

С. Л. Мишенков  
О. Б. Попов

# ЭЛЕКТРОАКУСТИКА И ЗВУКОВОЕ ВЕЩАНИЕ

*Рекомендовано УМО по образованию в области  
телекоммуникаций в качестве учебного пособия  
для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по специальности 210405 –  
«Радиосвязь, радиовещание и телевидение».*

Москва  
Горячая линия – Телеком  
2011

УДК 621.396.7

ББК 32.884.8

М71

Рецензенты: доктор техн. наук, профессор *В. Н. Безруков*; доктор техн. наук, профессор *А. А. Волков*

**Мишенков С. Л., Попов О. Б.**

**М71** Электроакустика и звуковое вещание: конспект лекций. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 156 с., ил. ISBN 978-5-9912-0161-2.

Звуковое вещание было и будет востребованным в общем ряду с большим количеством альтернативных источников информации. Обработка «сопровождает» звуковой вещательный сигнал (ЗВС) от пульта звукоорежиссера до абонентского приемника и при аналоговой, и при цифровой передаче. Цель обработки заключается в согласовании свойств сигнала, как с особенностями слухового восприятия в помещении прослушивания, так и с возможностями канала передачи. В книге рассмотрены основные характеристики сигналов и каналов звукового вещания; базовые процедуры, используемые при цифровой обработке ЗВС; способы представления и основные алгоритмы обработки сигнала в канале звукового вещания, включая анализ искажений сигнала на всех этапах его передачи – при первичном цифровом преобразовании и компактном представлении, в процессе ручного регулирования уровня и аудиопроцессорной обработки. Особое внимание уделено алгоритмам обработки ЗВС, а также проблемам объективной оценки качества вещательного сигнала в системах, не нормируемых в рамках современного метрологического обеспечения и не отраженных в известных нам учебных изданиях.

Для студентов, обучающихся по специальностям 201100 – «Радиосвязь, радиовещание и телевидение» и 201200 – «Средства связи с подвижными объектами», будет полезно соискателям магистерской степени по системам телекоммуникаций, а также специалистам эксплуатационных служб радиосвязи, радиовещания и телевидения.

*Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU*

Учебное издание

**Мишенков Сергей Львович, Попов Олег Борисович**

**Электроакустика и звуковое вещание: конспект лекций**  
Учебное пособие

Редактор Ю. Н. Чернышов  
Компьютерная верстка Ю. Н. Чернышова  
Обложка художника В. Г. Ситникова

Подписано в печать 20.08.2010. Печать офсетная. Формат 60×88/16. Уч. изд. л. 9,75. Тираж 500 экз.

ISBN 978-5-9912-0161-2

© С. Л. Мишенков, О. Б. Попов, 2011

© Оформление издательства  
Горячая линия–Телеком, 2011

# Введение

Звуковое вещание (ЗВ) и телевидение (ТВ) стали неотъемлемой частью жизни общества, важным средством политического, эстетического и нравственного воздействия на население.

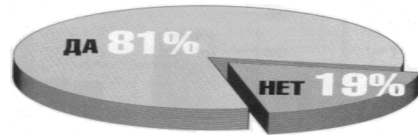
Одним из главных преимуществ ЗВ является первичность слухового восприятия перед визуальным как средства доставки смысловой информации. Просмотр ТВ передач предполагает прекращение всякой полезной деятельности, в отличие от ЗВ, при прослушивании программ которого возможно продолжение работы. В ряде случаев такое прослушивание просто необходимо, например передачи для водителей знакомят их с дорожной обстановкой и помогают не заснуть. Специально подобранные музыкальные программы позволяют увеличить производительность труда на конвейере на 5...7 %, удои коров на 20 %, яйценоскость кур на 10...15 %, урожайность зерновых на 30 %.

Еще в древней Греции отмечали благотворное влияние музыки на организм человека. Комплексное воздействие гармонического ряда частот является катализатором для выработки ряда необходимых организму гормонов. На основе звуковых вибраций работает популярный медицинский прибор «Витафон». Мурлыканье кошек не только является мощным стимулятором жизнедеятельности для самого животного, но и благотворно воздействует на человека.

