сферы) представляет собой окружность.

Двусторонне направленные микрофоны обладают одинаковой чувствительностью как с фронтальной, так и с тыльной стороны. Сечение диаграммы направленности напоминает цифру «8» (рис. 4, а).

Односторонне направленные микрофоны чувствительны к звуковым волнам, приходящим с фронтального направления. Их диаграмма направленности представляет собой кривую, которую называют «кардиоидой» (рис. 4, в).

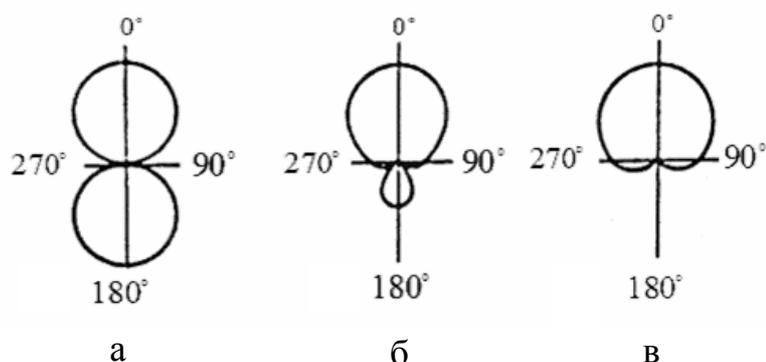


Рис. 4. Виды диаграмм направленности микрофонов:  
а – бинаправленная; б – супернаправленная; в – однонаправленная

Кроме указанных ДН, существуют еще и остронаправленные ДН. На рис. 4, б показан пример такой диаграммы направленности. Иногда ее называют суперкардиоидной ДН.

Другой не менее важной характеристикой микрофона является его частотная характеристика (ЧХ). Основное требование к ЧХ – это требование ее равномерности в заданном диапазоне частот. Чем равномернее ЧХ микрофона, тем он правильнее передает тембр голоса певца или инструмента.

При использовании микрофона в системе звукоусиления концертного зала неравномерность ЧХ является одной из причин возникновения неприятного на слух звукового эффекта – самовозбуждения звуковой системы.

Небольшую неравномерность ЧХ можно скорректировать при обработке сигнала многочастотными узкополосными фильтрами с управляемыми параметрами – эквалайзерами. Такие фильтры имеются в составе микшерных пультов и программах звуковых редакторов.

## 2. Некоторые особенности применения микрофонов

При выборе микрофона следует учитывать как всю совокупность его технических характеристик, так и условия записи, поэтому конкретные рекомендации дать довольно трудно. Однако общие правила выбора типа и характеристик микрофонов все же существуют.

Важнейшей характеристикой любого музыкального инструмента, наиболее существенно влияющей на выбор микрофона, является его частотный диапазон звучания. Особое звучание того или иного инструмента определяется распределением амплитуд основных частотных составляющих и их обертонов.

Относительная мощность звуковых колебаний, излучаемых инструментами в различных участках частотного диапазона, неодинакова. Большинство

музыкальных инструментов «усиливает» основные частоты и их обертоны в определенных, относительно узких частотных полосах. В таких случаях говорят о наличии частотных формант в спектре звучания. У каждого инструмента формантные области занимают свое специфическое положение на оси частот. Частоты формантных областей составляют, например, для кларнета 250...600 Гц, для тромбона 300...900 Гц, для саксофона 350...900 Гц.

Музыкальные инструменты различаются и интенсивностью (мощностью) звучания. Пиковые мощности звучания некоторых инструментов являются следующими: 25 Вт – для большого барабана, 12 – для малого барабана, 6 – для тромбона, 0,4 – для фортепиано, 0,3 – для саксофона и 0,05 Вт для кларнета. Учет этих параметров необходим для исключения нелинейных искажений, вызванных перегрузкой микрофона и усилительного тракта.

