

Радиовещание

Преподаватель

К.т.н. Володин Сергей Михайлович

Системы наземного звукового вещания

- ▶ *Вещанием* называют деятельность по распространению программ вещания в сети электросвязи общего назначения с использованием электромагнитных колебаний с целью предоставления услуг населению
- ▶ *Программа вещания* — совокупность вещательных передач, составленных по определенному плану и готовых к выпуску.
- ▶ Под *вещательной передачей* понимают законченную в тематическом отношении совокупность передаваемых сообщений.
- ▶ Стиль подачи, набор и порядок чередования передач в программе называется *форматом вещания*.



- ▶ Подготовку, формирование и выпуск программ ведет творческий и технический персонал центров формирования программ (ЦФП): радиодома, телецентра и др.
- ▶ В составе центров специализированные по типу передач редакции (информационного, музыкального, спортивного вещания и др.), студии и аппаратные.
- ▶ *Студии* — акустически обработанные помещения, предназначенные для исполнения вещательных передач. С помощью технических средств аппаратных возможна запись или непосредственная передача их в сеть распределения программ для доведения слушателям или телезрителям.



*По виду передаваемых сообщений различают системы:
звукового и телевизионного вещания*

▶ Системы звукового вещания, в которых вещательные передачи доводятся слушателям с использованием радиоволн, в странах СНГ называются системами *радиовещания*, а с использованием проводных средств электросвязи — *проводного вещания*.



*Звуковое и телевизионное вещание играют важную роль в жизни общества, относятся к электронным средствам массовой информации.

