

М. А. Быховский, В. Г. Дотолев,
А. В. Лашкевич, В. И. Носов,
С. Г. Рихтер, Г. И. Сорокин, С. С. Тарасов

ОСНОВЫ ЧАСТОТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

Под редакцией профессора М. А. Быховского

Рекомендовано УМО по образованию в области инфокоммуникационных технологий и систем связи в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 и 11.04.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи квалификации (степени) «бакалавр» и «магистр»

**Москва
Горячая линия – Телеком
2015**

УДК 621.397.743: 621.391.8(075.8)

ББК 32.841

О-75

Рецензенты: доктор техн. наук, ген. директор ООО «ГТРС» *А. Н. Иванчин*,
доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой теоретических основ радио-
техники СибГУТИ *А. А. Спектор*

Авторы: М. А. Быховский, В. Г. Дотолев, А. В. Лашкевич, В. И. Носов,
С. Г. Рихтер, Г. И. Сорокин, С. С. Тарасов

О-75 Основы частотного планирования сетей телевизионного вещания.
Учебное пособие для вузов / М. А. Быховский, В. Г. Дотолев,
А. В. Лашкевич и др.; Под ред. профессора М. А. Быховского.
– М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 308 с: ил.

ISBN 978-5-9912-0441-5.

Систематизированы сведения в области построения и методов частотного планирования современных систем цифрового наземного телевизионного вещания (ЦНТВ) стандартов DVB-T, DVB-T2 и DVB-H. Кратко рассмотрены принципы передачи сигналов в наземных системах цифрового телевидения стандартов DVB, в том числе методы модуляции и помехоустойчивого кодирования, вопросы синхронизации. Дано описание методов кодирования источников видео- и аудиосигналов. Описаны процедуры формирования кадра данных, рассмотрены вопросы мультиплексирования цифровых потоков и их транспортировки по каналам связи. Приведены параметры передающих и приемных устройств и антенн в системах ЦНТВ, а также требования к качеству приема сигналов. Изложены методы частотного планирования многочастотных и перспективных одночастотных сетей ЦНТВ. Рассмотрены вопросы эффективности использования радиочастотного спектра в многочастотных и одночастотных сетях ЦНТВ. Приведено описание пакета программ для частотного планирования сетей цифрового вещания, разработанного специалистами НИИР, учебная версия которого может использоваться студентами при выполнении курсовых и дипломных работ.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» квалификации (степени) «бакалавр» и квалификации (степени) «магистр», будет полезна аспирантам и специалистам.

ББК 32.841

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

ISBN 978-5-9912-0441-5

© Коллектив авторов, 2015

© Издательство «Горячая линия – Телеком», 2015

Предисловие

Книга «Основы частотного планирования сетей телевизионного вещания» посвящена вопросам построения современных систем наземного цифрового телевизионного вещания (НЦТВ) стандартов DVB-T, DVB-T2 и DVB-H, получивших широкое распространение во многих странах, в том числе и в России, а также методам частотного планирования этих систем.

Она написана как учебное пособие для вузов, в которых готовятся специалисты в области телекоммуникаций, и будет полезна студентам, бакалаврам и магистрантам, изучающим вопросы построения, проектирования и эксплуатации телекоммуникационных систем. Книга представляет интерес также для специалистов, работающих в организациях, проектирующих сети НЦТВ.

Во введении приводятся сведения по истории развития ТВ вещания, начиная с самых ранних систем механического телевидения. Далее излагается история создания систем электронного ТВ, систем цветного ТВ и, наконец, рассказывается о современном этапе развития ТВ — внедрении систем цифрового телевидения. Приводятся соображения о развитии телевидения в будущем.

Первые три главы являются вводными к основной теме книги, посвященной частотному планированию сетей НЦТВ, и помещены в нее для удобства читателей, которые могут почерпнуть из них основные сведения об основных европейских стандартах цифрового телевидения. Изложенный в них материал более обстоятельно излагается в ряде монографий и учебных пособий, в том числе и в книгах, выпущенных в последние годы издательством «Горячая линия — Телеком»: Мамчев Г.В. «Теория и практика наземного цифрового телевизионного вещания», Мамчев Г.В. «Цифровое телевизионное вещание», Безруков В.Н., Балобанов В.Г. «Системы цифрового вещательного и прикладного телевидения».

В первых двух главах рассмотрены основные принципы передачи сигналов в наземных системах цифрового телевидения стандартов DVB, в том числе особенности используемых в них методов модуляции, помехоустойчивого кодирования, дано описание процедуры перемежения, преобразующей пакеты ошибочно принятых символов в поток независимых ошибок. Эти методы позволяют обеспечить

высокую помехоустойчивость приема сигналов в многолучевых каналах связи.