Так называемая «плотная», физиологическая музыка (металл, рок и т.д.) действует угнетающе, но способствует выработке организмом человека эндоморфинов (внутренних наркотиков). Все дальнейшее — как при приеме обычных наркотиков: привыкание, необходимость увеличения громкости и дозы. При прослушивании такой музыки 4–5 месяцев через головные телефоны происходит необратимое снижение слуха в области высоких частот, а через 3 месяца — снижение коэффициента умственного развития IQ на 20–30 пунктов (при среднем их количестве 130–140).

Возможности РВ в деле формирования единомыслия были по достоинству оценены В.И. Лениным, писавшим, что вся страна должна слушать газету и декреты, читаемые в Москве. Рупор, непрерывно воспроизводящий звуковой сигнал, стал неотъемлемой частью пейзажа любой деревни, а так как большая часть современного населения городов — горожане первых поколений, то потребность в непрерыв-

Рис. В.1. «Слушаете ли вы радио?»  
Данные опроса 1500 респондентов из 65 городов России, проведенного в марте 1999 г. [1]



ном прослушивании, при максимальной громкости, радиопрограмм у многих заложена генетически и, по-видимому, необходима для функционирования организма.

Большая часть вопросов, которые могут возникнуть у студентов при изучении курса радиовещания, подробно рассмотрена в учебниках и пособиях преподавателей кафедры: В.В. Фурдуева, И.Е. Горона, М.А. Сапожкова, В.А. Нюренберга, Н.Т. Молодой, Л.З. Папернова, М.В. Гитлица, А.П. Ефимов, С.Л. Мишенкова, О.В. Попова, в которых кратко и доходчиво изложены основные понятия курса. Некоторые вопросы, тщательность изложения которых в литературе вызывает затруднения при изучении, в силу недостатка времени у обучающихся будут кратко изложены в электронном конспекте лекций.

Под вещанием подразумевается циркулярная передача необходимой обществу информации неограниченному количеству территориально рассредоточенных пользователей. Исторически термин «звуковое вещание» часто подменяется бытовым термином «радиовещание», хотя доставка программ слушателю происходит по радио- и проводным (кабельным) каналам.

**Радиоаудитория России.** Радиовещание по-прежнему, несмотря на популярность телевидения, остается основным источником информации для миллионов людей, ежедневно включающих свои радиоприемники.

Российское радиовещание, отметившее свой 75-летний юбилей, переходит на современные цифровые технологии производства.

В стране сосуществуют общероссийское, региональное и местное вещание с государственными, муниципальными и частными формами собственности. Однако объединяет всех российских радиовещателей то, что подавляющее большинство из них не являются владельцами радиопередающих средств с соответствующими вещательными частотами, а арендуют их. Радиовещание в России регулярно слушает более 80 % населения нашей страны (рис. В.1).

Радиовещание в стране ведется в диапазонах километровых, гектометровых, дециметровых и метровых волн (длинных, средних, коротких, ультракоротких) и через сети одно- и трехпрограммного проводного звукового вещания. Передачи эфирного радиовещания ведутся более чем через 2200 вещательных передатчиков по всей России.

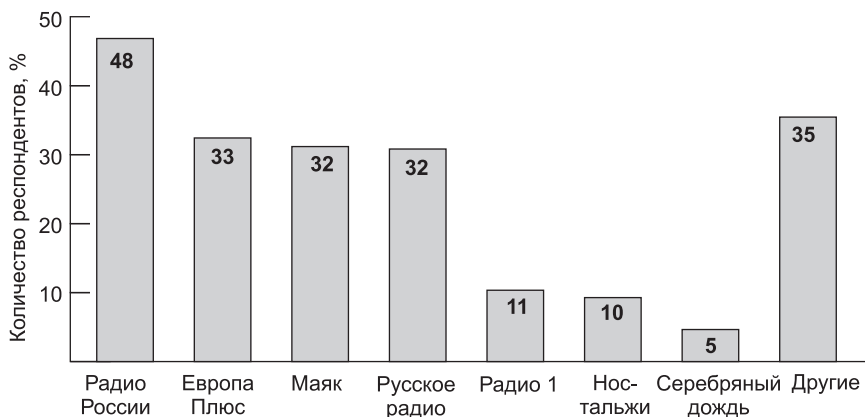


Рис. В.2. Охват аудитории общероссийскими радиостанциями

Суммарный охват населения радиовещанием приближается к 100 % (рис. В.2).