Принцип построения сети наземного звукового вещания

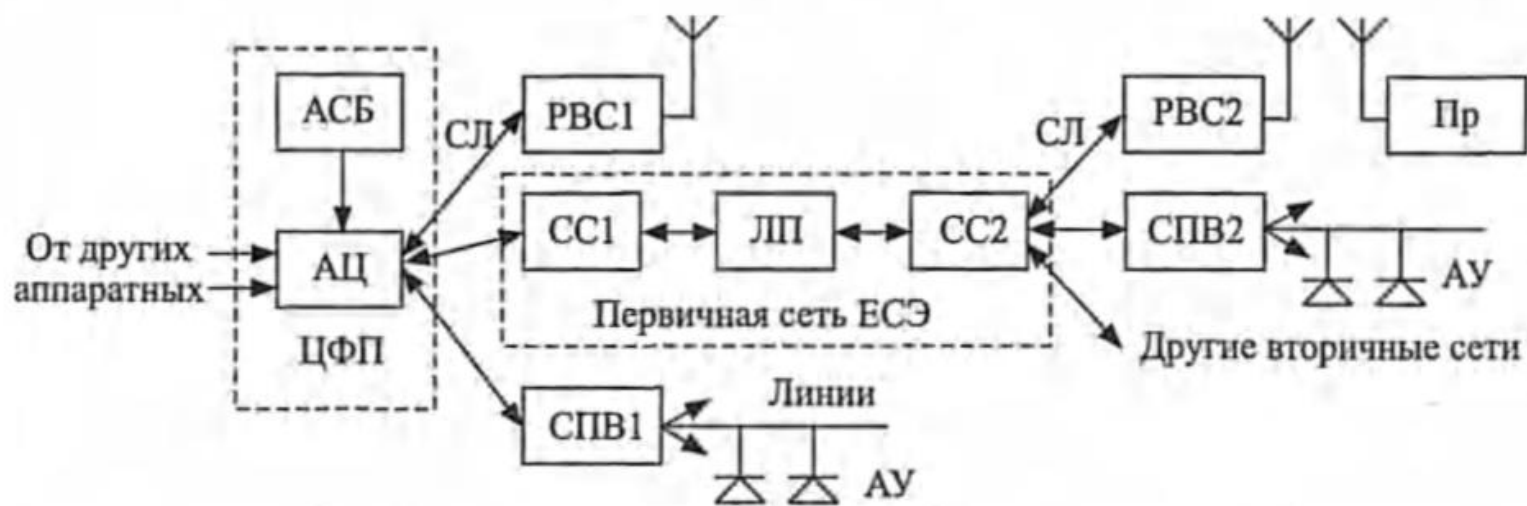


Рис. 3.1. Структурная схема наземной сети звукового вещания

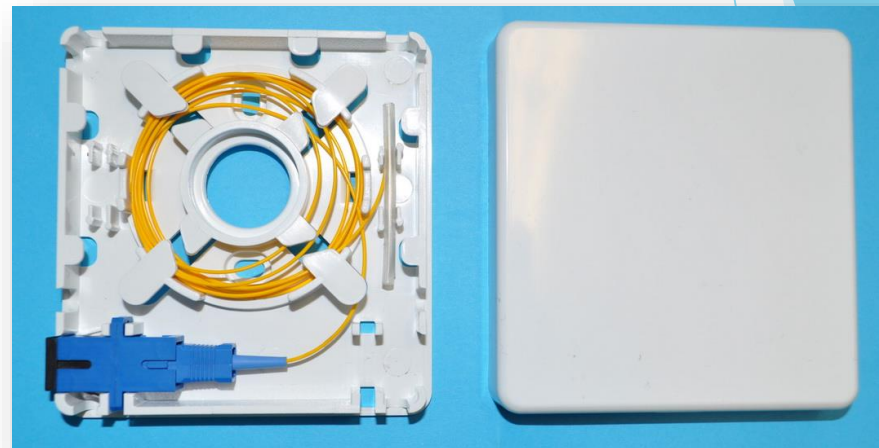
Принцип работы

- ▶ В аппаратно-студийном блоке (АСБ, в его составе студии, аппаратные и др.) центра формирования программ (ЦФП) формируется сигнал звукового вещания, который по соединительной линии поступает в центральную аппаратную (АЦ). Вещательные передачи могут вестись не только из студий радиодома, но и из театров, киноконцертных залов, стадионов и т. д. (внешних источников передач).
- ▶ От этих источников сигналы поступают в трансляционную аппаратную радиодома, где их обрабатывают и распределяют по другим аппаратным с использованием технических и программных средств центральной аппаратной.
- ▶ К выходу АЦ подключены технические средства сети распределения программ звукового вещания. Эта сеть образована совокупностью оборудования первичных сетей единой сети электросвязи (ЕСЭ), радиовещательных станций (РВС), станций проводного вещания (СПВ) и др.
- ▶ Сигналы звукового вещания от центральной аппаратной по соединительным линиям (СЛ) поступают на сетевую станцию СС1 первичной сети и по линиям передачи (ЛП) распределяются на другие сетевые станции, к которым подключено оборудование РВС и станций ПВ (на рис. 3.1 это СС2, к которой подключены РВС2 и СПВ2). Эти сигналы передаются в общем потоке с сигналами, поступающими из других вторичных сетей ЕСЭ (например, телефонной сети общего пользования).
- ▶ В системе радиовещания сигналы от центральной аппаратной (или СС2) по СЛ поступают на радиовещательную станцию РВС1 (или РВС2), где установлены радиопередатчики и антенны. В системах проводного вещания (ПВ), в варианте, показанном на рис. 3.1, сигналы от АЦ (или СС2) поступают на станцию проводного вещания СПВ1 (или СПВ2), где происходит их усиление и распределение по линиям проводного вещания. К линиям подключены абонентские устройства (АУ), обеспечивающие прием сигналов и воспроизведение вещательных передач.

- ▶ Составной частью систем звукового вещания являются *электрические каналы звукового вещания (ЭКЗВ)*. Под ними понимают совокупность технических средств, при помощи которых электрические сигналы звукового вещания передают от источников сигналов (выхода микрофона, канала воспроизведения магнитофона, проигрывателя компакт-дисков и т. д.) до антенны радиопередатчика или до абонентской розетки (устройства для подключения абонентского устройства к распределительной сети проводного вещания).
- ▶ ЭКЗВ представляет собой совокупность трактов формирования, первичного и вторичного распределения программ. Тракт формирования программ включает оборудование центров формирования программ и заканчивается на выходе центральной аппаратной центра.

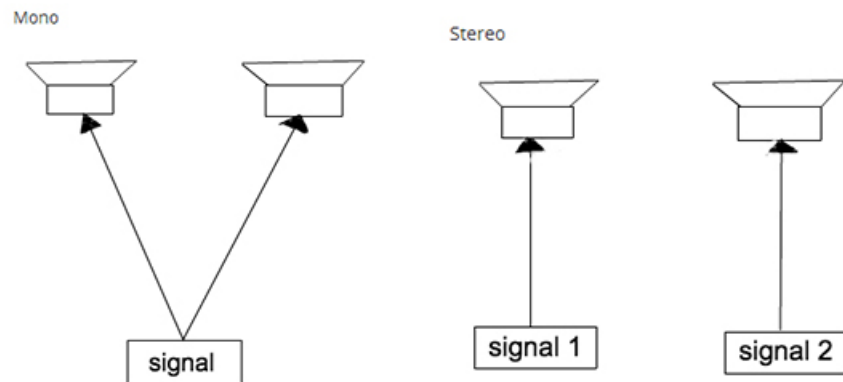
- ▶ Тракт первичного распределения программ (ТПРП) начинается на выходе АЦ центра формирования программ и заканчивается на выходе соединительной линии к оборудованию (радиопередатчику) радиовещательной станции, СПВ или центральной аппаратной другого центра формирования программ. В ТПРП входит оборудование сетевых станций и линий передачи первичной сети ЕСЭ

(кабельные, радиорелейные, спутниковые или волоконно-оптические системы передачи).



- ▶ Тракт вторичного распределения программ служит для доведения программ непосредственно слушателям.
- ▶ Различают два варианта тракта: тракт радиопередатчика и тракт проводного вещания. Первый из них начинается на выходе соединительной линии от АЦ или сетевой станции СС и заканчивается на входе антенно-фидерной системы радиопередатчика РВС, второй начинается на выходе СЛ, по которой сигналы звукового вещания поступают на вход станции проводного вещания, и заканчивается абонентской розеткой.

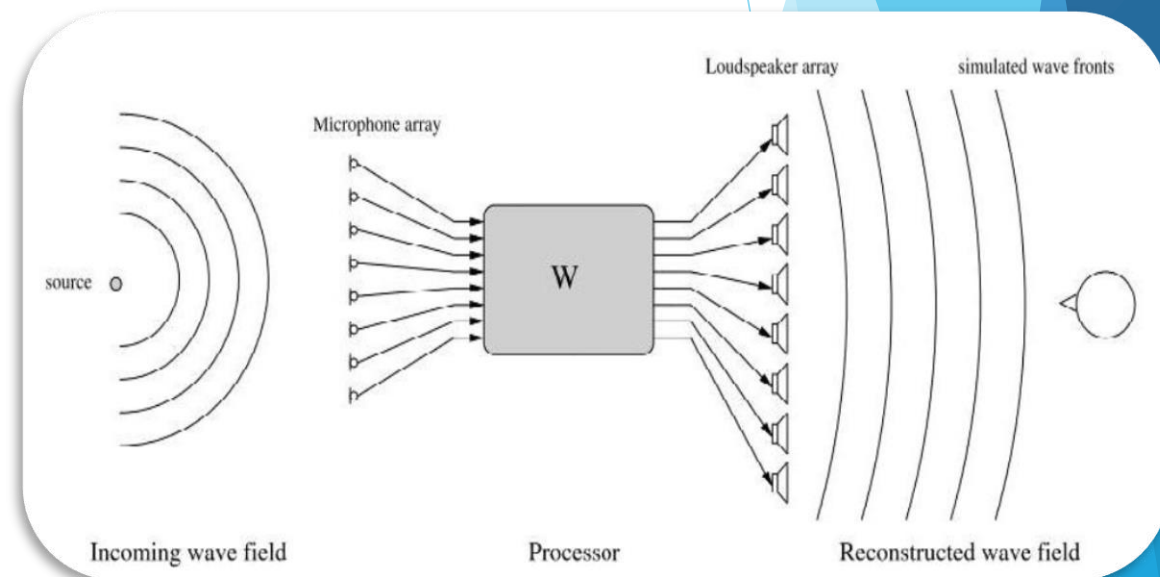
- ▶ По числу каналов для передачи одной программы звуковое вещание бывает одноканальным (монофоническим) и многоканальным (стереофоническим и др.).
- ▶ В стереофонических и других много канальных системах формирование сигналов в диапазоне звуковых частот на передающей стороне (первичное звуковое поле) и воспроизведение их на приемной стороне (вторичное звуковое поле) осуществляется отдельными техническими средствами двух или более каналов.



