МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

	«Допущен к защите» Заведующий кафедрой	
	(Ф.И.О., ученая степень, звание) « »	20
•	(подпись)	
	дипломный проект	
На тему: <u>Особ</u> е	инвети внедрения стандарта DVB-H для города Алматы	
	58071900 - Радиотехника, Дектроника и мелскамлиникации	*
	· ·	
овнолнил (а)	Кобдабаев А.Б. МРТ-10-02 Фамилия и инициалы) группа	
Іаучный руково д	итель Артнохин В.В. К.Ти., 904. (Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)	
Сонсультанты:	(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)	
о экономической	части:	
Badur A.		
(Фамили	я и инипиалы ученая степень звание)	
·	(подпись) « <u>27 » мая</u> 20/4г.	,
у к итэонасности	кизнеледтельности:	
Санатова	TN. C. K. M. H. goyenm	
(Фамилия	П. С. К. м. н. доцент и унициалы, ученая степень, звание) ———————————————————————————————————	
	<u>////////////////////////////////////</u>	
о применению вь	ічислительной техники:	
	у Д. Н., доцень; звание)	
🤳 (Фамилия	и инициалы, ученая степень, звание)	
-My	и инициалы, ученая степень, звание) (подпись) 20/9г.	
	(подпись)	
(Фамилия	и инициалы, ученая степень, звание)	
***************************************	«	
ADMANIANTED A TABLE	(подпись) Manobenno W. B. lm umenecustrateur	
ормоконтролер: _	(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)	
	Money « 5 » WHOTHE 2014	ŕ.
	(подпись)	
ецензент:	Кудасова Н.Н. гл. менеднер департамента моделнизация	
enensen1/	de la companya de la	
ецензент.	удасова Н.Н. 11. менеднер департамента моделнизация (Фамилия и инициалы, ученая степень, звание) Усубу « 5 » июня 2014	n

Алматы 2014 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Φ акультет PTC
Специальность РЭТ - 58071900
Кафедра РТ
ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта
Студент Кобдабаев Айбар Буматовит (фамилия, имя, отчество)
Тема проекта Особенности внедления (тандарта DVB-H для города Алматы
утверждена приказом ректора № 115 от «24 » сентября 20/3 г. Срок сдачи законченной работы «30» 20/4 г. Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта 1) ремеф города Алмами; 2) зона покрытия; Р≈ 20 км 3) необходимне требования к параметру С/N по рекомендации ЕТБІ СМ = 18 дБ для 16 для при скорости кода 2/3, скорости МРЕ-FEC 2/3
Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или раткое содержание дипломного проекта: 1) особенности любильного приема; 2) растем возмонной зони покрыти»;
5) пастем минимальной напрященности паля, с учетом требования в СЛИ;
) пастем необходимов зарорентивно-измутаемой мощности передатика с учетом необходимой зоны обстинивания:
растем биологитской опасной зоны антенны;
) Мекника-Эконолическое обоснование.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей
1) Карта распространения стандартов инферового телевидения в лире;
2) Donnepobeniú egbus no racmome;
3) Kagp MPE-FEC;
4) Manuscraucure;
5) Mapanemp detta-t;
б) Гастетине направления;
7) Карта города Алматы с распалонием телестанции и приемышков.
8) Tapamemph cemu DVB-H;
9) Mononorua cemu DVB-H;
10) Jacmumenshhhu nokpob.
M) Параметры станции;
R) Hamponka Bragky "Cumesus";
13) Зона покунтир передатика, пасположенного на телебаните "Коктове".
4) Профили рельефов в растемних направлениях;
15) Диаграмма направленности антенны
Рекомендуемая основная литература
1) Рекомендация МСЭ-К. 1546-3. Критерии планирования для услуг назельного инфрового
WEYSOUGEHUS D guanasotay OBY/YBY
2) Jekanengayus McJ-R BT-1368-8. Krumenus naanunobarus Ans youn nazemboro
yuoprobozo menebuserun b guarazahar OB4/YB4
3) Tecrof C.H., Kamarob W.A., Kantamur C.W. Peranenganun no Buegpennio DVB эфарного
Bemanus Lemeloe Maganpobarus // "Tene-Chymnux" N=8, 2007.
4) Trumesely A Cucmeria Benjamus DVB-H // There-Chymnik No. 5, 2006.
5) Локишн М.Г., Шур А.А., Кокорев А.В., Красношеков В.А. Сети телевизионного и звухового
084 4M Benjama: Chpabothuk - M: Pagno u chozo, 1988.
V

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Безопасность інизнеделтель-	lanamoba II.C.	01.04 - 23.05.14	alexes-
Hocmy		, a second	0
Jeononus racos	Basur A.A.	12-05 -27.05.14	pajece
Hopwormpens	Manaserero U.B	5.06. RAY	for
Применение вышеня. Терниц	Kyruko & A.S.	5.06.2014	lipens
,			

ГРАФИК подготовки дипломного проекта

№	Наименование разделов, перечень	Сроки	Примечание
п/п	разрабатываемых вопросов	представления руководителю	
1.	Анализ стандартов мобильного телевидения		
2,	Sacreman racmi	01.04 - 11.04	
3.	Пехнико-экономическог обоснование	18.04 - 22.04	
4	Безопасность низнеделменьности	12.05 - 15.05	
	V V		
	· ·		
			. '
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			·
		L	L.,

Дата выдачи задания	«24» cee	<u>uel 20 B</u> r.
Заведующий кафедрой	Spring	Sprueden BB
	(подпись)	Фамилия и инициалы)
Руководитель	Spm	IpmoduBB
	(подпись)	// (Фамилия и инициалы)
Задание принял к испол	інению	V ~ 0 1 -
студент	(подпись)	Кобдабав А.Б. (Фамилия и инициалы)

Андатпа

Дипломдық жұмыстың тақырыбы – DVB-H стандартың Алматы қаласына енгізу. Дипломдық жұмыс келесі бөлімдерден тұрады: кіріспе және есептік бөлім – бұл бөлімдерде мобильді теледидарлама технологиялары сараптамасы, таратқыш қуаты, қызмет көрсету аймағы және минималды медианды кернеулік деңгейінің есептеулері көрсетілген; өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімінде – электромагниттік толқындардың адам ағзасына әсері, ал экономикалық бөлімінде жобаның өтімділік мерзімі есептелген.

Аннотация

Темой данного дипломного проекта является внедрение сети DVB-H с учетом сложностей возникающих при мобильном приема, а также проблем связанных с рельефом местности города Алматы. Дипломный проект содержит: введение и расчетную часть, в которых проводится анализ существующих технологии мобильного телевидения, приводятся расчеты возможной зоны покрытия для мобильного приема, минимальная напряженость поля и эффективной излучаемой мощности передатчика для необходимой зоны покрытия; раздел затрагивающий вопросы экологии и техники безопасности, в котором рассчитывается влияние электро-магнитных волн, а также раздел экономической части, содержащий расчет срока окупаемости.

Содержание

Введение	11
1 Теоретическая часть	12
1.1 Анализ существующих стандартов эфирного мобильного телевидения	ı 12
1.1.1 T-DMB (Terrestrial Digital Multimedia Broadcast)	13
1.1.2 ISDB-T (Integrated Service Digital Broadcasting).	14
1.1.3 ATSC-M/H	
1.1.4 Media FLO	15
1.2 Стандарт DVB-H. Особенности	15
1.3 Физический уровень DVB-H	17
1.4 Канальный уровень	18
1.5 Особенности мобильного приема	19
1.5.1 Эффект Доплера	
1.5.2 Дополнительная защита MPE от помех (MPE-FEC)	21
1.5.3 MPE и таймслайсинг (time-slice).	22
1.6 Виды абонентского приема	
1.6.1 Фиксированный прием.	
1.6.2 Портативный прием	
1.6.3 Мобильный прием.	25
1.6.4 Параметры сигнала для разных видов приема	
2 Расчетная часть	
2.1 Коэффициент и мощность шума приемника	
2.2 Отношение сигнал/шум и минимальный уровень сигнала на входе	
приемника	28
2.3 Усиление приемной антенны	30
2.3.1 Интегрированная и внешняя антенны портативного приемника	30
2.4 Потери на проникновение в здания и транспортные средства	30
2.5 Минимальная медианная напряженность поля	
2.6 Расчет выходной мощности передатчика и зоны покрытия	36
2.7 Расчет зоны покрытия в программе Radio Mobile	39
3 Бизнес план	47

3.1 Цели проекта
3.2 Компания и отрасль
3.3 Продукция
3.4 Финансовый план
3.4.2 Расчет годовых эксплуатационных расходов
3.4.5 Материальные затраты
3.4.6 Прочие расходы
3.4.7 Расчет доходов предприятия 55
4 Безопасность жизнедеятельности
4.1 Анализ условий труда 57
4.2 Оценка уровня воздействия электромагнитных полей (ЭМП) различных диапазонов частот
4.3 Расчет биологически опасной зоны для диапазона частот 300 – 3000 МГц (для передающих антенн телевещания)
Заключение
Список принятых сокращений
Список литературы
Приложение А
Приложения Б

Введение

Мобильное телевидение — это телевидение, сигнал которого возможно принимать в движении. Примером мобильной телефонной связи служит всем известная сотовая связь. Аналогично и мобильное телевидение разрабатывалась для того, чтобы обеспечить прием телевидения в движении.

Термин «мобильное телевидение» применяется к дополнительным технологиям в рамках цифрового телевидения DVB. Важно понимать, что «мобильное телевидение» - это не какая-то отдельная технология, кардинально отличная от DVB-T.

Сигнал DVB-Т также возможно принимать в движении, однако DVB-Т не обеспечивает 100 % высокой надежности в движении. Поэтому потребовалась разработка дополнений, повышающих эту надежность.

Кроме этого, мобильное телевидение ориентировано на иной рынок услуг. Мобильное телевидение рассчитано на передачу коротких информационных или музыкальных материалов в низкой разрешающей способности, а также на информационно-коммерческие сервисы, включая продажи товаров и услуг.

Мобильное телевидение — это вещание телевизионного сигнала на экраны носимых устройств. Следовательно, сигнал мобильного телевидения должен быть доступен в 100 % мест и 100 % времени на территории, где предоставляется услуга. Это требование налагает дополнительные условия на различные характеристики передаваемого сигнала.

Задачи, которые призван решить стандарт мобильного цифрового телевидения DVB-H следующие:

- экономия заряда батарей мобильных устройств;
- устойчивый мобильный прием в движении (борьба с эффектом Доплера);
- возможность приема при многолучевом распространении сигналов.

Основной целью данного дипломного проекта является выявление основных технических особенностей стандарта DVB-H при внедрении для города Алматы.

1 Теоретическая часть

1.1 Анализ существующих стандартов эфирного мобильного телевидения

На сегодняшний день существует несколько видов форматов вещания, ориентированных на прием мобильными терминалами. Во-первых, это форматы стандарта DVB-H. Во-вторых, MediaFLO, закрытая система разработки компании Qualcomm. В третьих, группа форматов, базирующихся на системе радиовещания DAB. К ней относятся Movio System (бывшая Live Time), разработанная British Telecom, корейские форматы T-DMB и S-DMB, а также европейский профиль формата T-DMB. Кроме этого, существует японский стандарт эфирного вещания ISDB-T, по своей гибкости пригодный для любых видов эфирного вещания на любые терминалы.

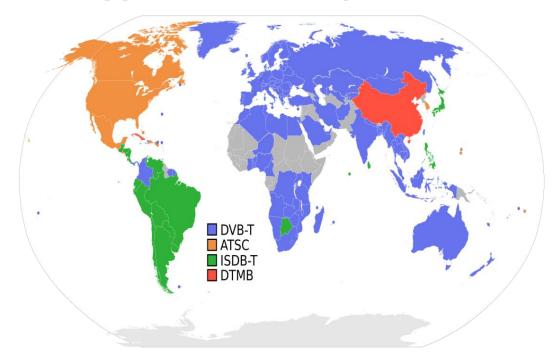


Рисунок 1.1 – Карта распространения стандартов цифрового телевидения в мире

Основными стандартами эфирного мобильного телевидения являются:

- ATSC M/H;
- T-DMB (AT-DMB);
- ISDB-T;
- MediaFLO;
- DVB-H.

1.1.1 T-DMB (Terrestrial Digital Multimedia Broadcast).

T-DMB (Terrestrial Digital Mulitmedia Broadcast), является усовершенствованной системой T-DAB, которая обеспечивает мультимедийные услуги, включая видео-, аудиоуслуги и интерактивные услуги передачи данных для портативных приемников в среде подвижной связи.

Система AT-DMB является усовершенствованной системой T-DMB, которая увеличивает пропускную способность канала системы T-DMB и полностью совместима с прежними версиями системы T-DMB.Система AT-DMB является усовершенствованной системой T-DMB, которая увеличивает пропускную способность канала системы T-DMB и полностью совместима с прежними версиями системы T-DMB.

Т-DMB обеспечивает мультимедийные услуги, включая видео, аудио и интерактивные данные. Для аудиоуслуг в системе используется ISO/IEC 11172-3, 13818-3 и 23003-1 для MPEG-1/MPEG-2 Audio Layer II, определенного в системе A DSB, MPEG-4 ER-BSAC или MPEG-4 HE AAC v2 + MPEG Surround. Для видеоуслуг используется стандарт МСЭ-Т H.264 | MPEG-4 AVC, MPEG-4 ER-BSAC или MPEG 4 HE AAC v2 + MPEG Surround для звукового сопровождения и MPEG-4 BIFS и MPEG 4 SL для интерактивных данных. Для обеспечения стабильных характеристик приема видеосигналов применяется внешний канал кодирования кодом Рида-Соломона.