Музыкальные инструменты характеризуются также динамическим диапазоном звучания, т. е. отношением мощности звука, извлекаемого из инструмента при исполнении «фортиссимо» (максимальная громкость), к мощности звука при игре на уровне «пианиссимо» (минимальная громкость). Динамический диапазон  $D$  звукового сигнала принято измерять в децибелах. На практике при определении динамического диапазона источника звука используют уровни звукового давления, вычисляя их разность. Например, если максимальный уровень звучания рояля составляет 80 дБ, а минимальный – 35 дБ, то его динамический диапазон равен 45 дБ. В табл. 1 приведены параметры, характеризующие динамический диапазон некоторых источников звука.

Таблица 1

Динамический диапазон некоторых источников звука

Источник звука	Уровень (минимальный / максимальный), дБ	Динамический диапазон, дБ
Гитара	40/55	15
Пение женское	45/80	20...35
Пение мужское	45/85	20...45
Орган	50/85	35
Виолончель	35/70	35
Рояль	35/80	45
Эстрадный оркестр	45/100	45...55
Симфонический оркестр	35/110	60...75

Голоса певцов, несмотря на все их разнообразие, характеризуются общими закономерностями: сильной выраженностью высоких обертонов с частотами

2500...3000 Гц (верхняя певческая форманта) и наличием низкой певческой форманты в области 300...600 Гц. Верхняя певческая форманта придает голосу певца серебристый оттенок, нижняя – впечатление мягкости и массивности. Даже небольшой завал этих частот звуковым трактом приводит к значительному искажению тембра голоса.

Ненаправленный микрофон можно применять при записи пения и музыки в сильно заглушенном помещении. Его же следует использовать для передачи общей акустической обстановки в студии.

Односторонне направленный микрофон (кардиоидная ДН) желательно применять при записи в помещении с большим количеством звуковых отражений. Применяют его и в том случае, когда в студию проникают посторонние шумы. Микрофон следует устанавливать тыльной стороной к источнику звуковых помех. Такой микрофон рекомендуется использовать при широком фронте размещения исполнителей. Его применяют при наличии нескольких микрофонов в студии, а также при размещении исполнителя близко к микрофону, с тем чтобы снизить низкочастотные искажения, присущие в этом случае ненаправленному и двусторонне направленному микрофонам.

Двусторонне направленный микрофон с ДН типа «восьмерка» следует применять при записи в заглушенном помещении, когда необходимо увеличить относительный уровень реверберационных составляющих, а также при записи отдельных музыкальных инструментов и певцов для выделения низких частот в условиях близкого размещения исполнителей у микрофона. Используют такой микрофон и в том случае, когда нельзя допустить приема сигналов от направленных источников шума. Для этого микрофон ориентируют зоной нулевой чувствительности к источнику шума. Двусторонне направленный микрофон, ориентированный в горизонтальном направлении, оказывается полезным для ослабления звуковых волн, отраженных от пола, потолка и боковых стен помещения. Это позволяет применить акустическую обработку только двух стен: за исполнителем и напротив него.

В помещениях с параллельными поверхностями (полупустых комнатах с необработанными в акустическом отношении стенами) могут возникнуть стоячие волны. Стоячие волны представляют собой собственные колебания объемного резонатора, которым в нашем случае является недостаточно заглушенная студия. Собственные акустические колебания возникают на частотах, при которых тот или иной размер помещения оказывается кратным половине длины волны. В прямоугольном помещении возможно одновременное существование многих стоячих волн (мод колебаний). Наибольшей интенсивностью характе-

ризуются самые низкочастотные моды. По мере увеличения частот собственных колебаний их интенсивность уменьшается. В помещении, имеющем большие размеры, стоячие волны проявляют себя слабее, так как частоты наиболее интенсивных мод оказываются вне частотного диапазона микрофона.

Стоячие волны могут приводить к частотным искажениям принимаемого сигнала. В разных точках помещения величины звукового давления собственных резонансных частот оказываются различными, поэтому тембр одного и того же источника звука может изменяться в зависимости от места расположения микрофона. Особенно сильно резонансные свойства помещения и неравномерность частотной характеристики микрофона проявляются тогда, когда источник звука формирует широкополосный сигнал, способный возбудить колебания на многих резонансных частотах. Это характерно для некоторых ударных инструментов. При преобразовании речи и пения может происходить неестественное подчеркивание свистящих и шипящих согласных (с, х, т, ц, щ).