- ▶ При стереофоническом вещании у слушателя возникают ощущения присутствия в первичном звуковом поле, что повышает эмоциональность восприятия звуковых сообщений.

Сигнал звукового вещания

- ▶ Сигналом (от лат. *signum* — знак) звукового вещания называют физический процесс, отображающий (несущий) передаваемое звуковое сообщение (речь, музыку или их сочетание)
- ▶ В месте исполнения вещательной передачи (первичное звуковое поле) возникает первичный акустический сигнал, который с помощью микрофонов преобразуется в электрический сигнал звукового вещания.
- ▶ В месте прослушивания вещательной передачи (вторичное звуковое поле) электрический сигнал преобразуется громкоговорителем в акустический.



Классы качества электрических каналов звукового вещания

- ▶ Качество воспроизведения оценивается тем, насколько воспроизводимое громкоговорителем звучание во вторичном звуковом поле близко к исходному звучанию, воспринимаемому микрофоном в первичном звуковом поле.
- ▶ Расхождения в звучании вещательных передач обусловлены рядом причин, в том числе искажениями и шумами в ЭКЗВ
- ▶ Заметность искажений и шумов относится к субъективным понятиям, ее оценивают по результатам слухового восприятия.



QUALITY



По способности замечать искажения и шумы всех слушателей (экспертов) можно разделить на две группы:

- ▶ К одной группе относятся специалисты, имеющие профессиональные навыки обнаружения на слух искажений (например, музыканты, звукорежиссеры)
- ▶ К другой —практически все остальные слушатели, не имеющие больших пороков слуха.

Градации качества

Градация качества	Совершенно незаметно	Практически незаметно	Неуверенно заметно	Уверенно заметно
Число экспертов, заметивших искажения, %	15	30	50	75



В зависимости от степени заметности искажений установлено три класса качества звучания:

Высший класс — искажения практически незаметны специалистам и совершенно незаметны обычным слушателям.

Первый класс — искажения неуверенно заметны специалистам и практически не заметны для обычных слушателей.

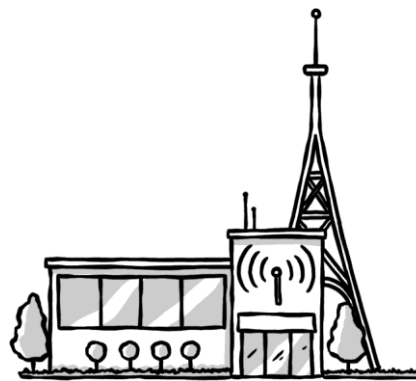
Второму классу соответствует звучание, при котором искажения уверенно заметны специалистам и неуверенно заметны обычным слушателям.

Параметры ЭКЗВ

Параметр	Нормы по классам		
	высший	первый	второй
Полоса передаваемых звуковых частот, Гц	40...15000	50...10 000	100...6400
Неравномерность АЧХ в средней части номинального диапазона частот $1,5f_n \dots 0,66f_v$, дБ	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	0,6...0,9
Коэффициент гармоник до 125 Гц (свыше 100 Гц), не более %	1,0 (0,5)	1,0 (0,7)	1,0 (0,7)
Защищенность, дБ:			
от психометрического шума	55	54	48
от внятной переходной помехи	74	74	74

Наземное аналоговое радиовещание

- ▶ В аналоговых системах радиовещания в зоне обслуживания РВС (Радиовещательная система) напряженность ЭМП(электромагнитное поле), создаваемая передатчиком, должна обеспечить качественный прием сигналов звукового вещания на массовую аппаратуру в 50 % мест приема в течение 90 % времени для монофонического и 99 % времени для стереофонического вещания.
- ▶ При расположении РВС на обслуживаемой территории должно учитываться такое условие, как обеспечение качественного приема программ вещания наибольшим числом слушателей.
- ▶ На практике отдают предпочтение расположению РВС в районах с высокой плотностью населения вблизи крупных городов.



Радиовещание в диапазонах кило- и гектометровых радиоволн.

- ▶ В этих диапазонах ведется монофоническое вещание с амплитудной модуляцией (АМ), передачи которого принимают на стационарные (фиксированные) и подвижные (переносные) радио приемники.