АТ-DMB является усовершенствованной системой, обеспечивающей совместимость с предыдущими версиями T-DMB, в которой увеличена емкость канала T-DMB с помощью применения механизма иерархической модуляции. Поэтому основные параметры АТ-DMB, такие как пропускная способность канала, число несущих, длительность символа, длительность защитного интервала и т. д., совпадают с параметрами T-DMB.

АТ-DMB предоставляет масштабируемую видеоуслугу, а также все виды услуг Т-DMB. Масштабируемая видеоуслуга в полной мере гарантирует совместимость с предыдущими версиями видеоуслуг Т-DMB. Данная система может предоставлять видеоуслугу с качеством VGA на приемники АТ-DMB, видеоуслугу с качеством QVGA на приемники Т-DMB. Для аудиосигналов масштабируемой видеоуслуги в системе используется ISO/IEC 23003-1 для MPEG-4 ER-BSAC или MPEG-4 HE AAC v2 + MPEG Surround. Для видеосигналов масштабируемой видеоуслуги в системе используется базовый профиль Рекомендации МСЭ-Т H.264 | ISO/IEC 14496-10, Поправка 3 для MPEG-4 SVC.

Текущее состояние услуг T-DMB и характеристики усовершенствованной системы T-DMB включены в Отчет МСЭ-R BT.2049. В 2005 году спецификация T-DMB была стандартизована ETSI. В спецификациях ETSI TS 102 427 и ETSI TS 102 428 описывается механизм защиты от ошибок и A/B кодек системы T-DMB соответственно. На рынке предлагаются различные приемники: для ПК (лэптоп), для автомобиля и для PDA, а также для мобильных телефонов. В 2009 году спецификация AT-DMB была стандартизована TTA. В спецификации TTAK.KO-07.0070/R1 приводится описание иерархической схемы модуляции,

кода с исправлением ошибок и т. д. В спецификации ТТАК.КО 07.0071 описывается механизм передачи для масштабируемой видеоуслуги [1].

1.1.2 ISDB-T (Integrated Service Digital Broadcasting).

ISDB-T, обеспечивает возможности иерархической передачи. Это позволяет осуществлять распределение сигналов для приема на подвижные средства, который требует большей устойчивости, в том же канале, что и в канале, предназначенном для приема на стационарные средства. Ключевым методом для реализации этих возможностей является использование "сегментов OFDM", т. е. блока несущих OFDM, соответствующего 1/13 канала.

В ISDB-Т параметры передачи режима модуляции несущих OFDM, скорости кодирования внутреннего кода с исправлением ошибок и длительность временных отрезков при временном перемежении могут определяться независимо для каждого сегмента. Один или несколько сегментов образуют группу сегментов, до трех на каждый канал. Группа сегментов — это базовый блок для доставки радиовещательных услуг, следовательно, параметры передачи сегментов являются общими в пределах группы.

Центральный сегмент является специальным сегментом, пригодным для создания группы сегментов, состоящей из единственного сегмента. Если группу сегментов образует только один центральный сегмент, возможен независимый прием этого сегмента. Это называется неполным приемом [1].

1.1.3 ATSC-M/H.

ATSC Mobile DTV, далее называемая системой М/Н, для приема телевидения по стандарту ATSC на мобильные/портативные устройства. Система М/Н предоставляет услуги радиовещания на мобильные устройства, устройства для пешеходов и портативные устройства, используя часть полезной нагрузки ATSC 8-VSB на скорости ~19,39 Мбит/с, в то время как остальная часть все еще доступна для телевизионных услуг НD и/или нескольких SD. Система М/Н является системой с двумя потоками — мультиплексор услуг ATSC для существующих цифровых телевизионных услуг и мультиплексор услуг М/Н для одной или нескольких услуг радиовещания на мобильные устройства, устройства для пешеходов и портативные устройства.

ATSC Mobile DTV, предназначена для того, чтобы дать возможность наземным радиовещательным организациям, используя стандарт ATSC цифрового телевидения, выделить часть своих излучений для обслуживания мобильных и портативных (М/Н) приемников. Этот стандарт разработана в целях обеспечения характеристик, необходимых для обслуживания мобильных и портативных приемников в некоторой части излучений, в то же время не оказывая влияния на предоставление услуг фиксированного цифрового радиовещания по стандарту ATSC в остальной части излучений.

Что касается услуги М/H, ATSC-M/H обеспечивает дополнительную упреждающую коррекцию ошибок и добавленные настроечные сигналы. Эти функциональные особенности предусматривают прием при более низких

отношениях сигнал/шум и гораздо более высоких коэффициентах доплеровских искажений, чем это возможно в случае фиксированной службы связи.

Включение системы ATSC Mobile DTV в состав излучений не влияет на характеристики фиксированной службы ATSC с точки зрения либо покрытия, либо помех, и, таким образом, может быть реализовано на усмотрение отдельной радиовещательной организации без какого-либо изменения распределения каналов или передаваемой мощности станции.

ATSC-M/H использует протокол Интернет (IP) для транспортных и сопутствующих протоколов в верхних уровнях, обеспечивая быстрое взаимодействие с другими мультимедийными системами [1].

1.1.4 Media FLO.

Стандарт FLO, называемая также «линия связи «Земля-ретранслятор» (Forward Link only, FLO), проектируется специально для мобильных приложений, и для беспроводных мультимедийных услуг. Система была разработана для эффективного распределения мультимедийного контента среди большого числа пользователей.

Рациональная компоновка программы на базе FLO видео для QVGA с частотой 25 кадров в секунду со стереозвуком при ширине полосы 8 МГц в рамках одного распределения частоты включает от 25 до 27 видеоканалов потоковой передачи в реальном времени территориально распределенного контента, в том числе ряд видеоканалов потоковой передачи в реальном времени для конкретного контента местного рынка.

Распределение между местным и территориально распределенным контентом гибкое и по желанию может изменяться в течение дня вещания. Кроме территориально распределенного и местного контента в обеспечение услуги может быть включено большое число каналов передачи данных по IP.

1.2 Стандарт DVB-H. Особенности

Дипломный проект предусматривает внедрение DVB-H, так как эта система выглядит наиболее перспективной в плане распространения в Европе и, соответственно, наиболее вероятной для применения в Казахстане. К преимуществам DVB-H перед другими стандартами мобильного телевидения можно отнести:

- гибкость настройки под определенные условия приема;
- соответствие плану распределения частот цифрового телевидения
 Республики Казахстан;
 - применение эффективных методов кодирование;
 - высокая помехоустойчивость (СОГОМ модуляция);
 - поддержка иерархического режима модуляции;

– экономически целесообразность использования на базе существующей сети DVB-T.

Система DVB-H разработана на базе DVB-T, что обеспечивает их частичную совместимость. Она заключается в том, что трансляции DVB-H за исключением одного режима модуляции могут приниматься приемниками DVB-T, и в одном мультиплексированном потоке возможно совмещение трансляций DVB-H и DVB-T.

Таблица 1.1 – Параметры режимов DVB-H

Параметр	Режим 2k	Режим 4k	Режим 8k
Число активных несущих К	1 705	3 409	6 817
Число информационных несущих	1512	3024	6048
Длительность элементарного периода T , ms	7/64	7/64	7/64
Полезная символьная часть T_U , ms	224	448	896
Разнос между несущими $1/T_U$, Гц	4 464	2 232	1 116
Разнос между несущими K_{min} и K_{max} $(K-1)/T_U$, М Γ ц	7,61	7,61	7,61

Поскольку DVB-H является дополнением к DVB-T, следует рассмотреть его особенности на фоне других стандартов DVB. Главным отличием DVB-T от кабельной и спутниковой версий стандарта DVB является использование COFDM (Coded Orthogonal Division Multiplexing) модуляции. При таком способе модуляции применяется частотное мультиплексирование ортогональных несущих в сочетании с помехоустойчивым кодированием.

Использование большого числа несущих позволяет удлинить время передачи каждого символа и выделить период защитного интервала для отстройки от помех многолучевого приема. В зависимости от количества ортогональных несущих в стандарте выделяется два режима 8К (8192 несущих) и 2К (2048 несущих). DVB-T предусматривает возможность использования трех видов модуляции — QPSK, 16 QAM и 64 QAM, четырех вариантов относительной длительности защитного интервала, а также пяти вариантов относительной скорости при наложении сверточного помехозащитного кодирования.

Сочетания этих параметров позволяют гибко выбирать режим в зависимости от радиуса охвата соты, ландшафта и РЧ обстановки. Наличие защитного интервала дает возможность использовать DVB-Т и для передачи на мобильные терминалы, в том числе движущиеся с большой скоростью. Но для передачи ТВ на мобильные телефоны и другие миниатюрные приемники эта система оказалась малопригодной. DVB-Т оптимизирован для передачи стандартных ТВ потоков, в то время как карманные приемники имеют небольшие экраны, позволяющие воспроизвести картинку формата не более чем 1/4 CIF или 1/8 CIF [2].

Кроме того, эти терминалы питаются от слабых аккумуляторных батарей, которые желательно эксплуатировать в максимально экономичном режиме. И, наконец, они имеют слабые приемные антенны и часто должны принимать сигнал в неблагоприятных условиях, в то время как размещение стационарных эфирных антенн может быть оптимизировано. С учетом всех этих обстоятельств для эфирной передачи на карманные мобильные терминалы был разработана специальная система DVB-H (Digital Video Broadcasting-Handheld), по возможности совместимая с DVB-T, но одновременно учитывающая перечисленные особенности приема [2].

1.3 Физический уровень DVB-H

На физическом уровне система DVB-H максимально приближена к DVB-Т. Поэтому укажем только дополнительные возможности появившиеся в DVB-H.

Во первых, к режимам модуляции 2К и 8К был добавлен еще один — 4К. Это дало дополнительную степень свободы в плане обмена максимальной скорости передвижения приемника на радиус охвата одной соты. Чем меньшее количество ортогональных несущих используется при СОFDM модуляции, тем больший частотной интервал образуется между соседними несущими, и, соответственно, тем выше скорость движения терминала, при котором прием срывается из-за Доплеровского смещения частот.

С другой стороны, чем меньше несущих, тем короче период, выделенный для передачи каждого COFDM символа и, соответственно, короче защитный интервал. А сокращение защитного интервала снижает возможности отстройки от многолучевого приема, то есть уменьшает допустимый радиус соты. Для сетей DVB-T, рассчитанных в основном на стационарный прием, значительно более важным фактором является зона охвата. Что же касается сетей DVB-H, то там большую значимость приобретает возможность приема на скорости, а зона охвата в сильной мере ограничивается уровнем сигнала на входе тюнера.

Для возможности выбора компромиссного варианта был добавлен режим модуляции 4К, заполняющий нишу между 2К и 8К. Трансляции в режиме 4К могут приниматься только приемниками DVB-H.

Вторым дополнением на физическом уровне стала возможность более глубокого перемежения данных в режимах 4К и 2К. Канальное кодирование DVB-Т предусматривает перемежение данных внутри одного COFDM символа. Оно в основном предназначено для компенсации селективных замираний несущих при многолучевом приеме. В то же время мобильные терминалы с большей вероятностью могут оказаться в зоне действия широкополосных импульсных помех. И, как уже отмечалось, при приеме на скорости появляется доплеровское смещение частотного спектра, также приводящее к искажениям сигнала. Поэтому в стандартах мобильного вещания на базе COFDM (DAB,

ISDB -T) для борьбы с последствиями длительных помех в цикл канального кодирования введено перемежение длинных серий данных, охватывающее десятки, а то и сотни OFDM символов.

Чем длиннее последовательность данных, участвующих в перемежении, тем эффективнее оказывается борьба с последствиями затуханий. Но для DVBневозможен. Во-первых, восстановление последовательностей потребовало бы непрерывного приема, в то время как для целей энергосбережения в DVB-H реализован описанный ниже импульсный режим передачи. Во-вторых, для его осуществления необходимы большие объемы памяти, удорожающие приемник. И, наконец, это противоречит требованию совместимости с DVB-T. Поэтому было выбрано компромиссное решение. Для режима модуляции 8К, наиболее актуального для DVB-T, в DVB-Н сохранено перемежение битов в рамках одного символа. А в режимах 4К и 2К, где каждый COFDM символ переносит меньшее количество информации, в качестве опции введена возможность временного перемежения, допускаемого объемами выделенной для этих целей памяти. Для 4К перемежение выполняется с глубиной в 2 COFDM символа, а для режима 2К — с глубиной в 4 COFDM символа. При активизации этой опции совместная передача трансляций DVB-H и DVB-T невозможна. Одновременно предусматривается опция дополнительной помехозащиты, реализованная на базе ІР дейтаграмм и компенсировать отсутствие позволяющая сильной мере перемежения. Принцип ее действия изложен позже.

Остальные механизмы внешнего и внутреннего канального кодирования, используемые в DVB-T, без изменения перенесены в DVB-H. Третье дополнение касается транспортной сигнализации (TPS — Transmission Parameter Signalling)-2, в которую добавлены два бита, индицирующие наличие в потоке услуг, передаваемых в формате DVB-H, а также наличие дополнительной кодозащиты, реализуемой на базе IP дейтаграмм. Четвертым дополнением стала возможность использования полосы 5 МГц при условии, что эта она выделяется не в вещательном диапазоне. Она добавлена к полосам 6, 7 и 8 МГц, допускаемых к использованию в DVB-T. Ее планируется применять при развертывании сетей DVB-H в США в L-диапазоне (1,670-1,675 ГГц) [2].