Сеть проводного вещания охватывает до 90 % городского населения страны, и, по прежнему, влияние программ проводного вещания на слушательскую аудиторию очень велико.

Но для сельской и малонаселенной местности основными каналами охвата населения радиопрограммами является уже не проводное, а эфирное радиовещание в диапазонах длинных, средних и метровых волн. В городах также есть причины для снижения роли проводного вещания как основного канала. С появлением коммерческого радиовещания в крупных российских городах большую популярность приобрели частоты верхней части метрового диапазона волн, выделенные для вещания 88...108 МГц (или, в обиходе, ФМ) (рис. В.3).

Во всех крупных городах нашей страны практически исчерпан имеющийся частотный ресурс для развития этого вида радиовещания. Основные пути увеличения числа распределяемых программ радиовещания — увеличение числа диапазонов для звукового вещания и применение новых видов модуляции. Необходимы:

- демилитаризация частотного спектра (в этом направлении организациями, отвечающими в России за распределение и использование частотного спектра, ведется работа по снижению ограничений на использование частот для телевизионного и звукового радиовещания);
- переход к европейской системе T-DAB многопрограммного цифрового радиовещания, для чего в Российской Федерации выделен диапазон 215...240 МГц, и к цифровому радиовещанию DRM в диапазонах ниже 30 МГц.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	5
<b>Глава 1. СИГНАЛЫ ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ И ИХ ВОСПРИЯТИЕ .....</b>	<b>9</b>
1.1. Звуковое поле .....	9
1.2. Основные свойства слуха .....	13
1.3. Особенности восприятия звуковых сигналов .....	18
1.4. Звуковой вещательный сигнал: описание и основные свойства .....	22
1.5. Особенности звукового сигнала .....	26
<b>Глава 2. ЭЛЕКТРОАКУСТИКА .....</b>	<b>30</b>
2.1. Электроакустические преобразователи .....	30
2.2. Вещательные микрофоны .....	35
2.3. Воспроизведение звука .....	40
2.4. Акустика студий .....	45
2.4.1. Звуковые волны в помещении .....	46
2.4.2. Оценка акустического качества помещений .....	47
2.5. Системы озвучения и звукоусиления .....	50
<b>Глава 3. КАНАЛ ПЕРЕДАЧИ ЗВУКОВЫХ ВЕЩАТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ .....</b>	<b>56</b>
3.1. Организация звукового вещания в России .....	56
3.1.1. Особенности российского радиовещания .....	56
3.1.2. Структурная схема канала вещания .....	58
3.2. Требования к качеству передачи сигналов вещания .....	60
3.3. Измеритель пикового уровня .....	62
3.4. Обработка сигнала в канале звукового вещания .....	65
3.5. Влияние работы АРУР на свойства звуковых сигналов ..	70
3.6. Системы шумоподавления .....	73
3.7. Магнитная запись сигнала звукового вещания .....	78
3.8. Цифровое представление сигналов вещания .....	88
3.9. Способы компактного представления СЗВ .....	94
3.10. Изменение частоты дискретизации в системах передачи ..	98
3.11. Качество передачи СЗВ по цифровому тракту .....	102
3.12. Тракты первичного распределения программ ТПРП .....	107

3.13. Сети радиовещания .....	112
3.14. Проводное вещание .....	118
3.15. Системы стереовещания в диапазоне метровых волн .....	123
3.16. Цифровое радиовещание .....	127
<b>Глава 4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ ЗВС .....</b>	<b>132</b>
4.1. Оценка качества передачи ЗВС в современных каналах ..	132
4.2. Экология радиовещания .....	137
Литература .....	143
Приложения .....	146
1. Парк приемных устройств звукового вещания России ..	146
2. Работа звукорежиссера .....	148
3. Работа автостабилизатора .....	149
4. Уменьшение С-искажений с помощью АРУР .....	150
5. Улучшение соотношения речь-музыка .....	151
6. Типичные характеристики направленности микрофонов	153
7. Настройка магнитофона .....	153