Организовано 135 радиоканалов:

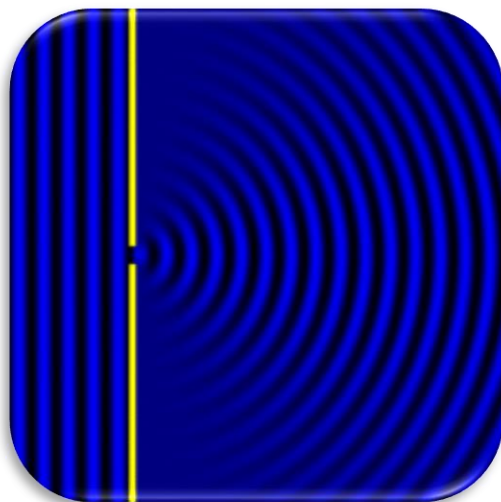
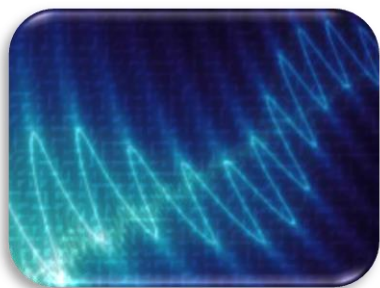
15 на ДВ в диапазоне радиочастот от 148,5 до 283,5 кГц (2020 ... 1058 м)

120 на СВ в диапазоне радиочастот от 526,5 до 1606,5 кГц (570... 187 м)) с разносом между несущими частотами 9 кГц.

- ▶ Ширину полосы частот радио канала выбирают Администрации связи стран в пределах от 9 до 20 кГц.
- ▶ При этом значение высшей модулирующей частоты в канале может быть от 4,5 до 10 кГц.

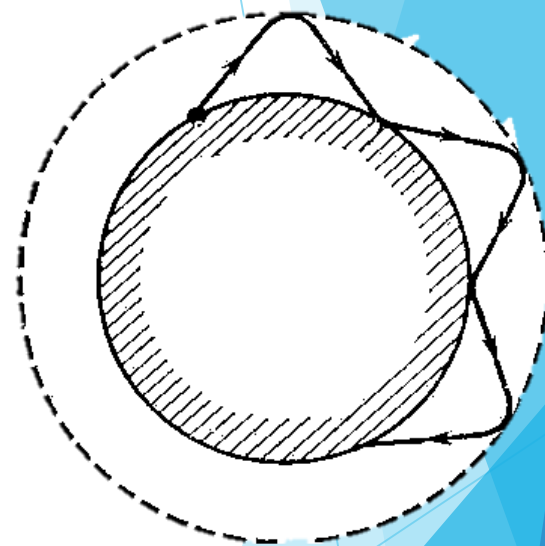


- ▶ Радиоволны диапазона километровых радиоволн распространяются земной радиоволной (вдоль поверхности Земли), их распространение мало зависит от времени суток и сезона.
- ▶ Условия приема в этом диапазоне отличаются постоянством, но сильно сказываются атмосферные и промышленные радиопомехи. Эти волны хорошо огибают поверхность Земли (за счет дифракции), но в то же время земная радиоволна сильно поглощается почвой.



Радиовещание в диапазоне декаметровых радиоволн.

- ▶ Радиоволны декаметрового диапазона могут распространяться земной волной на расстояние несколько десятков километров и пространственными волнами на тысячи километров с незначительным ослаблением, многократно преломляясь в верхних слоях ионосферы и отражаясь от поверхности Земли. Условия распространения радиоволн в этом диапазоне зависят от времени года, одиннадцатилетнего цикла солнечной активности и др.
- ▶ Для радиовещания в этом диапазоне выделены участки радиочастотного спектра от 3,95 до 26,1 МГц (на волнах от 75,9 до 11,5 м), общедоступных на всемирной основе.



Радиовещание в диапазоне метровых радиоволн.

- ▶ Распространение метровых радиоволн ограничено пределами прямой видимости.
- ▶ Влияние атмосферных и промышленных радиопомех в этом диапазоне незначительное, применение частотной модуляции позволяет также существенно уменьшить их влияние.

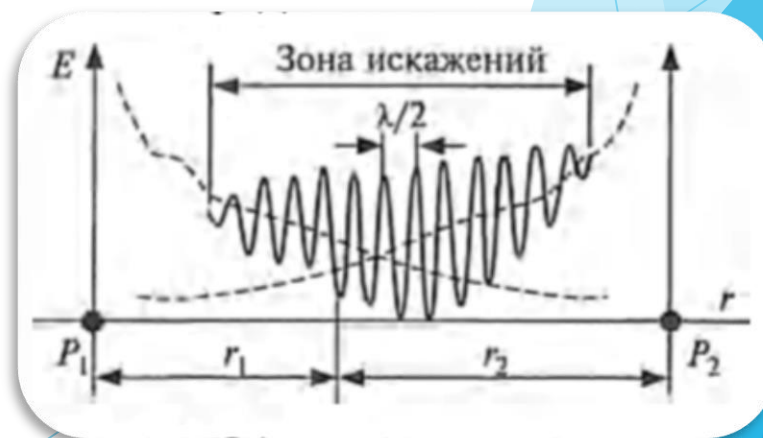
*В этом диапазоне организовано высококачественное (по высшему классу качества) радиовещание.

- ▶ В диапазоне метровых радиоволн для наземного аналогового радиовещания в странах СНГ используются полосы радиочастот 65,9... 74,0 и 87,5... 108,0 МГц.

Синхронное радиовещание

- ▶ Основной проблемой при организации радиовещания является взаимное влияние (интерференция) радиосигналов соседних радио вещательных станций.
- ▶ Для уменьшения этого фактора используют синхронные методы передачи сигналов в одночастотной сети или работу РВС на других частотах в многочастотной сети.
- ▶ Синхронное радиовещание ведется главным образом в диапазоне средних волн, где число отдельных частотных каналов невелико и число РВС, работающих в одном частотном канале достигает нескольких десятков.
- ▶ При работе РВС в синхронной сети между зонами хорошего приема образуются зоны искажений.

**Синхронным* называют способ радиовещания, при котором несколько РВС работают на одной частоте и передают одинаковую программу.



Стереофоническое радиовещание

Стереозэффект.