1.4 Канальный уровень

Одно из основных отличий DVB-H от DVB-T заключается в том, что в новой системе вся информация должна передаваться в форме IP дейтаграмм, инкапсулируемых в транспортные пакеты MPEG-2 TS с использованием метода многопротокольной инкапсуляции (MPE Multi-Protocol Encapsulation). Это один из четырех методов инкапсуляции пакетов данных в транспортные пакеты

MPEG-2 TS, определенных DVB, единственно пригодный для передачи потоковых услуг.

IP пакеты инкапсулируется в MPE секции, а те, в свою очередь, — в транспортные пакеты MPEG-2 TS, переносящие элементарные потоки. Каждый IP пакет занимает одну MPE секцию, длина который практически не коррелирована с емкостью пакетов MPEG2-TS. В одном пакете может передаваться множество MPE секций, и, наоборот, одна секция может занимать несколько транспортных пакетов.

Данные, относящиеся к одной услуге, инкапсулируется в транспортные пакеты MPEG-2 с постоянным идентификационным номером PID. Использование такого стека обусловлено тремя причинами.

Во-первых, в системах DVB-H предполагается передавать ТВ потоки, компрессированные не в MPEG-2, а в более эффективных форматах, в первую очередь, в H.264/AVC3, для которых процесс инкапсуляции компрессированных аудио и видео в транспортные пакеты MPEG-2 ТЅ жестко не специфицирован и обычно реализуется как раз через IP/MPE инкапсуляцию. Более того, DVB-H потенциально рассматривается как составная часть гибридной системы доставки мультимедийных услуг (IPDC).

В связи с этим понятие элементарного потока в DVB-H определяется иначе, чем в стандарте MPEG-2. В DVB-H это просто поток, передаваемый в пакетах с одним PID-ом. Снята жесткая корреляция элементарного потока с данными определенного типа. В одном элементарном потоке могут передаваться все данные, относящиеся к определенной ТВ программе или даже к нескольким программам. В последнем случае потоки разных ТВ программ будут передаваться в дейтаграммах с разным мультикастовым IP адресом и заключаться в МРЕ секции с разными МАС адресами. Аналогичным образом могут передаваться и не телевизионные услуги [2].

1.5 Особенности мобильного приема

При развертывании сети DVB-H возникает ряд технических проблем, связанных с особенностью мобильного приема:

- наличие эффекта Доплера;
- очень близкое расположение по частоте к стандартам GSM;
- малое время работы мобильных терминалов от автономных источников питания;
 - сложные условия приема.

Для решение этих проблем используются эффективные методы кодирование, временное квантование (timeslice), оптимальный режим работы передатчика и т. п.

1.5.1 Эффект Доплера.

Одной из самой основной проблемой является наличие эффекта Доплера. Поскольку осуществляется мобильный прием (абонент находится в движении), возникает Доплеровское смещение по частоте. Величина смещения равно пропорционально радиальной скорости перемещения абонента относительно передатчика:

$$\Delta f = f \frac{V}{c} \cdot \cos \varphi \,, \tag{1.1}$$

где V – абсолютная скорость движения приемника;

f – несущая частота источника излучения;

c – скорость света;

 ϕ — угол между направлением движения приемника и направлением на источник излучения.

Возникновение Доплеровского частотного сдвига воспринимается приемником как помеха, приводящая увеличению межнесущей К интерференции (Intercarrier interference – ICI). При больших значениях COFDM межнесущей интерференции демодуляция сигнала становится невозможной. Именно наличие Допплеровского сдвига ПО ограничивает максимальную скорость движения мобильного терминала. Математически доказано, что при появлении Допплеровского смещения F_d, близкого к предельному значению F_{dmax}, требуемое C/N очень резко увеличивается. Для расчета максимально допустимой радиальной скорости перемещения объекта принимается Доплеровская частота F_d = 3dB, при которой требуемое C/N превышает свое минимальное значение на 3 dB (см. рисунок 1.2).

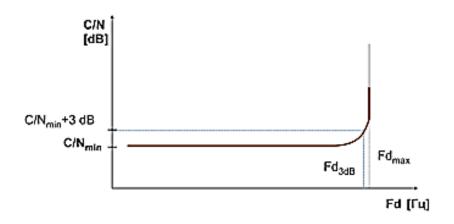


Рисунок 1.2 – Доплеровский сдвиг по частоте

Для борьбы с эффектом Доплера требуется увеличить расстояния между несущими COFDM сигнала. Это достигается путем выбора правильного

режима модуляции. Самым помехоустойчивым режимом модуляции является режим 2k, где разнос между несущими составляет 4 464 Гц [3-4].

1.5.2 Дополнительная защита MPE от помех (MPE-FEC).

MPEG TS предусматриваемый в DVB-T, не предоставляет никаких механизмов по защите данных. Если в модуляторе цифрового передатчика к передаваемому сигналу добавляется избыточная информация, необходимая для восстановления информации (FEC), то в транспортном потоке не происходит ничего подобного, поэтому понижается надежность передачи данных.

Добавление «защитной информации» приводит к увеличению объема трафика. Тем не менее, в случае передачи данных надежность необходима и поэтому стандарт ETSI EN 301192 предусматривает введение специального FEC для данных, передаваемых при мультипротокольной инкапсуляции. Данный метод называется MPE-FEC. Использование MPE-FEC не является обязательным и остается на рассмотрение инженеров оператора связи.

Для MPE-FEC используются коды Рида-Соломона (191, 255), т.е. исходные группы байтов состоят из 191 байта, к ним добавляются 64 байта «защитной информации» и получается 255 байт защищенной информации.

В отличие от канального кодирования DVB в случае MPE-FEC, добавленные «защитные» байты передаются отдельно от защищаемой информации. Таким образом, защищаемая информация остается прежней и к ней добавляется информация, необходимая для восстановления. Такой способ организации информации очень важен, поскольку дает возможность устройству, которое не умеет обрабатывать MPE-FEC, получать информацию, защищенную MPE-FEC — такое устройство будет просто игнорировать дополнительные байты, необходимые для восстановления.

Графически расположение защищаемой информации и кодов восстановления можно представить, как это показано на рисунке 1.3

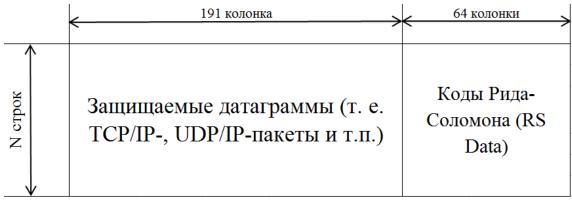


Рисунок 1.2 – Кадр MPE-FEC

1.5.3 MPE и таймслайсинг (time-slice).

Таймслайсинг – это способ передачи цифровых потоков не с равномерной скоростью, а вспышками (bursts), что позволяет экономить источники питания мобильных устройств. Дело в том, что для небольших мобильных устройств, питающихся от батарей, наиболее сложная проблема – сделать так, чтобы батареи работали как можно дольше. Ради того, чтобы оптимизировать передачу цифрового телевидения DVB для таких устройств, была разработана технология таймслайсинга. Описание данной технологии можно найти в стандарте ETSI EN 301192 глава 9.

Общая идея метода следующая: элементарный поток, который несет в себе видео- или аудиоинформацию, передается порциями — вспышками. В течение передачи вспышки мобильное устройство находится в спящем режиме и энергия не тратится.

Для того чтобы понять, почему возможен такой режим передачи, необходимо принять во внимание, что для мобильных устройств изображение передается с низким разрешением, следовательно, общий битрейт транспортного потока MPEG TS низок и для его передачи можно выбирать наиболее помехозащищенные режимы COFDM, например QPSK.

Но даже такой выбор иногда оказывается избыточным, т.е. максимальная скорость, которую позволяет использовать избранный режим модуляции, оказывается больше необходимой. Соответственно, если будет передаваться поток с максимальной возможной скоростью, то периодически будут возникать «простои» в передаче, во время которых приемник можно будет выключить.

Итак, при таймслайсинге поток передается вспышками с максимальной скоростью, которая позволяется режимом модуляции, в остальное время приемник может быть выключен и не тратит электроэнергию батарей.

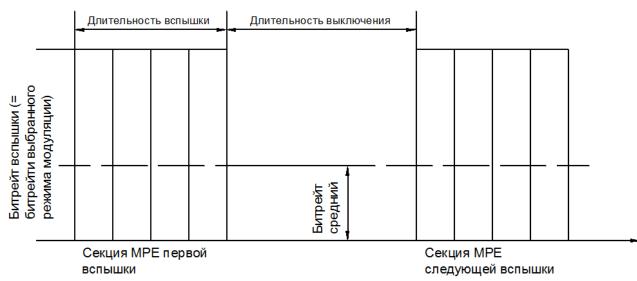


Рисунок 1.3 – Таймслайсинг – вспышки и выключения

Площадь вспышки представляет собой объем информации, переданной в течение вспышки. Длительность вспышки может составлять десятки-сотни миллисекунд, длительность выключения — несколько секунд.

Выбирая для потоков с небольшими скоростями менее экономичные параметры (например 16QAM), можно добиться большей экономии батарей мобильных устройств, поскольку соотношение среднего битрейта и битрейта вспышки будет увеличиваться и, следовательно, будет увеличиватться длительность выключения.

Кроме того, в спящем режиме мобильно устройство способно выполнять функции мониторинга эфира для поиска других ячеек сети мобильного телевидения, сигнал которых может оказаться сильнее по уровню. Эта задача важна при движении мобильного устройства — устройство должно быть способно незаметно для абонента переключаться с приема от одной станции на прием другой станции. В случае если есть таймслайсинг, устройство может переключаться в промежуток между вспышками. При отсутствии таймслайсинга для осуществления такого переключения понадобилось бы мобильное устройство с двумя приемниками.

Мобильное устройство принимает вспышку, во время которой в составе передаваемых данных PSI/SI (служебная информация) присутствует дескриптор, в котором указан параметр delta-t. Этот параметр описывает, через какое время после окончания текущей вспышки начнется новая вспышка (рисунок 1.4). Таким образом, устройство «знает», на какой период оно может выключиться.

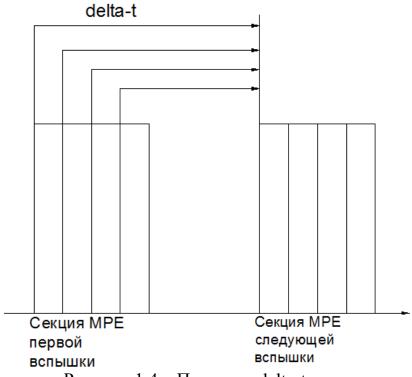


Рисунок 1.4 – Параметр delta-t

Эффективность таймслайсинга составляет около 90-95 %. При этом наибольший вклад вносят параметры передачи, времена синхронизации — наименьший. Джиттер вносит погрешность не более 2 %, т. е. он практически не влияет на эффективность.

1.6 Виды абонентского приема

Основными видами абонентского приема являются:

- фиксированный;
- портативный;
- подвижный.

Фиксированный прием — это прием на наружную стационарную антенну большого размера, портативный прием — это прием на небольшую антенну, которая может располагаться внутри и снаружи помещения и не крепится стационарно (комнатная антенна).

Три типа каналов (Гаусса, Райса и Релея) соответствуют разным типам приема и различным требуемым отношениям сигнал/шум для канала каждой связи DVB.

Для каждого вида приема технический рапорт ETSI TR 101190 устанавливает рекомендуемые уровни напряженности электромагнитного поля, которые можно использовать при расчете зоны приема.

1.6.1 Фиксированный прием.

Фиксированный прием — это прием на неподвижную, стационарную антенну, установленную на уровне крыши дома (высота подвеса антенны примерно 10 м). Во времена использования аналогового телевидения только фиксированный прием на наружную антенну мог обеспечить достаточное качество приема.

В городах фиксированный прием используется нечасто, в основном это прием на коллективную антенну. В сельской же местности наоборот — наиболее распространен именно фиксированный прием.

Канал распространения в случае фиксированного приема — это канал либо Гаусса (при благоприятных условиях) или Райса.

В соответствии с техническим паспортом ETSI TR 101190 хорошим условиям приема соответствует ситуация, когда прием обеспечен в 95 % мест и 95 % времени.

1.6.2 Портативный прием.

Портативный прием — это прием на стационарно установленную малогабаритную антенну: комнатную или наружную. В зависимости от этого портативный прием делится на два класса: А и В.

Класс A – это прием на антенну внутри помощения (indoor), класс B – вне помещения (outdoor). Основное преимущество DVB перед аналоговым телевидением – возможность портативного приема, что позволяет избежать

затрат на размещение громоздкой наружной антенны. Портативный прием может обеспечиваться методами создания одночастотной сети с использованием заполнителей (gap-filter). В аналоговом телевидении портативный прием был возможен только при определенном стечении обстоятельств — в зоне прямой видимости на передающую антенну, отсутствия вблизи антенны движущихся людей и т. п.

Канал распространения в случае портативного приема — это каналы Райса или Релея. Прием в движении (мобильный прием) также относится к портативному приему. В случае мобильного приема канал распространения — канал Релея.