### 3. Устройство беспроводных микрофонов

Беспроводные микрофоны (радиомикрофоны) в общем случае представляют собой конструктивное объединение обычного радиопередатчика, собственно микрофона, передающей антенны, некоторых вспомогательных устройств и источника питания. Их основным достоинством является отсутствие соединительной линии, связывающей микрофон с трактом звукоусиления и распределения звукового сигнала. В качестве соединительной линии в беспроводных микрофонах используется радиоканал передачи, работающий в метровом или дециметровом диапазоне. Передаваемый ВЧ-сигнал принимается радиоприемным устройством (РПУ), которое может находиться на значительном расстоянии от радиомикрофона (РМ). Звуковой сигнал с НЧ-выхода РПУ подается, как правило, на звукорежиссерский микшерный пульт. Обобщенная структурная схема двухканального РМ изображена на рис. 5.

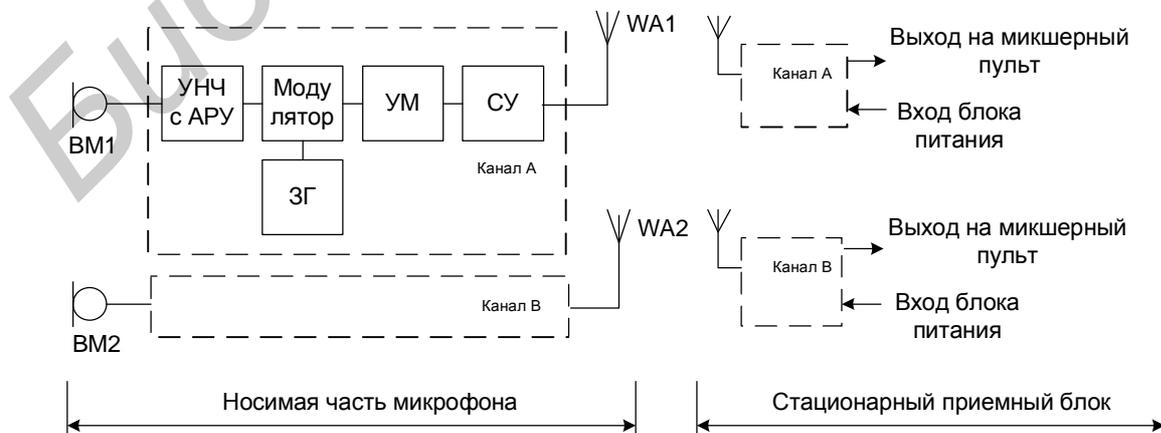


Рис. 5. Структурная схема радиомикрофона

Радиопередатчик (каналы А и В) состоит из усилителя УНЧ с автоматической регулировкой усиления, модулятора, задающего генератора (ЗГ), усилителя мощности (УМ) и согласующего устройства (СУ). На выход согласующих канальных устройств подключены передающие антенны WA1, WA2, а ко входам УНЧ – микрофоны BM1 и BM2.

Частота задающего автогенератора может быть стабилизирована высокочастотным кварцевым резонатором. Это позволяет повысить стабильность работы радиомикрофона. В относительно простых РМ кварцевая стабилизация не используется, поскольку она усложняет схему и увеличивает габариты устройства.

Для приема радиосигналов используется малогабаритное двухканальное РПУ (стационарный приемный блок на рис. 5) с двумя антеннами. В приемном блоке, как правило, предусмотрена возможность регулировки уровня выходного сигнала.

В радиомикрофонах обычно применяют помехоустойчивые виды модуляции несущей, в основном частотную или фазовую модуляцию (ЧМ или ФМ). В сравнении с амплитудной модуляцией это позволяет увеличить дальность работы РМ примерно вдвое.

#### 4. Двухканальный беспроводной микрофон ВИТЕК VT-3834

В лабораторной работе используется двухканальный однонаправленный радиомикрофон ВИТЕК VT-3834. Внешний вид и комплектация радиомикрофона показаны на фотографии (рис. 6).