Третья глава посвящена достаточно подробному обзору стандартов DVB-T2 и DVB-H. В ней, в частности, рассмотрено применение в стандарте DVB-T2 «повернутого» созвездия при передаче сигналов на отдельных поднесущих в системе OFDM, а также режима MISO (Multiple Input, Single Output). Применение этих методов позволяет существенно повысить помехоустойчивость приема сигналов в условиях замираний за счет использования частотного и пространственного разнесения передаваемых сигналов.

Непосредственно вопросам частотного планирования сетей НЦТВ посвящены три последние главы. В четвертой главе даются технические основы частотного планирования сетей цифрового вещания. В этой главе приведены параметры передающих и приемных устройств и антенн в системах НЦТВ, а также требования к качеству приема сигналов (минимальные напряженности поля на границе зоны обслуживания и защитные отношения в заданных процентах времени). Эти данные являются исходными при частотном планировании сетей НЦТВ, а также при анализе электромагнитной совместимости (ЭМС) сетей НЦТВ с другими радиосистемами, работающими в одном и том же или в соседних частотных каналах.

Пятая глава посвящена методам частотного планирования многочастотных и одночастотных сетей НЦТВ. Определение медианных уровней полезных сигналов и помех в этих сетях основаны на Рекомендациях МСЭ-R P.1546-5 и P.1812-3, в которых излагаются методы расчета, специально предназначенные для решения задач, связанных с проектированием систем НЦТВ. При расчетах уровней полезных сигналов и помех в определенном проценте времени учитывается, что флуктуации их уровней на входе приемных устройств подчиняются логнормальному закону.

В сетях НЦТВ в место приема обычно приходят несколько помех от передатчиков других станций, работающих в том же частотном канале, в котором принимается полезный сигнал. В данной книге для определения распределения вероятности суммарной помехи используется метод, предложенный американским исследователем Фентоном, который показал, что такое распределение может быть с высокой точностью аппроксимировано логнормальным распределением. Фентон дал простой рецепт нахождения параметров аппроксимирующего распределения, который изложен в Приложении 1.

В этой же главе излагаются методы частотного планирования как обычных многочастотных сетей (МЧС) НЦТВ, в которых в каждой зоне обслуживания имеется один мощный передатчик, так и од-

ночастотных сетей (ОЧС), создание которых стало возможным при использовании ТВ систем, основанных на стандартах серии DVB. В одночастотных сетях в каждой зоне обслуживания на одной и той же частоте работают несколько передатчиков сравнительно небольшой мощности. Рассмотрены вопросы эффективности использования радиочастотного спектра (РЧС) в многочастотных и одночастотных сетях НЦТВ. Помещенные в книгу материалы, относящиеся к частотному планированию ОЧС, являются оригинальными.

В пятой главе излагается также метод частотного планирования сетей НЦТВ, разработанный специалистами СибГУТИ, который позволяет добавлять в уже сложившуюся сеть новые передающие станции, не нарушая условий электромагнитной совместимости этой сети с новыми станциями.

В шестой главе описан пакет программ для частотного планирования сетей цифрового вещания, разработанной специалистами Научно-исследовательского института радио (НИИР) и изложены процедуры применения этого пакета для решения практических задач. Данный пакет программ может использоваться в проектных организациях и в государственных частотных органах, осуществляющих выделение частотных каналов для работы вещательных станций. Демонстрационная версия этого пакета программ размещена на сайтах НИИР (<http://www.rakurs.niir.ru/>) и кафедры СиСРТ МТУСИ (<http://sisrt-mtuci.ru/televidenie/chastotnoe-planirovanie/>). Этот пакет может быть использован студентами для выполнения курсовых и дипломных работ.

Учебное пособие создано путем обобщения обширного количества публикаций. В каждой главе даны ссылки на все использованные при ее написании источники. Каждая глава завершается контрольными вопросами, позволяющими закрепить усвоение изложенного в ней материала.

Книга создана авторским коллективом. Предисловие и Введение написаны проф. М.А. Быховским (МТУСИ), им же выполнено научное редактирование книги. Главы 1 и 2 написаны проф. С.Г. Рихтером (МТУСИ), глава 3 — доцентом Г.И. Сорокиным (МТУСИ), главы 4 и 5 написаны совместно М.А. Быховским и проф. В.И. Носовым (СибГУТИ), глава 6 — В.Г. Дотолевым и А.В. Лашкевичем (НИИР) и доцентом С.С. Тарасовым (МТУСИ).

Авторы признательны зав. редакцией издательства Александру Ефимовичу Пескину за тщательную подготовку текста книги к изданию.