В соответствии с техническим паспортом ETSI TR 101190 хорошим условиям приема отвечает ситуация, когда прием обеспечен в 70 % мест и 95 % времени для внутреннего приема и 95 % мест, 95 % времени для наружного.

1.6.3 Мобильный прием.

Мобильный прием – прием в движении. Мобильный прием осуществляется на малогабаритные устройства, имеющие антенну с малым коэффициентом усиления. Канал распространения в случае мобильного приема это всегда канал Релея.

В свою очередь, мобильный прием подразделяется на два класса:

Класс С — наружный (вне дома) прием подвижным DVB-Н терминалом на высоте не менее 1,5 м от уровня земли (основной уровень). Характерным примером такого условия приема является внешняя антенна, встроенная в автомобиль;

Класс D — внутренний (внутридомовой) прием в движущихся объектах типа автомобиля или поезда при использовании только встроенной в мобильный терминал антенны. Прием также осуществляется на высоте не менее 1,5 м.

1.6.4 Параметры сигнала для разных видов приема.

Требования для радиоприемных устройств, а также уровней сигналов, которые обеспечивают необходимое качество (т.е. соответствующее значение BER), будут разными для разных видов приема. Рекомендуемые значения уровней получены на основании многочисленных исследований и приведены в ETSI TR 101190.

Эти уровни применимы при перечисленных в ETSI TR 101190 условиях. Эти условия уже учтены при определении рекомендуемых уровней, т. е. никакой дополнительной коррекции приведенных в ETSI TR 101190 не требуется.

Коррекция потребуется, только если в каком-либо конкретном случае выяснится, что реальные условия другие. Коррекцию выполняется следующим способом: если выясняется, что ослабление проникновения составляет 20 дБ, а не 8, как учитывалось в стандарте, то все рекомендуемые уровни должны быть увеличены на 12 дБ.

При вычислении рекомендуемых уровней считалось, что:

- усиление приемной антенны для фиксированного приема в ДМВ диапазоне: 12дБ, в МВ 8 дБ;
- усиление приемной антенны для портативного приема в ДМВ- и МВдиапазоне: около 0 дБ;
 - чувствительность абонентского приемника: около 10мкВ;
 - входное волновое сопротивление приемника: 75 Ом;
 - потери в фидере: 3 дБ;
- ослабление проникновения при портативном приеме: 8 дБ. В реальности ослабление может быть значительно больше (20-30 дБ для первых этажей);
- ослабление при уменьшении высоты: при портативном приеме используется высота 1,5 м над землей, вместо обычных 10 м. Поправка за такое изменение высоты составляет в соответствии с проведенными исследованиями около 12 дБ;
- коэффициент шума приемника: 7 дБ. данный коэффициент показывает, сколько приемник вносит собственных шумов и равен разности отношений сигнал/шум на входе и выходе приемника.

Прием возможен в 95 % мест и 100 % времени, но в таблице 1.1 приведены значения напряженности для расчета 50 % мест и 50 % времени, т. е. расчет можно проводить по формулам 50 % мест и 50 % времени для указанного уровня. Например, в таблице указано, что величина 53 дБмкВ/м для 50 % мест и 50 % времени соответствует 95 % мест и 100 % времени для приема цифрового телевидения. Это сделано для удобства, чтобы для оценок можно было использовать сделанные ранее расчеты и таблицы [5].

Для портативного приема внутри зданий приведены значения для первого этажа. Если необходимо получить значения для второго этажа, то приведенные значения надо уменьшить на 6 дБ, если для этажей выше второго, то на 12 дБ.

Таблица 1.2 – Рекомендуемые расчетные уровни электромагнитного поля сигнала DVB для различных видов абонентского приема (из ETSI TR 101190) и некоторых режимов модуляции

Вид приема	Рекомендуе электромаг приема (да COFDM дл	нитного по БмкВ/м) дл	значение оля для об я некоторых	беспечения	
	QPSK FEC=1/2	QPSK FEC=5/6	16QAM FEC=5/6	64QAM FEC=2/3	64QAM FEC=7/8
Фиксированный прием МВ	28	34	40	46	52
Фиксированный прием ДМВ с 21 по 41 каналы	34	40	46	50	53
Фиксированный прием ДМВ с 41 по 69 каналы	38	44	50	54	57
Портативный прием МВ	43	48	54	58	61
Портативный прием ДМВ с 21 по 41 каналы вне зданий	55	60	66	69	73
Портативный прием ДМВ с 41 по 69 каналы вне зданий	59	64	70	73	77
Портативный прием МВ внутри зданий (первый этаж)	54	57	65	65	77
Портативный прием ДМВ с 21 по 41 каналы (первый этаж)	68	77	83	83	92
Портативный прием ДМВ с 41 по 69 каналы (первый этаж)	74	81	87	87	95

2 Расчетная часть

2.1 Коэффициент и мощность шума приемника

Современное развитие радиоэлектронных технологий обеспечивает достижение коэффициент шума приемника DVB-H ниже коэффициента шума цифровой приставки DVB-T. При этом следует учитывать, что приемник DVB-H, как правило, будет входить в состав приемного оборудования, включающего так же приемники сотовых сетей. В таких интегрированных приемных устройствах применение режекторных фильтров GSM будет, в общем, приводить к увеличению коэффициент шума приемника DVB-H [6].

Документами ETSI коэффициент шума DVB-Н приемника с GSM режекторным фильтром определен на уровне 6 дБ для частот ниже 700 МГц. Для полосы частот 700-750 МГц коэффициент шума будет выше вследствие более сильного влияния режекторного фильтра GSM.

При коэффициенте шума 6 дБ мощность шума на входе приемника составляет -99,2 дБм для канала шириной 8 МГц (ширина сигнала DVB-H 7,61 МГц).

2.2 Отношение сигнал/шум и минимальный уровень сигнала на входе приемника

Минимальный уровень сигнала на входе приемника DVB-H, Pmin, необходимый для качественного приема сигналов DVB-H, определяется исходя из уровня шумов приемника по следующей формуле:

$$P_{min} = -99.2 + C/N \quad [\partial \mathcal{E}_{M}], \tag{2.1}$$

где C/N [∂B] — минимальное отношение сигнал/шум для заданных параметров передачи сигнала DVB-H (тип модуляции, скорость канального кодирования и скорость кодирования MPE-FEC).

Значения C/N для мобильного приема, основанные на характеристиках реальных приемников DVB-H, представлены в таблице 2.1 Значения C/N увеличены на величину запаса, равную 2 дБ [7].

Таблица 2.1 — Значения C/N для мобильного приема, полученные с учетом характеристик реальных приемников DVB-H (MFER=5 %)

Модуляция	Скорость	Скорость	C/N _{min} ,	Сн	корость	при С	N_{\min} +3	В дБ, км	1/Ч
	кода	кода МРЕ-	дБ		k		k		k
		FEC		474	746	474	746	474	746
				МΓц	МΓц	МΓц	МΓц	МΓц	МΓц
QPSK	1/2	1/2	8.5	911	579	456	290	228	145
		2/3	9.0						
		3/4	9.5						
		5/6	10						
		7/8	10.5						
	2/3	2/3	12						
		3/4	12.5						
		5/6	13.5						
		7/8	14.5						
16-QAM	1/2	2/3	15						
		3/4	15.5						
		5/6	16.5						
		7/8	17.5						
	2/3	2/3	18	866	550	433	275	216	138
		3/4	18.5						
		5/6	19.5						
		7/8	20.5						
64-QAM	1/2	5/6	21.5	456	290	228	145	114	73
		7/8	22.5						
	2/3	2/3	25	273	174	137	87	68	43
		3/4	25.5						
		5/6	27						

Последние исследования показывают, что характеристики DVB-H приемники могут устойчиво работать в режиме 8К при смещениях спектра вследствие эффекта Доплера до 250 Гц. Прогнозируется, что в ближайшие годы характеристики DVB-H приемников будут еще больше улучшатся, что снимет необходимость учета эффекта Доплера при планировании DVB-H сетей.

2.3 Усиление приемной антенны

2.3.1 Интегрированная и внешняя антенны портативного приемника.

Предполагается, что портативные терминалы в форме сотового телефона будут иметь интегрированную антенну. В этом случае усиление антенны с учетом современного уровня техники будет варьироваться от -10 дБи до -5 дБи в диапазоне 470-746 МГц. Для промежуточных значений частот усиление интегрированной антенны может быть определено путем линейной интерполяции.

При портативном приеме внутри зданий возможен прием с использованием внешней антенны. В этом случае предполагается, что использование внешней антенны позволит получить выигрыш до 7 дБ по сравнению с интегрированной антенной, что будет соответствовать усилению внешней антенны от -3 дБи до 3 дБи в зависимости т используемой частоты [1].

В таблице 2.2 представлены значения усилений интегрированной и внешней антенн, которые могут использоваться при частотном планировании.

Таблица 2.2 — Типовые значения коэффициента усиления интегрированной и внешней антенны приемника DVB-H в форме сотового телефона

Частота	ТВ канал	Коэффициент усиления (дБи)			
Paciola ID Kahan -		Интегрированная антенна	Внешняя антенна		
474 МГц	21 ТВк	-10	-3		
698 МГц	49 ТВк	-7	0		
858 МГц	69 ТВк	-5	+3		

2.4 Потери на проникновение в здания и транспортные средства

Прием DVB-Н внутри заданий и транспортных средств будет сильно зависеть от свойств стен зданий и конструкции автомобилей.

Европейские исследования показали, что в среднем, потери на проникновение в автомобиль составляют 7-8 дБ со среднеквадратическим отклонением $\sigma_v = 2$ дБ.

При этом потери для других транспортных средств могут быть выше, например в поезде.

2.5 Минимальная медианная напряженность поля

Такие параметры, как коэффициент шума, мощность шума и мощность сигнала на входе приемника не учитывают эффекты распространения радиоволн, в частности, пространственное распределение напряженности поля в заданной зоне приема. Поэтому при частотном планировании DVB-H используется такой показатель, как медианная напряженность поля Emed., т.е. напряженность поля, рассчитанная для 50 % мест и для 50 % времени и обеспечивающая минимальную используемую напряженность поля в заданном проценте мест приема.

Для DVB-Т медианная напряженность поля E_{med} рассчитывается для высоты приемной антенны 10 м. Поскольку в DVB-Н все классы приема (Классы A-D) определены для высоты приемной антенны 1,5 м, то в дальнейшем для обозначения медианной напряженности поля на высоте 1,5 м будет использовать обозначение $E_{med}^{1,5}$.

Для вычисления значений минимальной медианной напряженности поля используются следующие формулы:

$$P_n = F + 10 \log_{10} (k T_0 B); (2.2)$$

$$P_{s\,min} = C/N + P_n; \tag{2.3}$$

$$A_a = G_D + 10 \log_{10} (1.64 \cdot \lambda^2 / 4\pi); \tag{2.4}$$

$$\varphi_{min} = P_{s\,min} - A_a; \tag{2.5}$$

$$E_{min} = \varphi_{min} + 120 + 10 \log_{10} (120\pi) = \varphi_{min} + 145,8;$$
 (2.6)

$$E_{med} = E_{min} + P_{mmn} + C_l + L_h; (2.7)$$

$$E_{med} = E_{min} + P_{mmn} + C_l + L_h + L_b; (2.8)$$

$$E_{med} = E_{min} + P_{mmn} + C_l + L_h + L_v; (2.9)$$

где $P_{s min}$ – минимальная мощность сигнала на входе приемника, дБВт;

F – коэффициент шума приемника, дБ;

k – постоянная Больцмана ($k = 1,38 \times 10^{-23}$), Дж/К;

 T_0 – абсолютная температура (T_0 = 290 K);

B — ширина шумовой полосы приемника (7,61 × $10^6\,\Gamma$ ц для канала

8 МГц);

C/N – требуемое отношение сигнал/шум на входе приемника, дБ;

 P_{n} – мощность шума на входе приемника, дБВт;

 A_a — эффективный раскрыв антенны, дБм²;

 λ – длина волны, м;

 G_D — усиление антенны относительно полуволнового диполя, дБ; ϕ_{min} — минимальная плотность потока мощности в месте приема, дБВт/м²;

 E_{min} – минимальная напряженность поля в месте приема, дБмкВ/м;

 E_{med} — минимальная медианная напряженность поля, планируемое значение, дБмкВ/м;

 P_{mmn} – поправка на индустриальный шум, дБ;

 L_b – потери при проникновении в здание, дБ;

 L_{ν} – потери при проникновении в транспортное средство, дБ;

 L_h — потери при уменьшении высоты (между репрезентативной высотой и 1,5 м над уровнем земли), дБ;

 C_l – поправочный коэффициент местоположений, дБ.

Формулы (7) для расчета при портативном приеме Класса А и мобильном приеме Класса С, (8) — при портативном приеме Класса В (внутри помещения), (9) — при мобильном приеме Класса D.

$$P_n = 7 + 10 \cdot \log_{10}(1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290 \cdot 7,61 \cdot 10^6) = -138,16$$
 дБВт.

При расчетах принимается, что принимаемый сигнал имеет логарифмически нормальное распределение и таким образом поправочный коэффициент местоположений, C_l , вычисляется по следующей формуле:

$$C_l = \mu \times \sigma, \tag{2.10}$$

где μ – коэффициент распределения, равный 0,52 для 70 %, 1,28 для 90 %, 1,64 для 95 % и 2,32 для 99 %

 σ — стандартное отклонение, принимаемое равным 5,5 дБ при приеме вне помещений (Классы A,C).