Рис. 6. Внешний вид и комплектация радиомикрофона

В центральной части этого рисунка расположен стационарный приемный блок с двумя телескопическими антеннами. На рис. 7 приведена отдельная фотография приемного блока с указанием элементов управления и регулировки, а на рис. 8 – фотография задней панели приемного блока. Назначение индикаторов, разъемов и регуляторов приведено в подрисуночных подписях. Носимые части РМ показаны на рис. 6 с левой и с правой стороны приемного блока. В качестве преобразователей акустического сигнала в электрический используются электродинамические микрофоны (ВМ1 и ВМ2). Включение передатчика производится переключателем, установленным на боковой стороне носимых частей (см. рис. 6). Малогабаритные магнитные антенны WA1, WA2 находятся внутри РМ и не мешают в работе. Основные технические характеристики РМ ВИТЕК VT-3834 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Технические характеристики РМ ВИТЕК VT-3834

Рабочий диапазон радиочастот	170...260 МГц
Радиус зоны приема	100 м
Частотный диапазон	50...15 кГц
Выходное напряжение	0...300 мВ
Чувствительность	3 мкВ
Системные сбои	менее 0,5 %
Питание	9 В батареи (аккумуляторы)
Рабочий диапазон температур	от -10 до +40° С
Вес	300 г без батарей

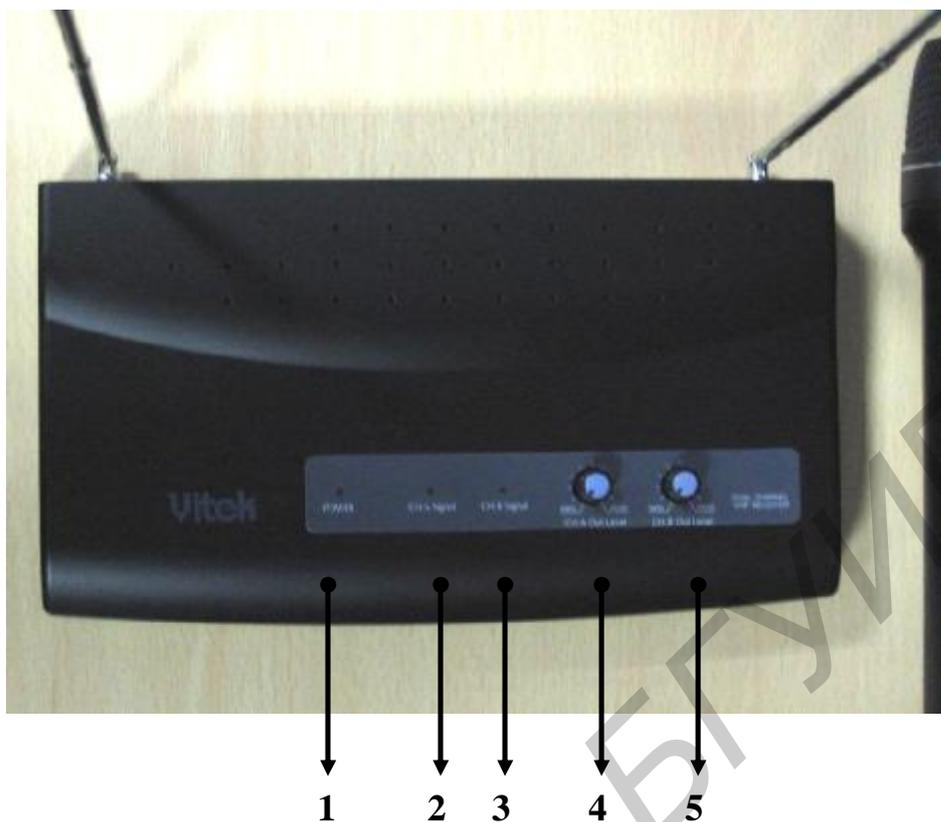


Рис. 7. Лицевая панель приемного блока:

- 1 – индикатор питания; 2, 3 – световые индикаторы работы каналов А и В;
- 4 – регулятор уровня сигнала с микрофона А;
- 5 – регулятор уровня сигнала с микрофона В