- ▶ Слуховое восприятие в первичном звуковом поле связано с бинауральным эффектом, позволяющим на слух определить пространственное расположение источника звука.
- ▶ Вызванные бинауральным эффектом психофизиологические ощущения позволяют выделять отдельные источники звука из общего звучания ансамбля, сосредоточивать внимание в определенном направлении, отделять отраженные звуки от прямых звуков.
- ▶ В таких системах у слушателя, находящегося во вторичном звуковом поле, возникают ощущения присутствия в первичном звуковом поле.
- ▶ Признаки стереозэффекта: локализация источника звука в пространстве; прозрачность (раздельное восприятие звучания, например, музыкальных инструментов на фоне звучащего ансамбля) и объемность звучания. Стереозэффект в многоканальных системах во многом обусловлен разностью интенсивностей или задержкой воспринимаемых: слушателем сигналов от громкоговорителей.

Формирование стереофонических сигналов

- ▶ Сигналы формируют, как правило, способом *MS* (от немец. *Mitte* — середина; *Seiten* — стороны).
- ▶ При таком способе (рис. 3.4) микрофоны расположены в одной точке звукового поля, причем микрофон канала *М* имеет диаграмму направленности в виде круга, восьмерки или кардиоиды и воспринимает информацию обо всем звуковом поле.
- ▶ Микрофон канала *С* с диаграммой направленности в виде восьмерки воспринимает информацию с двух сторон звукового поля (например, слева и справа от места расположения микрофона).

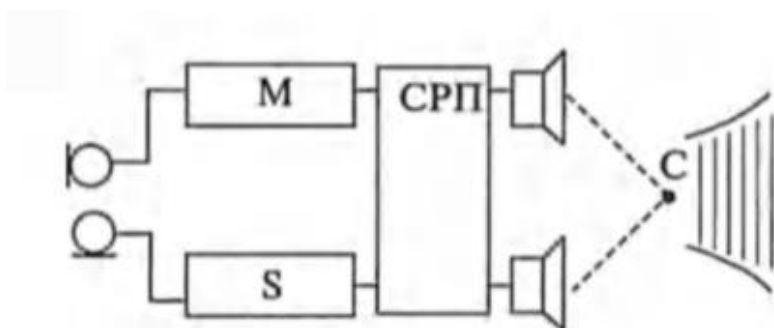


Рис. 3.4. Схема формирования стереосигналов способом MS

- ▶ Независимо от способа формирования стереофонических сигналов получают два сигнала, направляемых по левому и правому каналам к левому и правому громкоговорителям.
- ▶ Стереозэффект наилучшим образом проявляется в зоне, которая находится за точкой С (заштрихованная область на рис. 3.4), ее можно менять, изменяя месторасположение громкоговорителей.

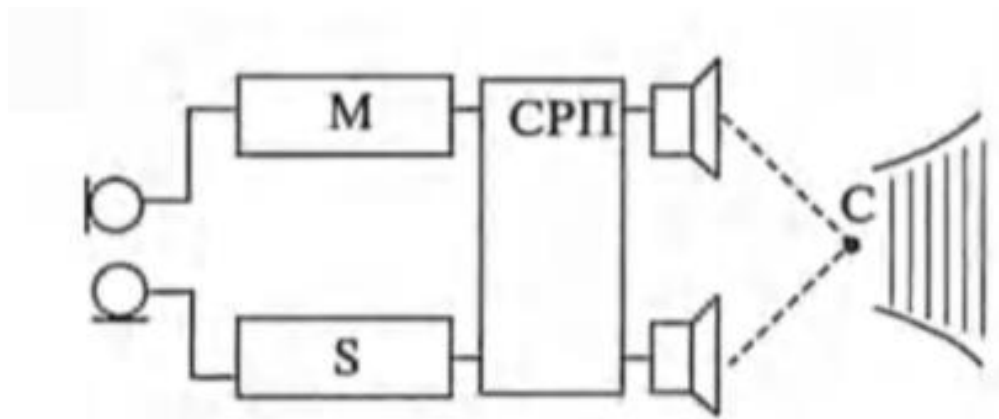


Рис. 3.4. Схема формирования стереосигналов способом MS

Системы стереофонического радиовещания.

- ▶ Они совместимы с монофоническими системами, и слушатель на монофонический радиоприемник принимает стереофоническую передачу как полноценную монофоническую.

Стереофоническое радиовещание можно организовать в любом диапазоне радиоволн.

- ▶ Наряду с двухканальными стереофоническими системами возможно применение четырехканальных (квадрафонических) систем.
- ▶ Они обеспечивают больший, чем стереофонические системы, стерео эффект. Микрофоны и громкоговорители в этих системах должны быть расположены по периметру помещения.

- ▶ Система с полярной модуляцией поднесущей применяется в странах СНГ в диапазоне 66... 74 МГц.
- ▶ Сигналы левого Л и правого П каналов через цепь предуслаживаний RC (рис. 3.6,а) поступают в стереомодулятор, в котором формируется полярно-модулированное колебание (ПМК).