Стандартное отклонение сигнала внутри здания (Класс В) или транспортного средства (Класс D) определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{B,D} = \sqrt{\sigma_{A,C}^2 + \sigma_{b/v}^2} , \qquad (2.11)$$

где $\sigma_{A,C}$ – стандартное отклонение вне помещений, $\sigma_{A,C} = 5.5$ дБ;

 $\sigma_{b,v}$ — стандартное отклонение ослабления сигнала при проникновении в здание - σ_b , или в транспортное средство - σ_v ,дБ (см. раздел 2.4)

Тогда для мобильного приема в транспортном средстве или внутри здания при 99 % мест:

$$\sigma_{B,D} = \sqrt{5,5^2 + 2^2} = 5,85,$$

$$C_1 = 2,32 \cdot 5,85 = 13,57.$$

Расчет минимальной мощности на входе мобильного терминала будет произведен для режима модуляции 16QAM при скорости кода 2/3 и скоростью кода MPE-FEC 2/3, частоты 698 МГц (48 ТВК) (данные для C/N см. в таблице 2.1):

$$P_{s \min} = -138 + 18 = -120 \text{ дБВт},$$

$$A_a = -7 + 10 \lg(\frac{1,64 \cdot 0,42^2}{4 \cdot 3,14}) = -23,3 \text{ дБм}^2,$$

$$\varphi_{\min} = -120 - 11,3 = -133,3 \text{ дБ/м}^2,$$

$$E_{\min} = -133,3 + 145,5 = 11,7 \text{ дБмкВ/м},$$

$$E_{\text{мед}} = 11,7 + 13,57 + 0 + 24 + 8 = 57,27 \text{ мкВ/м}.$$

Для других частот f медианная напряженность поля $E_{med}(f)$ может быть вычислена по следующих формулам: в диапазоне 470-582 М Γ ц:

$$E_{\text{med}}(f) = E_{\text{med}}^{500} + 30*\log_{10}(f/500), \tag{2.12}$$

в диапазоне 582-862 МГц:

$$E_{\text{med}}(f) = E_{\text{med}}^{800} + 30*\log_{10}(f/800). \tag{2.13}$$

где E_{med}^{500} , E_{med}^{800} - медианные напряженности поля для частот 500 МГц или 800 МГц, определенные по таблицам 2.3.-2.4; f- частота, МГц.

$$E_{\text{med}} = 57 + 30 \cdot \lg\left(\frac{698}{800}\right) = 55, 2 \text{ MKB/M}.$$

Таблица 2.3 — Минимальная медианная напряженность поля для мобильный прием, Класс D (диапазон V: частота 800 МГц; вероятность приема: 90 % и 99 % мест; для высоты приемной антенны: 1,5 м) [10-11]

90 /0 и 99 /0 мест, для высоты приемно	on annemme. 1,	JMJL	10-11	J			
Параметры	Размерность	Отношение <i>C/N</i> , <i>дБ</i>					
		2	8	14	20	26	
Мин. мощность сигнала на входе приемника	Р _{s min} (дБВт)	- 127, 2	- 121, 2	- 115, 2	- 109, 2	- 103, 2	
Мин. эквивалентное напряжение на входе приемника, 75 Ом	<i>U_{s min}</i> (дБмкВ)	12	18	24	30	36	
Усиление антенны относительно п/в диполя	G_{D} (дБ)	-7					
Эффективный раскрыв антенны	A_a (дБм ²)	-24,4					
Мин. плотность потока мощности в месте приема	φ _{min} дБ(Вт/м²)	102, 8	-96,8	-90,8	-84,8	-78,8	
Минимальная напряженность поля в месте приема	E_{min} (дБ(мкВ/м))	43	49	55	61	67	
Поправка на влияние индустриального шума	<i>Р_{ттп}</i> (дБ)	0					
Потери при проникновении в транспортное средство	$L_{ u}$ (дБ)	7					
Вероятность охвата мест: 90 %							
Поправочный коэффициент местоположений	C_l (дБ)	7					
Мин. мед. напряженность поля на высоте 1,5 м для 50 % времени и 50 % мест	E _{med} ^{1,5} дБ(мкВ/м)	57	63	69	75	81	
Вероятность охвата мест: 99 %							
Поправочный коэффициент местоположений	C_l (дБ)	13					
Мин. мед. напряженность поля на высоте 1,5 м для 50 % времени и 50 % мест	$E_{med}^{I,5}$ дБ(мкВ/м)	63	69	75	81	87	

Таблица 2.4 — Минимальная медианная напряженность поля для мобильный прием, Класс D (диапазон IV: частота 500 МГц; вероятность приема: 90 % и 99 % мест; для высоты приемной антенны: 1,5 м) [10-11]

приема. 90 % и 99 % мест, для высс	приема: 90 % и 99 % мест, для высоты приемной антенны: 1,5 м) [10-11]					
Параметры	Размерность	Отношение <i>C/N, дБ</i>				
		2	8	14	20	26
Мин. мощность сигнала на входе приемника	<i>P_{s min}</i> (дБВт)	- 127,2	- 121,2	- 115,2	- 109,2	- 103,2
Мин. эквивалентное напряжение на входе приемника, 75 Ом	$U_{s min} ({ m дБмкB})$	12	18	24	30	36
Усиление антенны относительно п/в диполя	G_{D} (дБ)	-12				
Эффективный раскрыв антенны	A_a (дБм 2)	-25,3				
Мин. плотность потока мощности в месте приема	ϕ_{min} дБ(Вт/м ²)	- 101,9	-95,9	-89,9	-83,9	-77,9
Минимальная напряженность поля в месте приема	<i>E_{min}</i> (дБ(мкВ/м))	44	50	56	62	68
Поправка на влияние индустриального шума	Р _{ттп} (дБ)	0				
Потери при проникновении в транспортное средство	<i>L</i> _ν (дБ)	7				
Вероятность охвата мест: 90 %						
Поправочный коэффициент местоположений	C_l (дБ)	7				
Мин. мед. напряженность поля на высоте 1,5 м для 50 % времени и 50 % мест	$E_{med}^{1,5}$ дБ(мкВ/м)	58	64	70	76	82
Вероятность охвата мест: 99 %						
Поправочный коэффициент местоположений	C_l (дБ)	13				
Мин. мед. напряженность поля на высоте 1,5 м для 50 % времени и 50 % мест	$E_{med}^{1,5}$ дБ(мкВ/м)	64	70	76	82	88

2.6 Расчет выходной мощности передатчика и зоны покрытия

Расчет выходной мощности проведем согласно рекомендации MCЭ-R 1546-3, с использованием методом Окамура-Хата.

Метод Окамуры-Хата описывает особенности распространения радиоволн над квазиплоской местностью и не учитывает особенности рельефа.

Уравнение Окамура-Хата для определения эффективной излучаемой мощности передатчика имеет следующий вид [9]:

$$P_{\mathcal{H}M} = E_{Med} - 39,82 + 6,16\log f - 13,82\log h_1 + a(h_2) - (44,9 - 6,55\log h_1) \cdot (\log R)^b, \quad (2.14)$$

где $P_{ЭИМ}$ – эффективная излучаемая мощность передатчика (ЭИМ), дБВт;

f – частота излучения передатчика, МГц;

 h_1 – высота подвеса антенны передатчика над уровнем моря, м;

 h_2 – высота подвеса антенны приемника над уровнем моря, м;

 $a(h_2)$ – поправочный коэффициент на высоту приемной антенны;

b – коэффициент, расширяющий действие модели для протяженности трассы.

R — радиус зоны покрытия, км.

Коэффициент, расширяющий действие модели для протяженности трассы b определяется:

$$b = 1 + (0.14 + 1.87 \cdot 10^{-4} \cdot f + 10.7 \cdot 10^{-3} \cdot h_1) \cdot (\log \frac{R}{20})^{0.8}, \tag{2.15}$$

для случаев $20 \le R \le 100$ км.

Поправочный коэффициент на высоту приемной антенны $a(h_2)$ рассчитывается по следующей формуле:

$$a(h_2) = 3.2 \lg(11.75 \cdot h_2)^2 - 4.97.$$
 (2.16)

Тогда согласно формуле (14):

$$a(h_2) = 3,2\lg(11,75\cdot 1,5)^2 - 4,97 = -0,000919.$$

Радиовещательный комплекс будет расположен на телебашне Коктобе, высота которой составляет 371 м. Как видно из уравнения (13), оптимальное значение выходной мощности достигается при максимальной высоте подъема антенны. Исходя из этого, выберем $h_1 = 365$ м. Высота приемной антенны составляет 1,5 м над поверхностью земли.

Для полного покрытия города Алматы, следует покрыть также примыкающие населенные пункты с расчетом на расширение зоны обслуживания.

Таблица 2.5 – Расстояние до расчетных направлений

Направление	Расстояние, км
Алгабас	15,2
Абай	18,9
Ынтымак	20,5
Боралдай	18,6
Карагайлы	12,9

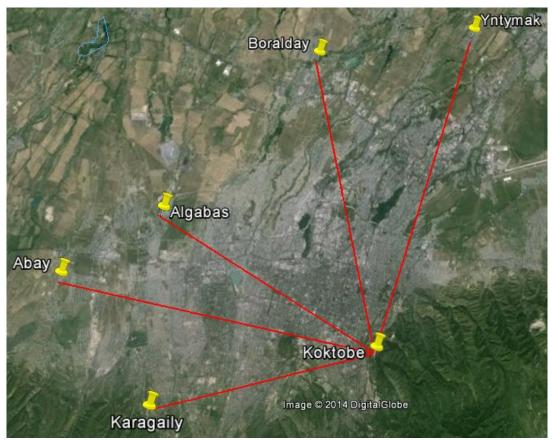


Рисунок 2.1 – Расчетные направления от телебашни

Необходимая ЭИМ передатчика в направлении Алгабас:

$$b = 1 + (0.14 + 1.87 \cdot 10^{-4} \cdot 698 + 10.7 \cdot 10^{-3} \cdot 365) \cdot (\log \frac{15.2}{20})^{0.8} = 0.502,$$

$$P_{\mathcal{H}M} = 55.2 - 39.82 + 6.16 \cdot \log 698 - 13.82 \log 365 - -0.000919 + (44.9 - 6.55 \log 365) \cdot (\log 15.2)^{0.502} = 28.06 \text{ dBW},$$

в направлении Абай:

$$b = 1 + (0.14 + 1.87 \cdot 10^{-4} \cdot 698 + 10.7 \cdot 10^{-3} \cdot 365) \cdot (\log \frac{18.9}{20})^{0.8} = 0.89,$$

$$P_{\mathcal{H}M} = 55.2 - 39.82 + 6.16 \cdot \log 698 - 13.82 \log 365 - -0.000919 + (44.9 - 6.55 \log 365) \cdot (\log 18.9)^{0.89} = 32.48 \text{ dBW},$$

в направлении Ынтымак:

$$b = 1 + (0.14 + 1.87 \cdot 10^{-4} \cdot 698 + 10.7 \cdot 10^{-3} \cdot 365) \cdot (\log \frac{20.5}{20})^{0.8} = 1.04,$$

$$P_{\mathcal{H}M} = 55.2 - 39.82 + 6.16 \cdot \log 698 - 13.82 \log 365 - -0.000919 + (44.9 - 6.55 \log 365) \cdot (\log 20.5)^{1.04} = 34.81 \text{ dBW},$$

в направлении Боралдай:

$$b = 1 + (0.14 + 1.87 \cdot 10^{-4} \cdot 698 + 10.7 \cdot 10^{-3} \cdot 365) \cdot (\log \frac{18.6}{20})^{0.8} = 0.86,$$

$$P_{3HM} = 55.2 - 39.82 + 6.16 \cdot \log 698 - 13.82 \log 365 - 0.000919 + (44.9 - 6.55 \log 365) \cdot (\log 18.6)^{0.86} = 32.07 \text{ dBW},$$

в направлении Карагайлы:

$$b = 1 + (0.14 + 1.87 \cdot 10^{-4} \cdot 698 + 10.7 \cdot 10^{-3} \cdot 365) \cdot (\log \frac{12.9}{20})^{0.8} = 0.20,$$

$$P_{\mathcal{H}M} = 55.2 - 39.82 + 6.16 \cdot \log 698 - 13.82 \log 365 - -0.000919 + (44.9 - 6.55 \log 365) \cdot (\log 12.9)^{0.20} = 26.21 \text{ dBW}.$$

Как видно из расчетов, для полного покрытия города необходимая ЭИМ передатчика составляет не менее 34,81 дБВт. Поскольку ЭИМ передатчика является произведением выходной мощности передатчика и коэффициента усиления антенны, то необходимо выбрать передатчик выходной мощностью 30 дБВт (1кВт) и антенну коэффициентом усиления не менее 4,81 дБд. Следует отметить, что на сегодняшний день антенны с коэффициентом усиления 4,34 дБд являются большой редкостью, поэтому рекомендуется использовать антенну к коэффициентом усиления в пределах 10 дБд.

2.7 Расчет зоны покрытия в программе Radio Mobile

Далее произведем расчет зоны покрытия в программе Radio Mobile 11.4.7. Для этого воспользуемся ранее полученными расчетными значениями: медианная напряженность поля для 99 % времени и места Emin = 55,2 дБмкВ/м, выходная мощность передатчика Рвых = 1кВт, коэффициент усиления антенны $G_A = 10$ дБд. Программа использует топографические данные на основе SRTM.