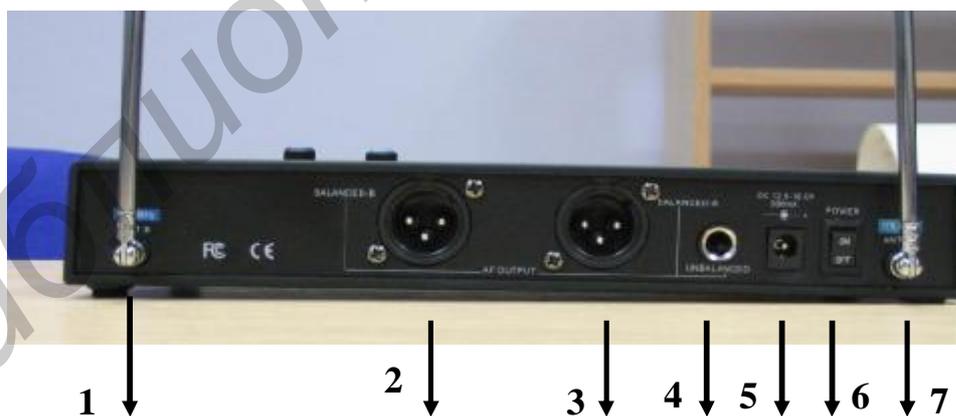


Рис. 8. Задняя панель приемного блока:

- 1, 7 – приемные антенны; 2, 3 – выходы на микшерный пульт;
- 4 – несимметричный выход; 5 – гнездо подключения блока питания;
- 6 – кнопка включения

## 5. Описание лабораторного макета

Помимо РМ ВИТЕК VT-3834, в состав лабораторного макета входят микшерный пульт (МП), цифровой вольтметр В7-46, источник акустического гармонического сигнала и анализатор спектра радиоканала микрофона.

Микшерный пульт EURORACK UB1832FX-PRO представляет собой устройство, способное микшировать до шести монофонических и четырех стереофонических сигналов в общий аудиоканал.

Подключение приемного блока РМ к МП производится с помощью специального кабеля, показанного на рис. 6. С помощью этого кабеля необходимо соединить один из выходов РМ (см. рис. 8) с входом одного из каналов МП (стрелка на рис. 9 с левой стороны). Вход вольтметра необходимо подключить к гнезду «phone» МП (см. стрелку на рис. 9). При выполнении работы предполагается использование одного из каналов РМ (по указанию преподавателя).

Акустический звуковой сигнал формируется с помощью низкочастотного генератора синусоидальных колебаний, нагруженного на единичный электродинамический громкоговоритель (ГГ) с акустическим оформлением типа «закрытый ящик». Носимая часть РМ, закрепленная на специальном штативе, устанавливается на расстоянии 1 – 1,5 м от ГГ и на расстоянии 5 – 6 м от приемного блока (см. рис. 6, 7).

Наблюдение и анализ радиочастотного спектра микрофона выполняется с помощью анализатора спектра Tektronix Y400 NetTek Analyzer.



Рис. 9. Микшерный пульт EURORACK UB1832FX-PRO

## 6. Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучить разд. 1, 3 – 5.
2. Подключить выход одного из каналов приемного блока РМ к гнезду XLR первого канала микшерного пульта.
3. Подключить выход вольтметра В7-46 к гнезду «phone» микшерного пульта. Включить вольтметр.
4. Проверить правильность предварительной установки всех регуляторов пульта. Включить микшерный пульт.
5. Установить регуляторы уровня на приемном блоке в среднее положение. Включить приемный блок.
6. Вывести регулятор уровня звукового генератора (ЗГ) в левое крайнее положение. Установить частоту генератора равной 300 Гц. Включить генератор.
7. Проверить наличие источника питания 9 В в носимой части РМ.
8. Установить штатив с РМ на расстоянии 1 м от громкоговорителя.
9. Включить радиопередатчик микрофона. Для этого поставить переключатель в крайнее левое положение.
10. С помощью регулятора уровня ЗГ подать напряжение частотой 300 Гц на вход ГГ. Установить уровень громкости, обеспечивающий достаточно комфортное прослушивание сигнала.
11. Установить акустическую (продольную) ось микрофона перпендикулярно к поверхности ГГ. Измеритель углового положения установить на отметку  $\varphi = 0^\circ$ .
12. С помощью канального фейдера МП и регулятора уровня приемного блока РМ установить выходное напряжение, равное 150 мВ.
13. Включить анализатор спектра Tektronix Y400 NetTek Analyzer. С помощью преподавателя настроить прибор на частоту передачи РМ. По результатам анализа особенностей структуры и ширины спектра сделать вывод о типе модуляции.
14. Измерить ДН микрофона. Для этого зафиксировать показания вольтметра при повороте микрофона от нуля до  $360^\circ$  с шагом  $10^\circ$ .
15. Повторить измерения ДН для частоты звукового сигнала 1000 Гц. Результаты измерений занести в табл. 3.