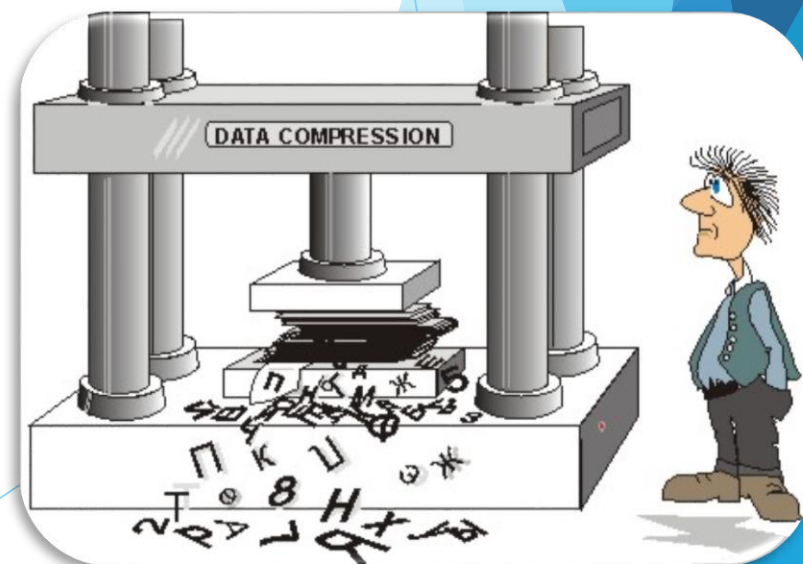


Рис. 3.6. Структурная схема системы стереофонического радиовещания с ПМК

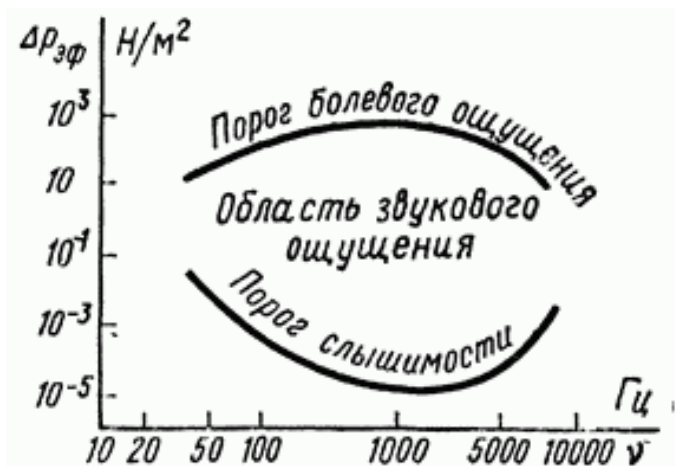
Сжатие цифровых сигналов звукового вещания

Непрерывные сигналы звукового вещания в системах цифрового радиовещания преобразуют в цифровые.

- ▶ Для преобразования применяют линейное квантование и импульсно кодовую модуляцию. В большинстве известных форматов цифрового радиовещания используют частоту дискретизации 48 кГц и 16- разрядное квантование.
- ▶ При этом скорость цифрового потока одного монофонического сигнала составит $R = 48 \cdot 16 = 768$ кбит/с, а стереофонического — в два раза больше.
- ▶ Применение сжатия сигналов позволяет уменьшить избыточность передаваемых сигналов и тем самым снизить скорость их передачи по каналу при сохранении параметров качества сигналов в точке приема.



- ▶ При разработке алгоритмов сжатия учитывались особенности восприятия звуков органом слуха человека: наличие порога слышимости, эффекта маскировки и др.
- ▶ Ухо человека может реагировать в диапазоне звуковых частот на звуковые колебания, интенсивность которых не меньше некоторого порогового значения, называемого *порогом слышимости*.
- ▶ Он индивидуален для каждого человека, зависит от его возраста и от частоты колебаний.
- ▶ Для среднего человека порогу слышимости на частоте 1000 Гц соответствует звуковое давление $p_{зв0} = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, его принимают за нулевой уровень, т. е. 0 дБПа. Для появления слухового ощущения на более низких и высоких частотах необходимо большее звуковое давление, чем на средних. С возрастом порог слышимости повышается.



- ▶ Изложенные выше факторы (и ряд других) учтены в группе стандартов, разработанных рабочей группой по вопросам движущихся изображений (MPEG) созданной при Международной организации по стандартизации (ISO) и Международной электротехнической комиссии (IEC).
- ▶ Несмотря на отсутствие в названии группы MPEG даже намек на звук, ее эксперты весьма успешно работают в этом направлении.
- ▶ Результатами работы являются звуковые части (Audio) стандартов MPEG-1 (ISO/IEC 11172-3), MPEG-2 (ISO/IEC 13818-7) и др.



- ▶ Уровень 1 компрессии рекомендован для применения в высококачественной профессиональной аппаратуре центров формирования программ, имеющей большие объемы памяти. Он характеризуется небольшой сложностью практической реализации.
- ▶ Уровень 2 сжатия идентичен системе кодирования звука MUSICAM, которая была разработана в Европе для реализации проекта цифрового радиовещания DAB-T.
- ▶ Уровень 3 (или иначе MP3) обеспечивает наибольшее сжатие аудиоданных, отличается весьма сложной практической реализацией, рекомендован для компрессии звука в сетях Интернет и при передаче данных по сетям ISDN в реальном времени.

Уровни компрессии аудиоданных

Уровни (слои)	Скорость передачи $R_{\text{кп}}$, кбит/с	Коэффициент сжатия $k_{\text{сж}}$	Задержка сигнала $\Delta t_{\text{з}}$, мс
Layer 1	192	4	20
Layer 2	128	6	40...50
Layer 3	64	12	> 50

Процесс кодирования.

- ▶ Процесс кодирования звуковых сигналов, используя структурную схему кодера звука MPEG (рис. 3.9).
- ▶ Входной цифровой сигнал разделяется на кадры, каждый из них кодируется и декодируется независимо от других (уровни 1 и 2) или с учетом некоторых особенностей предыдущего кадра (уровень 3)
- ▶ Далее данные поступают в блок фильтров БФ, где разделяются цифровыми полосовыми фильтрами на 32 полосы частот
- ▶ После разделения число отсчетов в кадре в каждой полосе частот составит 12 (384:32) для уровня 1 и 36 — для уровней 2 и 3. Разбиение на полосы частот позволяет гибко кодировать звук.