Shuttle radar topographic mission (SRTM) — радарная топографическая съемка большей части территории земного шара, за исключением самых северных (>60), самых южных широт (>54), а также океанов, произведенная за 11 дней в феврале 2000г с помощью специальной радарной системы.

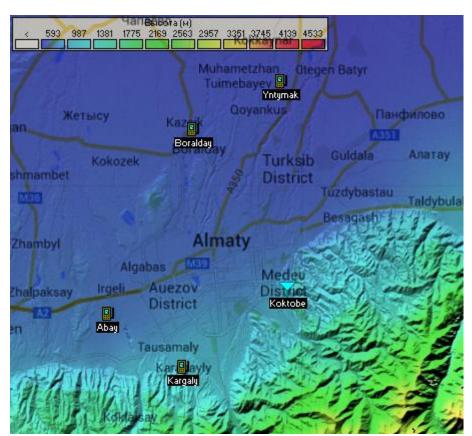


Рисунок 2.2 – Карта города Алматы с расположением телестанции и приемников

Для расчета зоны покрытия сети DVB-H необходимо нажать F8 (окно «Свойства сетей») и указать следующие параметры:



Рисунок 2.3 – Параметры сети DVB-H

Далее необходимо перейти во вкладку «Топология» и задать следующие параметры:

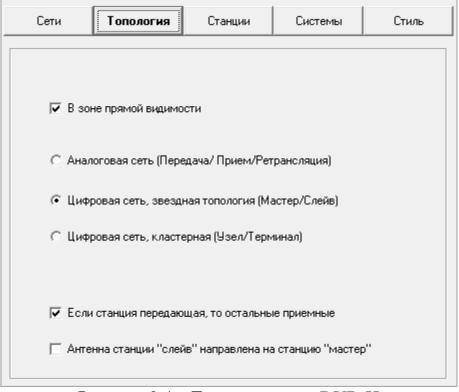


Рисунок 2.4 – Топология сети DVB-H

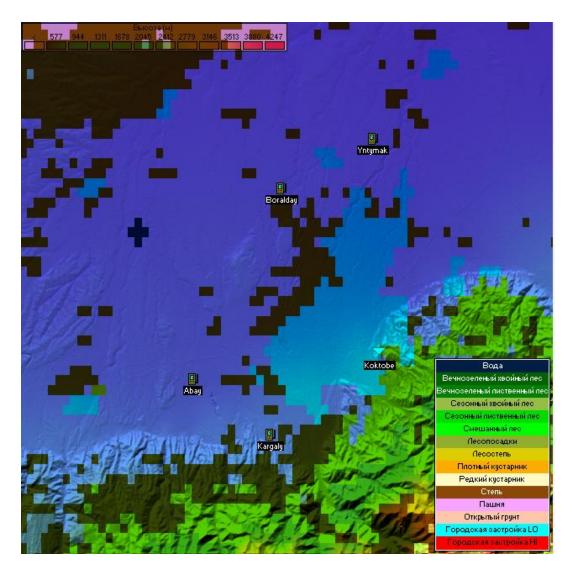


Рисунок 2.5 – Растительный покров

С помощью вкладки «Станции» указывается список необходимых станции сети с такими параметрами, как высота подвеса и направление антенны, азимут и угол подвеса:

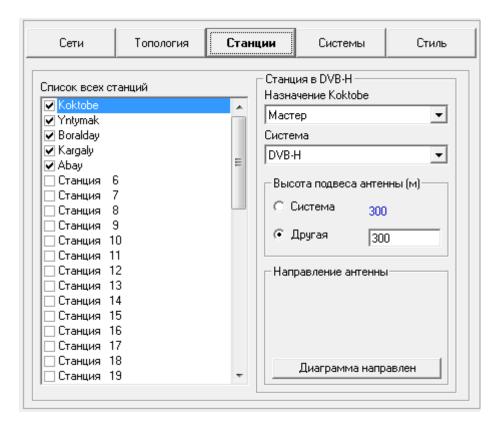


Рисунок 2.6 – Параметры станции сети

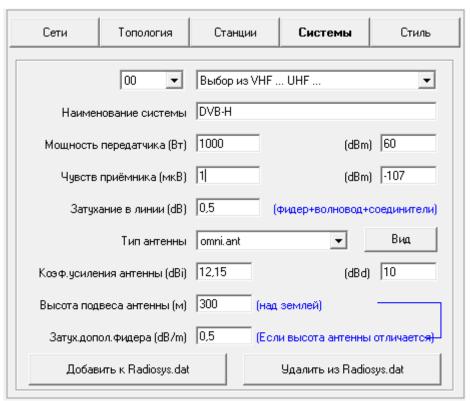


Рисунок 2.7 – Настройка вкладки «Системы»

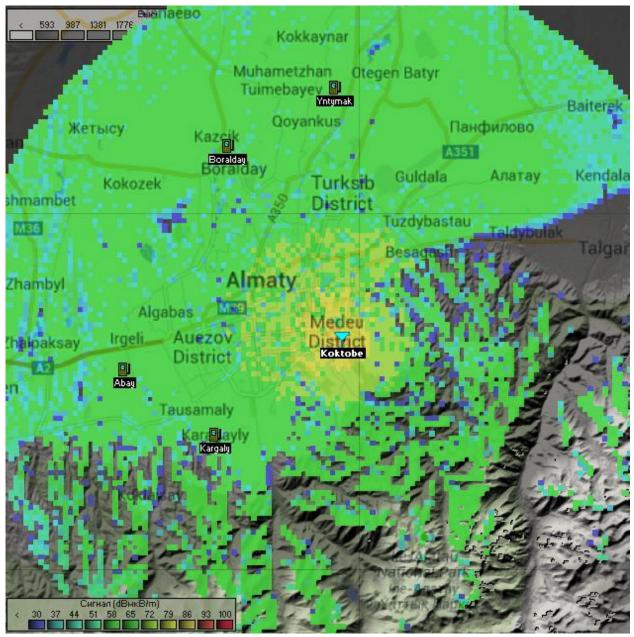


Рисунок 2.8 – Зона покрытия передатчика, расположенного на телебашне «Коктобе»

По результатам расчета видно, что зона покрытия рассчитанная методом Окамура-Хата соответствует результатам расчетов программы Radio Mobile. Из этого следует, что эмпирический метод Окамура-Хата является достаточно универсальным для расчета зон покрытии подвижных сухопутных систем в диапазоне частот 30-3000 МГц.

На рынке оборудования есть множество производителей, чьи продукции удовлетворяют требованиям проведенных расчетов для развертывания сети DVB-H. Наиболее оптимальным решением является выбор российских производителей, поскольку они обладают следующими преимуществами перед зарубежными производителями оборудования:

– приемлемая цена по соотношению «цена-качество», а также по функциональности оборудования;

- короткие сроки доставки оборудования;
- высокая надежность, ремонтопригодность;
- работоспособность в суровых климатических условиях.

Согласно вышесказанному, рекомендовано использовать следующее оборудование:

- передатчик для цифрового эфирного вещания «Микротек TTUD1000»;
- ТВ антенна «ATU-P45 IV-V диапазон»;
- коаксиальный кабель 50 Ом.

Передатчик «Микротек TTUD1000» обладает всеми базовыми характеристиками необходимыми для современного цифрового эфирного передатчика. Из особенностей этого передатчика можно отметить:

- коэффициент ошибок модуляции MER > 36дБ;
- иерархическая и неиерархическая модуляция;
- адаптивный корректор нелинейности;
- MFN и SFN сети;
- вход данных: 2×ASI, TSoIP;
- конфигурация с резервным возбудителем.

Таблица 2.6 – Основные технические характеристики передатчика «Микротек TTUD1000» [15]

«Minkpotek 110D1000» [13]	
Параметры	«Микротек TTUD1000»
Диапазон рабочих частот	IV-V
Напряжение сети питания, В	$380/220 \pm 20 \%$
Потребляемая мощность, Вт, не более	1000
Температура окружающей среды, °С	+5÷ +45
Тип выходного разъема (50 Ом)	EIA 7/8
Интерфейс дистанционного управления	WEB, SNMP
Габариты:	стойка 19" – 33U
(высота × ширина × глубина), мм	(1685×619×1000)
Масса. кг	~ 290

Панель ATU-P45 предназначена для работы в качестве направленной передающей антенны в IV-V ТВ диапазонах частот. Кроме того, на базе ATU-P45 можно реализовать антенную систему с круговой или специально сформированной диаграммой направленности [16]. Как видно на рисунке 2.8, для города Алматы нет необходимости вещания в круговом направлении, поскольку в южном и юго-восточном направлениях расположены горы Заилийского Алатау. Поэтому необходимо сформировать антенную систему с диаграммной направленности 180°, азимут 310°. Панель изготовлена из нержавеющей стали и имеет защитный кожух. Максимально допустимая скорость ветра в месте подвеса антенны – 220 км/час.

Таблица 2.7 – Технические характеристики «ATU-P45 IV-V диапазон» [16]

дианазони [10]	
Параметры	«АТU-Р45 IV-V диапазон»;
Диапазон рабочих частот, МГц	470-862
Поляризация	горизонтальная
Коэффициент усиления, дБи	14,2
Диаграмма направленности (по	24° в вертикальной плоскости,
уровню половинной мощности)	64° в горизонтальной плоскости
Максимальная входная мощность, Вт	3000
КСВН в диапазоне рабочих частот, не	1,2
выше	$1, \mathcal{L}$
Волновое сопротивление, Ом	50
Тип входного разъема	Розетка 7/16 DIN, EIA 7/8
Масса, кг	16,8
Габариты, мм, не более	1000×450×280



Рисунок 2.9 – Внешний вид антенны «ATU-P45 IV-V диапазон»



Рисунок 2.10 – Передатчик «Микротек TTUD1000»

3 Бизнес план

3.1 Цели проекта

Основной целью данного проекта является внедрение цифрового Алматы мобильного стандарта вещательного DVB-H ДЛЯ города прибыли последующей возможностью реализации максимальной OT предоставления мобильного ТВ-контента.

Также в этом разделе будет рассмотрена экономическая составляющая реализации проекта, отражающая трудовые и финансовые затраты.

3.2 Компания и отрасль

Традиционные вещатели играют очень важную роль при внедрении DVB- Н благодаря своему опыту в организации вещания, лицензировании, получении прав на контент и наличии инфраструктуры. Таковым в нашей стране является АО «Казтелерадио».

Акционерное Общество «Казтелерадио» — Национальный оператор в области телерадиовещания Республики Казахстан. Основной вид деятельности — распространение телерадиопрограмм по эфирной и спутниковой сетям. Единственным акционером общества является Министерство транспорта и коммуникаций Республики Казахстан.

3.3 Продукция

В отличие от сетей 3G, которые могут обслуживать ограниченное количество ТВ-абонентов, сети DVB-H, в силу их вещательной природы, прекрасно масштабируются, и их услуги могут быстро превратиться в массовые. Первые успешные коммерческие внедрения показали, что люди готовы платить за такой востребованный контент, как спорт и новости, а также за популярные фильмы.

Особый интерес к мобильному ТВ проявляют абоненты возрастной группы от 18 до 35 лет.

Модели платного и бесплатного ТВ будут сосуществовать друг с другом, но при этом бесплатное ТВ тоже будет кодироваться для возможности собирать разовую оплату за подключение к услуге и для поддержки родительского контроля.

Анализ рынка и практический опыт подтверждают предположение, что пользователи будут платить за мобильное ТВ умеренную абонентскую плату, которая будет взиматься различными способами. Одна из возможных моделей предусматривает разовый сбор с каждого продаваемого приемного устройства. Этот незаметный для абонентов разовый сбор обычно предназначен для финансирования ввода новых сетевых мощностей. Эта же модель может использоваться для «бесплатного» телевидения, то есть для каналов, предоставляемых без подписки.

Позже, когда услуга станет массовой, заработает механизм получения прибыли от рекламы в зависимости от числа просмотров. Но в краткосрочной и среднесрочной перспективе рекламные доходы не позволят окупить затраты на строительство сети и запуск услуг.

3.4 Финансовый план

При разработке проектной документации и расчете экономических и финансовых показателей развития связи рассчитываются следующие основные технико-экономические показатели:

- капитальные вложения;
- эксплуатационные расходы;
- доходы;
- прибыль и срок окупаемости проекта.

3.4.1 Капитальные затраты.

Рассчитаем объем капитальных вложений, необходимых для построения сети DVB-H. При этом учтем не только расходы на приобретение оборудования, но и дополнительные средства, необходимые для полноценной работы радиовещательного комплекса. Стоимость оборудования указана в таблице 4.1

Общие капитальные вложения определим по формуле [12]:

$$\Sigma K = K_{O} + K_{Y} + K_{3-C} + K_{TP} + K_{Y\Pi}, \qquad (3.1)$$

Таблица 3.1 – Стоимость оборудования проектируемой сети

Наименование технического оборудования	Количество, шт	Цена единицы, тг
Передатчик высокой мощности R&S NV8600	1	15 550 000
DVB-Т модулятор	1	647 500
Антенны СЕРВ-ДМ-Г	3	925 000
многоэтажные		
Комплект кабелей	1	245 000
питания и фидеров		
MPEG-2 мультиплексор	1	980 000
MPEG-2 кодер	1	455 000
Прочее		150 000
Итого		20 802 500

где K_0 – капитальные вложения на приобретение оборудования;

 $K_{\rm y}$ – капитальные вложения на установку и настройку оборудования;

 K_{3-C} – капитальные вложения на заготовительно-складские расходы;

 K_{TP} – капитальные вложения на транспортные расходы;

Куп – капитальные вложения на тару и упаковку оборудования.