Таблица 3

Результаты измерений ДН

$\varphi_i$ , градусы									
$U_i$ , мВ									

16. Привести органы регулировки используемых приборов в исходное состояние. Выключить оборудование.

17. Построить ДН в полярных координатах (см. рис. 4). При построении

использовать нормированные значения  $\left( \frac{U_i}{U_{\max}} \right)$ .

## 7. Содержание отчета

1. Структурная схема подключения измерительного и генераторного оборудования с обозначением необходимых разъемов.

2. Диаграммы направленности РМ в полярных координатах для частот 300 и 1000 Гц.

3. Анализ частотного спектра радиоканала.

4. Выводы, объясняющие результаты, полученные при выполнении исследований.

## 8. Контрольные вопросы

1. Расскажите о назначении микрофонов.

2. Каковы основные технические характеристики микрофонов?

3. Расскажите о структурной схеме радиомикрофона.

4. Объясните устройство и принцип действия электродинамического микрофона.

5. Объясните устройство и принцип действия конденсаторного и электретного микрофонов.

6. Поясните, по каким признакам могут быть классифицированы микрофоны.

## Литература

1. Радиовещание и электроакустика : учеб. пособие для вузов связи / С. И. Алябьев [и др.] ; под ред. Ю. А. Ковалгина. – М. : Радио и связь, 2002. – 792 с.

2. Электроакустика и звуковое вещание : учеб. пособие для вузов / И. А. Алдошина [и др.] ; под ред. Ю. А. Ковалгина. – М. : Горячая линия – Телеком, Радио и связь, 2007. – 872 с.

3. Шалатонін, В. І. Электроакустыка і радыёвяшчанне. У 2 ч. Ч. 1 : Тэарэтычныя асновы акустыкі / В. І. Шалатонін. – Мінск : БДУІР, 1994. – 60 с.

4. Шалатонін, В. І. Электроакустыка і радыёвяшчанне. У 2 ч. Ч. 2 : Асноўныя ўласцівасці маўлення і слыху / В. І. Шалатонін. – Мінск : БДУІР, 1997. – 78 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Цель лабораторной работы .....	3
Задание к лабораторной работе .....	3
1. Основные теоретические сведения и соотношения .....	3
2. Некоторые особенности применения микрофонов.....	8
3. Устройство беспроводных микрофонов.....	11
4. Двухканальный беспроводный микрофон ВИТЕК VT-3834.....	12
5. Описание лабораторного макета.....	15
6. Порядок выполнения работы .....	16
7. Содержание отчета .....	17
6. Контрольные вопросы .....	17
Литература .....	17

Библиотека БГУИР

*Учебное издание*

**Шалатонин Валерий Иванович**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ МИКРОФОНОВ**

Лабораторный практикум  
по дисциплине «Радиовещание и электроакустика»  
для студентов специальности  
1-45 01 02 «Системы радиосвязи, радиовещания и телевидения»  
дневной формы обучения

Редактор Т. П. Андрейченко  
Корректор Л. А. Шичко  
Компьютерная верстка Е. С. Чайковская

---

Подписано в печать 16.11.2009.	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Печать ризографическая.	Усл. печ. л. 1,28.
Уч.-изд. л. 1,3.	Тираж 50 экз.	Заказ 236.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.  
220013, Минск, П. Бровки, 6