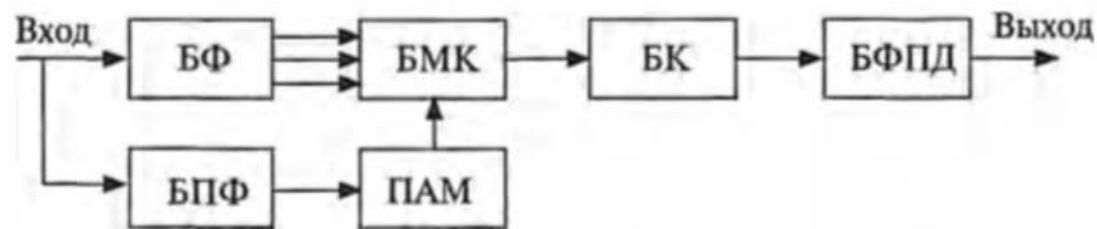
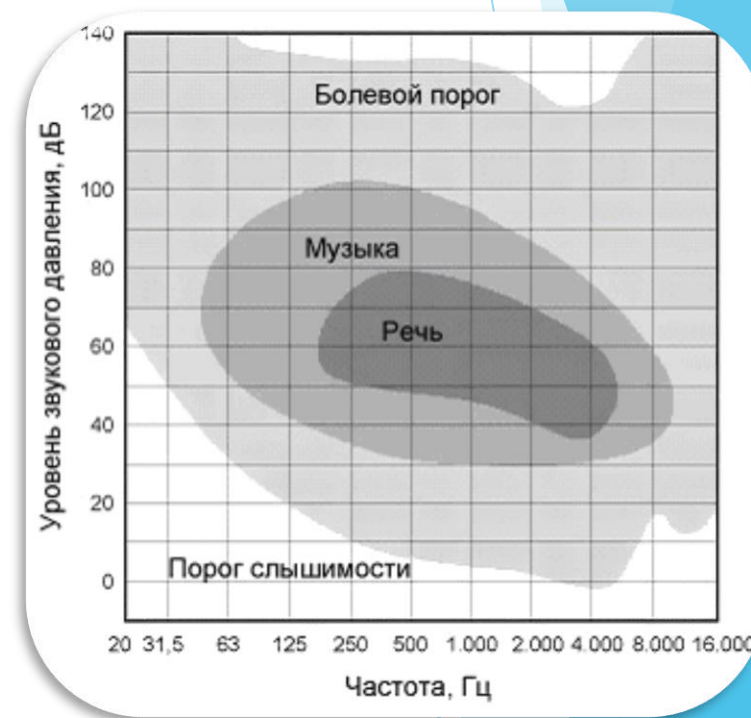


Рис. 3.9. Структурная схема кодера звука MPEG

- ▶ Затем данные поступают в блок масштабирования и квантования БМК. В процессе масштабирования определяются масштабные множители, зависящие от максимального значения сигнала (кодеры для уровней 1 и 2). Перед квантованием значения сигнала делятся на масштабные множители.
- ▶ Процессом квантования (распределением битов по полосам частот) управляет блок психоакустической модели ПАМ восприятия звука. Он задает число уровней квантования для каждой полосы частот.
- ▶ После квантования на уровнях 2 и 3 в блоке кодирования БК выполняется дополнительное кодирование данных с использованием кодов с переменной длиной слова, способствующих дальнейшему сокращению избыточности сигналов.
- ▶ с выхода блока БК данные поступают в блок формирования потока данных БФПД, на выходе которого формируется цифровая последовательность, состоящая из произвольного числа кадров. Каждый из кадров состоит из заголовка и закодированных аудиоданных.



Системы цифрового радиовещания

- ▶ Внедрение ЦРВ предполагает переход к более высоким, нежели чем в аналоговых сетях вещания, стандартам качества радиовещательного приема.
- ▶ Сети ЦРВ должны соответствовать более жестким критериям, например, 99 % времени и 99 % точек приема. Это обусловлено тем, что уменьшение напряженности поля при аналоговом вещании означает лишь некоторое снижение качества звучания.
- ▶ Совершенно иное положение возникает при ЦРВ: снижение напряженности поля сигналов ЦРВ ниже порогового значения, определяемого защитным отношением, приводит к полному пропаданию сигнала на приеме.

Структурная схема системы цифрового радиовещания

- ▶ В зависимости от варианта построения системы (наземное, спутниковое), используемого ею диапазона радиоволн и передаваемых в од ном блоке программ звукового вещания меняются методы преобразования, кодирования и модуляции сигналов. Несмотря на это многообразие, можно выделить типовую структуру передающей (рис. 3.10)