Стоимость установки и настройки оборудования рассчитывается в процентах от итога стоимости сетевого оборудования — 18%. Тара и упаковка составляют 0.5%, транспортные расходы — 4%, заготовительно-складские расходы — 1% от стоимости оборудования.

Тогда:

$$\begin{split} \mathrm{K_O} &= 1 \cdot 15550000 + 1 \cdot 647500 + 3 \cdot 925000 + 1 \cdot 245000 + \\ &+ 980000 + 455000 + 150000 = 20802500 \text{ тенге}; \\ \mathrm{K_y} &= 20802500 \cdot 0,5\% = 104012,5 \text{ тенге}; \\ \mathrm{K_{TP}} &= 20802500 \cdot 4\% = 832100 \text{ тенге}; \\ \mathrm{K_{3.C}} &= 20802500 \cdot 1\% = 208025 \text{ тенге}. \end{split}$$

Общие капитальные вложения составят:

$$\sum$$
 K = 20802500 + 104012,5 + 832100 + 2080250 = 21946637,5 tehre.

3.4.2 Расчет годовых эксплуатационных расходов.

Эксплуатационными расходами (ΣЭ) называются текущие расходы предприятия на производство услуг связи. В состав эксплуатационных расходов входят все расходы на содержание и обслуживание сети.

Эксплуатационные расходы по своей экономической сущности выражают себестоимость услуг связи в денежном выражении. В связи эксплуатационные расходы рассчитываются на основе группировки затрат по экономическим элементам, принятой для всех отраслей экономики предприятий всех форм собственности:

- затраты на оплату труда работников;
- страховые взносы в государственные внебюджетные фонды;
- амортизационные отчисления;
- материальные затраты;
- прочие расходы;
- отчисления на НИОКР.

Годовые эксплуатационные расходы рассчитываются по следующей формуле [12]:

$$\Sigma \Theta = \Phi OT + O + M_3 + A + 3_{np},$$
 (3.2)

где ФОТ – фонд оплаты (основная и дополнительная заработная плата);

Ос – социальный налог;

 M_3 – материальные затраты и запасные части;

А – амортизационные отчисления;

 3_{np} – прочие расходы.

3.4.3 Затраты на оплату труда.

Для расчета годового фонда заработной платы необходимо определить численность штата производственного персонала. Выбранное в дипломном проекте оборудование не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала. Поэтому вся группа по обслуживанию оборудования будет состоять из ниже перечисленных специалистов для аварийно-профилактических работ. В таблице 4.2 приведен рекомендуемый состав обслуживающего персонала.

Таблица 3.2 – Состав обслуживающего персонала

Наименование должностей	Оклад, тг.	Количество, чел.	Сумма з/п, тг.
Ведущий инженер	205000	1	205000
Инженер по	120000	1	120000
обслуживанию			
сети			
Электромеханик	70000	1	70000
Антенщик-	60000	2	120000
мачтовик			
Итого (ФЗ	ВП)	5	515000

Величину общего годового фонда оплаты труда (ΦOT_{Γ}) можно рассчитать по формуле [12]:

$$\Phi OT_{\Gamma} = \Phi 3\Pi \cdot N_{M} \cdot \Pi p \cdot K_{BP}, \tag{3.3}$$

где $\Phi 3\Pi$ – основной фонд заработной платы, $\Phi 3\Pi = 515000$ (тг);

 N_M – количество месяцев в году, $N_M = 12$;

 Πp – размер премии, $\Pi p = 1,25 (25 \%);$

 K_{BP} – коэффициент, учитывающий доплату за работу с вредными условиями труда, $K_{BP} = 1,04$.

$$\Phi OT_{\Gamma} = 515000 \cdot 12 \cdot 1,25 \cdot 1,04 = 8034000 \text{ (TF)}.$$

Отчисления в социальный налог берутся в размере 11 % от фонда оплаты труда.

$$O=0,11\cdot(\Phi OT_{\Gamma}-0,1\cdot\Phi OT_{\Gamma}), \tag{3.4}$$

$$O = 0.11 \cdot (8034000 - 0.1 \cdot 8034000) = 795366$$
 (TC).

3.4.4 Амортизационные отчисления.

Амортизационные отчисления (А) на полное восстановление производственных фондов определяются по формуле:

$$A = K_{och.i} \cdot H_{a.i}, \tag{3.5}$$

где $K_{och.i}$ – первоначальная стоимость основных фондов ($K_{och.i}$ приравнивается к капитальным вложениям);

 $H_{a.i}$ — норма амортизационных отчислений основных фондов, $H_{a.i}$ = 20 %.

$$A = 21946637,5 \cdot 0,20 = 4389327,5 \text{ (TF)}.$$

3.4.5 Материальные затраты.

Величина материальных затрат (M_3) включает в себя оплату электроэнергии для производственных нужд, затраты на материалы и запасные части. Составляющие материальных затрат определяются по формуле:

$$M_3 = 3_{_{2H}} + 3_{_{M}},$$
 (3.6)

где $3_{_{3H}}$ – затраты на оплату электроэнергии;

 3_{M} – затраты на материалы и запасные части.

Затраты на оплату электроэнергии определяются в зависимости от мощности оборудования по формуле [12]:

$$3_{3H} = T \cdot 24 \cdot 365 \cdot P,\tag{3.7}$$

где T — тариф на электроэнергию, T = 19,44 тг/кВт/час; P — мощность оборудования, для eNB P = 1,075 кВт.

$$3_{9H} = 19,44 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 1,075 = 183067$$
 (TF).

Затраты на материалы и запасные части составляют 3.5% от капитальных вложений K и определяется по формуле [12]:

$$3_{M} = K \cdot 0.035, \tag{3.8}$$

$$3_{M} = 21946637,5 \cdot 0,035 = 768132,4 \text{ (TF)}.$$

Величина общих материальных затрат составит:

$$M_3 = 183067 + 768132,4 = 951199,4$$
 (TC).

3.4.6 Прочие расходы.

Прочие расходы предусматривают общие производственные и эксплуатационно-хозяйственные расходы, ремонт и обслуживание зданий, некоторые виды налогов, страхование имущества, расходы на рекламу, аудит и представительские расходы. Прочие расходы рассчитываются по формуле:

$$3_{np} = 0.4 \cdot \Phi OT, \tag{3.9}$$

$$3_{np} = 0.4 \cdot 8034000 = 3213600 \text{ (Tf)}.$$

Результат годовых эксплуатационных расходов:

$$\Sigma \Im = 8034000 + 795366 + 4389327.5 + 951199.4 + 3213600 = 17383492.9 (Tr).$$

Годовые эксплуатационные расходы сведены в таблице 4.3

Таблица 3.3 – Годовые эксплуатационные расходы

Виды расходов	Сумма расходов, тг.
Фонд оплаты труда годовой (ΦOT_{Γ})	8034000
Отчисления в социальный налог (О)	795366
Амортизационные отчисления (А)	4389327,5
Материальные затраты (M ₃)	951199,4
Прочие расходы (3пр)	3213600
Итого	17383492,9

Эксплуатационные расходы

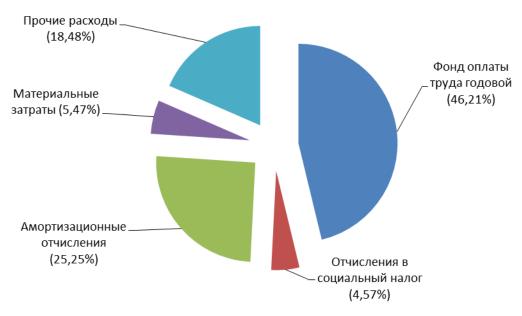


Рисунок 3.1 - Диаграмма эксплуатационных затрат

3.4.7 Расчет доходов предприятия.

Количество потенциальных абонентов на первом этапе запуска проекта определим как 0,5 % от общего числа жителей. Общее число жителей города по данным 2014 года составляет 1600000 человек. Таким образом, количество потенциальных абонентов составит 8000 человек. Абонентская плата за базовый пакет каналов составляет 690 тенге в месяц.. Доход, получаемый в год, от пользования базовым пакетом каналов рассчитаем по следующей формуле:

$$\mathcal{I} = N \cdot 12 \cdot 690,\tag{3.10}$$

где N – это число абонентов.

$$\mathcal{I} = 8000*12*690 = 66240000$$
 Tehre.

Расчет показателей экономической эффективности. Прибыль предприятия от нового тарифа рассчитаем по формуле:

$$\Pi = \Pi - \sum \Im, \tag{3.11}$$

$$\Pi = 66240000 - 17383492,9 = 48856507,1$$
 тенге.

Ставка корпоративного подоходного налога составляет 20 % от дохода деятельности предприятия. Определим чистую прибыль по формуле (4.12):

$$\Psi\Pi = \Pi - 0.2 \cdot \Pi. \tag{3.12}$$

Доход предприятия после налогообложения составит:

$$\Psi\Pi = 48856507,1 - 0,2.48856507,1 = 39085205,7$$
 тенге.

Коэффициент общей или абсолютной экономической эффективности капитальных вложений — при строительстве нового объекта, предприятия рассчитывается по формуле:

$$E = (\Pi - K)/K = \Pi / K,$$
 (3.13)

где Д – доход предприятия; К – капитальные вложения в проект; ЧП – чистая прибыль.

$$E = \frac{39085205,7}{21946637,5} = 1,78.$$

Срок окупаемости — это величина, показывающая, за какой период времени произойдет возврат денежных средств (капитальных вложений), затраченных на организацию предприятия.

$$T = 1/E,$$
 (3.14)
 $T=1/1,78 = 0,56.$

Таким образом, средства, вложенные для внедрения новой услуги, предприятие окупит за 0,56 года.

Таблица 3.4 – Показатели экономической эффективности

Показатели	Сумма, тенге
Капитальные затраты	21946637,5
Эксплуатационные расходы	17383492,9
Доходы	66240000
Прибыль до налогообложения	48856507,1
Прибыль после налогообложения	39085205,7
Экономичность эффективность	1,78
Срок окупаемости, год	0,56

Так как расчет срока окупаемости новой услуги в сети DVB-H составил менее года, то расчета показателей дисконтированной стоимости проекта, рентабельности инвестиций, внутренней нормы доходности и дисконтированного срока окупаемости не требуется.

4 Безопасность жизнедеятельности

4.1 Анализ условий труда

Данный дипломный проект предусматривает внедрение цифрового вещательного мобильного стандарта DVB-H, содержащего комплекс передатчиков и антенн, являющихся источниками электромагнитного излучения. Радиовещательный комплекс проектируется установить на телебашне «Кок-Тобе».

В настоящее время установлено влияние электромагнитных полей и излучений на все органы человеческого организма. Отрицательное воздействие ЭМП на человека и на те или иные компоненты экосистем прямо пропорциональны мощности поля и времени облучения.

Электромагнитное поле (ЭМП) радиочастот характеризуется способностью нагревать материалы, распространяться в пространстве и отражаться от границы раздела двух сред, взаимодействовать с веществом. При оценке условий труда учитываются время воздействия ЭМП и характер облучения работающих.

Электромагнитные волны лишь частично поглощаются тканями биологического объекта, поэтому биологический эффект зависит от физических ЭМП радиочастот: (частоты ДЛИНЫ волны интенсивности и режима излучения (непрерывный, прерывистый, импульсномодулированный), продолжительности и характера облучения организма (постоянное, интермиттирующее), а также от площади облучаемой поверхности и анатомического строения органа или ткани. Степень поглощения энергии тканями зависит от их способности к ее отражению на границах раздела, определяемой содержанием воды в тканях и другими их особенностями. При воздействии ЭМП на биологический объект происходит преобразование электромагнитной энергии внешнего поля в тепловую, что сопровождается повышением температуры тела или локальным избирательным нагревом тканей, органов, клеток, особенно с плохой терморегуляцией (хрусталик, стекловидное тело, семенники и др.). Тепловой эффект интенсивности облучения.

Действие ЭМП радиочастот на центральную нервную систему при плотности потока энергии (ППЭ) более $1~{\rm MBT/cm^2}$ свидетельствует о ее высокой чувствительности к электромагнитным излучениям.

Изменения в крови наблюдаются, как правило, при ППЭ выше 10 мВт/см². При меньших уровнях воздействия наблюдаются фазовые изменения количества лейкоцитов, эритроцитов и гемоглобина (чаще лейкоцитоз,

повышение эритроцитов и гемоглобина). При длительном воздействии ЭМП происходит физиологическая адаптация, или ослабление иммунологических реакций.

Длительное воздействие сильных ЭМП вызывает у человека нарушения эндокринной системы, обменных процессов, функции головного и спинного мозга, повышает склонность к депрессиям и даже самоубийству и увеличивает вероятность развития сердечно-сосудистых заболеваний и раковых опухолей. Можно выделить четыре системы организма, более всего поддающиеся вредному влиянию электромагнитного излучения:

- Центральная нервная система. Она наиболее чувствительна к электромагнитным полям. Наблюдается ухудшение памяти, внимания, нарушение сна, возможно возникновение нейроциркуляторной дистонии;
- Иммунитет. Происходит угнетение иммуногенеза, что приводит к ухудшению устойчивости организма к различным инфекциям;
- Эндокринная система. Увеличивается содержание адреналина в крови (нет потребности рассказывать о вреде повышенного давления и хронического пребывания организма в состоянии стресса);
- Половая система. Именно молодые люди репродуктивного возраста особенно часто пользуются источниками электромагнитных волн. Наблюдается угнетение сперматогенеза, повышение количества врожденных недостатков развития и увечий. Яичники более чувствительны к влиянию электромагнитного излучения.