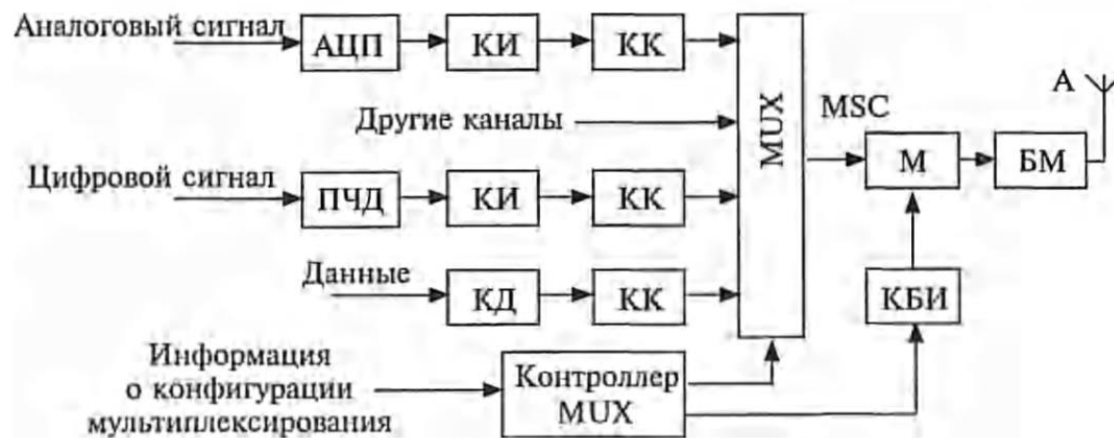


Рис. 3.10. Структурная схема передающей части системы цифрового радиовещания

- ▶ В передающей части сигналы звукового вещания из аналоговой формы преобразуются АЦП с частотой дискретизации 48 кГц, которая является стандартной для цифровой аппаратуры АСБ центров формирования программ. При использовании фонограмм с компакт-дисков, записываемых с частотой дискретизации 44,1 кГц, в преобразователе частоты дискретизации (ПЧД) происходит ее преобразование в частоту 48 кГц.
- ▶ Далее цифровые сигналы звуковых программ и данные подвергаются индивидуальному кодированию с сокращением избыточности соответственно в кодерах источника КИ и кодере данных КД. Процедуры сокращения избыточности рассмотрены в разд. 3.7. Следующим этапом обработки компактно представленных сигналов звуковых программ и данных является их канальное кодирование в кодерах каналов КК. Напомним, что при канальном кодировании, кроме помехоустойчивого кодирования, происходят операции скремблирования и временного перемежения, которые способствуют повышению достоверности приема сигналов, облегчению задач синхронизации и др.
- ▶ Полученные в результате индивидуального кодирования цифровые потоки звуковых программ и данных подвергаются третьему этапу обработки — мультиплексированию (MUX). Работой MUX управляет контроллер. Сформированный в результате мультиплексирования многопрограммный цифровой поток в виде последовательности кадров поступает далее в главный сервисный канал MSC. Каждому сигналу звукового вещания, передаваемому в канале, или информации, передаваемой по каналу данных, соответствуют определенные части мультиплексированного потока.

- ▶ Дальнейшее преобразование сигнала ЦРВ происходит в модуля торе. На его вход поступают данные из главного сервисного канала *MSC* и канала быстрой информации *КБИ*.
- ▶ Вторым используется для передачи информации, связанной с передаваемыми сервисами (программами), например данные для выбора требуемой программы, разнообразная служебная информация (например, сигналы о чрезвычайных ситуациях) и др.
- ▶ В этом канале данные не подвергаются перемежению и потому не претерпевают задержки. Тем самым обеспечивается быстрый доступ к ним при их приеме. Данные каналов *MSC* и *КБИ* объединяются вместе с синхросигналами от синхрогенератора на входе модулятора в общий цифровой поток.
- ▶ Модулированные сигналы с выхода модулятора *М* поступают в блок мощности БМ передатчика, а с его выхода — в антенну *А*.

Цифровое радиовещание стандарта DRM

- ▶ Многофункциональная система цифрового радиовещания DRM (Digital Radio Mondiale, дословно — *всемирное цифровое радио*) предназначена для применения в распределенных для радиовещательных служб диапазонах частот, не превышающих 30 МГц.
- ▶ Система разработана с возможностью работы в каналах с шириной полосы кратной 4,5 кГц (половина 9 кГц) или 5 кГц (половина 10 кГц), т. е. в радиоканалах, выделенных для аналогового радиовещания. При этом предполагается использование существующего парка АМ передатчиков и антенн на радиовещательных станциях.
- ▶ Система позволяет реализовать стереофоническое радиовещание с качеством звуковоспроизведения, характерным для МВ ЧМ вещания и намного более высоким, чем при АМ радиовещании.

Цифровое радиовещание стандарта DAB

- ▶ Стандарт разработан для наземного (DAB-T), спутникового (DAB-S) и комбинированного вариантов.
- ▶ Наземный вариант рекомендован для использования в диапазонах метровых волн (полосы частот 174... 230 МГц и 230... 240 МГц), спутниковый — дециметровых радиоволн — 1456... 1492 МГц. Во всех вариантах ЦРВ ведется в радиоканалах шириной 1,536 МГц.



- ▶ Режим 1 наиболее подходит для организации одночастотных сетей наземного ЦРВ
- ▶ Режим 2 рекомендован для наземных сетей ЦРВ с одним передатчиком.
- ▶ Режим 3 рекомендован для организации на земного ЦРВ, функционирующего в зоне обслуживания спутникового сегмента ЦРВ стандарта DAB-S
- ▶ Режим 4 предназначен для использования в одночастотных сетях радиовещания, организованных в диапазоне L (1456... 1492 МГц). Он обеспечивает большее разнесение передатчиков, чем режим 3.

Характеристики режимов передачи стандарта DAB-T

Характеристика	Режим			
	1	2	3	4
Число несущих	1536	384	192	768
Шаг между несущими, кГц	1	4	8	2
Длительность COFDM-символа, мкс	1250	312,5	156,25	625
Длительность интервала БПФ, $T_{\text{БПФ}}$, мкс	1000	250	125	500
Длительность защитного интервала, $T_{\text{ЗИ}}$, мкс	250	62,5	31,25	125
Частота следования COFDM-символов, кГц	0,8	3,2	6,4	1,6
Число битов в COFDM-символе	3072	768	384	1600
Расстояние между передатчиками сети, км	75	18,8	9,4	48
Длительность кадра, мс	96	24	76	48

Спутниковое цифровое радиовещание

- ▶ Его организация возможна в стандарте DAB-S в L-диапазоне в полосе частот 1456... .. 1492 МГц с применением ненаправленных антенн
- ▶ Во втором варианте сигналы ЦРВ, как правило, передают в общем потоке с сигналами спутникового телевизионного вещания. Вещание в стандарте DAB-S совместимо с наземным вещанием стандарта DAB-T.
- ▶ Низкая надежность приема при отсутствии видимости спутника и затенении в городских условиях, на пересеченной и лесистой местности, а также при расположении радиоприемника в высоких широтах не обеспечивают высокого качества радиоприема на подвижных объектах.
- ▶ Поэтому может оказаться экономически неэффективным решение обеспечить высокое качество услуги ЦРВ непосредственно в спутниковой системе.
- ▶ Надлежащее качество услуги в полной мере возможно лишь в рамках комбинированной (наземно-спутниковой) системы ЦРВ.

Спасибо за внимание