Масштабы электромагнитного загрязнения среды стали столь существенными, что Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) включила эту проблему в число наиболее актуальных в этом столетии для здоровья человека.

Поражение глаз в виде помутнения хрусталика — катаракты — является одним из наиболее характерных специфических последствий воздействия ЭМП в условиях производства. Помимо этого следует иметь в виду и возможность неблагоприятного воздействия ЭМП-облучения на сетчатку и другие анатомические образования зрительного анализатора.

Клинико-эпидемиологические исследования людей, подвергавшихся производственному воздействию СВЧ-облучения при интенсивности ниже 10 мВт/см², показали отсутствие каких-либо проявлений катаракты.

Воздействие ЭМП с уровнями, превышающими допустимые, может приводить к изменениям функционального состояния центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, нарушению обменных процессов и др. При воздействии значительных интенсивностей СВЧ могут возникать более или менее выраженные помутнения хрусталика глаза. Нередко отмечаются изменения в составе периферической крови. Начальные изменения в организме обратимы. При хроническом воздействии ЭМП изменения в организме могут прогрессировать и приводить к патологии.

Интенсивность электромагнитных полей радиочастот на рабочих местах персонала, проводящего работы с источниками ЭМП, и требования к проведению контроля регламентируют специальные ГОСТы.

Средства и методы защиты от ЭМП подразделяются на три группы: организационные, инженерно-технические и лечебно-профилактические.

Организационные мероприятия предусматривают предотвращение попадания людей в зоны с высокой напряженностью ЭМП, создание санитарнозащитных зон вокруг антенных сооружений различного назначения.

Общие принципы, положенные в основу инженерно-технической защиты, сводятся к следующему: электрогерметизация элементов схем, блоков, узлов установки в целом с целью снижения или устранения электромагнитного излучения; защита рабочего места от облучения или удаление его на безопасное расстояние от источника излучения. Для экранирования рабочего места используют различные типы экранов: отражающие и поглощающие.

В качестве средств индивидуальной защиты рекомендуются специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани, и защитные очки. Лечебно-профилактические мероприятия должны быть направлены прежде всего на раннее выявление нарушений в состоянии здоровья работающих. Для этой цели предусмотрены предварительные и периодические медицинские осмотры лиц, работающих в условиях воздействия СВЧ, — 1 раз в 12 месяцев, УВЧ и ВЧ-диапазона — 1 раз в 24 месяца [13].

4.2 Оценка уровня воздействия электромагнитных полей (ЭМП) различных диапазонов частот

Оценка ЭМП различного диапазона частот осуществляется раздельно по напряженностям электрического поля (E, кВ/м) и магнитного поля (H, A/м) или индукции магнитного поля (B, мкТл), в диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц по плотности потока энергии (ППЭ, Вт/м2), в диапазоне частот 30 кГц - 300 ГГц - по величине энергетической экспозиции.

Поскольку стандарт мобильного вещания DVB-H работает в диапазоне частот 470—862 МГц (или часть этого диапазона), то оценку воздействия ЭМП следует рассчитывать для диапазона 300 МГц – 300 ГГц по плотности потока энергии.

Предельно допустимый уровень ЭМП для средств связи и телевизионного вещания определяется по формуле:

$$E_{\Pi Д У} = 21 \cdot f^{-0.37},$$
 (4.1)

где $E_{\text{пду}}$ — значение предельно допустимого уровня напряженности электрического поля, B/м;

f – частота, М Γ ц.

$$E_{\text{TUIV}} = 21.862^{-0.37} = 1,72 \text{ B/m}.$$

Таблица 4.1 – Максимальные ПДУ напряженности и плотности

потока энергии ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц

	notoka one primi ottiri Anamasona naeror so ki gi soo ri g					
	ЭЭпду в диапазонах частот, МГц					
Параметр	0,03-3,0	3,0-30,0	30,0-50,0	50,0-300,0	300,0- 300000,0	
$E, (B/M)^2$	500	295	80	80	_	
$H, (A/M)^2$	50	_	0,3	_	_	
ППЭ,					1000	
мкВт/см ²	_	_	_	_	5000*	

Предельно допустимый уровень плотности потока энергии при локальном облучении кистей рук при работе с микрополосковыми устройствами определяется по формуле:

$$IIII \ni_{\Pi J Y} = \frac{K \cdot \Im \ni_{\Pi II \ni_{\Pi J Y}}}{T}, \tag{4.2}$$

где $ЭЭ_{\Pi\Pi Э\Pi ДУ}$ — предельно допустимый уровень энергетической экспозиции потока энергии, равная 200 мкВт/см 2 (таблица 4.2);

К –коэффициент ослабления биологической эффективности, равный 12,5;

Т – время пребывания в зоне облучения за рабочий день (рабочую смену), ч.

$$\Pi\Pi \Theta_{\Pi\Pi Y} = \frac{12,5 \cdot 200}{8} = 312,5 \text{ мкВт/см}^2.$$

Предельно допустимые уровни энергетических экспозиций (ЭЭ_{пду}) на рабочих местах персонала за смену приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 — Предельно допустимые уровни энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот 30 кГц — 300 ГГц

	ЭЭпду в диапазонах частот, МГц					
Параметр	0,03-3,0	3,0-30,0	30,0-50,0	50,0-300,0	300,0- 300000,0	
ЭЭ _Е , (В/м) ² ∙ч	20000	7000	800	800	_	
$ЭЭ_{H}$, $(A/M)^2 \cdot \Psi$	200	-	0,72	_	_	
ЭЭ _{ппэ} , мкВт/см ²	_	_	_	_	200	

Таблица 4.3 — Предельно допустимые уровни ЭМП диапазона частот 30 кГц — 300 ГГц для населения

истот 50 кг ц	эоотт ц для пассления					
Диапазон	30-300	0,3-3 МГц	3-30 МГц	30-300	0,3-300	
частот	кГц	0,5 5 1/11 14	3 30 WH H	МΓц	ГГц	
		Плотность				
Нормируемый		потока				
параметр	т т т папряженность электрического поля Е. В/м					
парамстр						
		мкВт/см2				
Предельно						
допустимый	25	15	10	3	1000	
уровень						

Во всех случаях максимальное значение $\Pi\Pi \ni_{\Pi J Y}$ не должно превышать $50~{\rm Bt/m}^2~(5000~{\rm mkBt/cm}^2)$.

Энергетическая экспозиция по плотности потока энергии в диапазоне частот $300~\text{M}\Gamma\text{ц}-300~\Gamma\Gamma\text{ц}$ определяется по формуле:

$$\Im \Im_{\Pi\Pi\Im} = \Pi\Pi \Im \cdot T, \tag{4.3}$$

где $\Pi\Pi\Theta$ – плотность потока энергии (мк $B\tau/cm^2$).

$$ЭЭ_{\Pi\Pi \ni} = 312, 5 \cdot 8 = 2500 \text{ мкВт/см}^2.$$

4.3 Расчет биологически опасной зоны для диапазона частот 300 – 3000 МГц (для передающих антенн телевещания)

Для определения санитарно-защитной зоны и зоны ограничения застройки плотность потока электромагнитной энергии рассчитывается по формуле [13]:

$$R(\theta, \phi) = \sqrt{\frac{8 \times P \times G \times \eta}{\prod_{IIJIV}}} \times K \times F(\theta) \times F(\phi), \tag{4.4}$$

где $R(\theta, \phi)$ - расчетная дальность до границы БОЗ в полярных координатах(м);

Р- мощность передатчика (Вт);

η- ослабление сигнала передатчика в АФУ (раз);

G - коэффициент усиления антенны (раз);

θ- угол отклонения от оси основного излучения антенны (град);

 $\Pi_{\Pi Д Y}$ - предельно-допустимая плотность потока мощности (мкВт/см 2);

Кф- коэффициент влияния подстилающей поверхности (принят за 1);

 $F(\theta)$ - нормированная по мощности диаграмма направленности антенны в вертикальной плоскости;

 $F(\phi)$ - нормированная по мощности диаграмма направленности антенны в горизонтальной плоскости;

 $\Pi_{\Pi J Y}$ — предельно-допустимое значение плотности потока мощности электромагнитного поля, 10 мкВт/см².

Биологически-опасная зона антенны повторяет форму диаграммы направленности в горизонтальной и вертикальной плоскости.

Форму поперечного сечения биологически опасной зоны рассчитаем при помощи формул:

для горизонтальной плоскости:

$$R_z = R_{max} \cdot \sin \varphi, R_x = R_{max} \cdot \cos \varphi;$$
 (4.4)

для вертикальной плоскости:

$$R_z = R_{max} \cdot \sin\theta, R_x = R_{max} \cdot \cos\theta.$$
 (4.5)

Значение R_z указывает на отклонение БОЗ от оси излучения антенны, перпендикулярно к ней на расстоянии R_x от центра излучения вдоль оси.

Для определения максимального радиуса БОЗ примем $F(\theta)=1$ и $F(\phi)=1$. Тогда для проектируемой сети DVB-H со следующими параметрами передатчика и антенны максимальный радиус БОЗ P=1кВт, G=14,2 дБи, $\Pi_{\Pi J J V}=10$ мкВm/c M^2 составит $R_{max}=19.591$ м.

Таблица 4.4 – Параметры БОЗ в горизонтальной плоскости

φ,°	F(φ), дБ	F(φ), pa3	Rz	Rx	Rmax
0	0	1.000	0.000	19.591	19.591
6	-0.07	0.984	-2.015	19.278	19.172
10	-0.23	0.948	-3.226	18.581	18.298
20	-0.98	0.798	-5.347	15.634	14.691
30	-2.27	0.593	-5.808	11.616	10.060
40	-4.08	0.391	-4.922	7.657	5.866
50	-6.43	0.228	-3.414	4.457	2.865
60	-9.3	0.117	-1.993	2.302	1.151
70	-12.55	0.056	-1.023	1.089	0.372
80	-15.8	0.026	-0.507	0.515	0.089
90	-18.88	0.013	-0.254	0.254	0.000
100	-21.42	0.007	-0.139	0.141	-0.025
110	-23.42	0.005	-0.084	0.089	-0.030
120	-25.38	0.003	-0.049	0.057	-0.028
130	-27.47	0.002	-0.027	0.035	-0.023
140	-29.34	0.001	-0.015	0.023	-0.017
150	-31.5	0.0007	-0.007	0.014	-0.012
160	-35.31	0.0003	-0.002	0.006	-0.005
170	-42.9	0.000	0.000	0.001	-0.001
180	-39.58	0.000	0.000	0.002	-0.002
190	-35.64	0.000	0.001	0.005	-0.005
200	-36.14	0.000	0.002	0.005	-0.004
230	-42.33	0.0001	0.001	0.001	-0.001
240	-36.49	0.000	0.004	0.004	-0.002
250	-30.21	0.001	0.018	0.019	-0.006
260	-24.69	0.003	0.066	0.067	-0.012
270	-20.05	0.010	0.194	0.194	0.000
280	-15.94	0.025	0.491	0.499	0.087
290	-12.32	0.059	1.079	1.148	0.393
300	-9.15	0.122	2.063	2.383	1.191
310	-6.51	0.223	3.352	4.376	2.813
320	-4.24	0.377	4.744	7.380	5.653
330	-2.45	0.569	5.572	11.144	9.651
340	-1.12	0.773	5.177	15.138	14.225

350	-0.3	0.933	3 175	18.284	18 006

Таблица 4.5 — Параметры БОЗ в горизонтальной плоскости

в в розвительной плоскости в в розвительной в в розвительной плоскости в в розвительной в в

θ , $^{\circ}$	F(θ), дБ	$F(\theta)$, pas	Rz	Rx	Rmax
0	0	1.000	0.000	19.591	19.591
6	-1.76	0.667	-1.366	12.992	13.064
10	-5.33	0.293	-0.997	5.655	5.742
20	-20.62	0.009	-0.058	0.160	0.170
30	-18.15	0.015	-0.150	0.260	0.300
40	-18.29	0.015	-0.187	0.222	0.290
50	-17.46	0.018	-0.269	0.226	0.352
60	-26.7	0.0021	-0.036	0.021	0.042
70	-35.11	0.000	-0.006	0.002	0.006
80	-28.71	0.0013	-0.026	0.005	0.026
90	-29.12	0.0012	-0.024	0.000	0.024
100	-33.19	0.0005	-0.009	-0.002	0.009
110	-33.9	0.0004	-0.007	-0.003	0.008
120	-32.86	0.0005	-0.009	-0.005	0.010
130	-39.74	0.00011	-0.002	-0.001	0.002
140	-47.11	0.00002	0.000	0.000	0.000
150	-51.49	0.0000	0.000	0.000	0.000
160	-43.25	0.0000	-0.0003	-0.001	0.001
170	-35.41	0.00029	-0.0010	-0.006	0.006
180	-27.72	0.002	0.0000	-0.033	0.033
190	-31.04	0.0008	0.0027	-0.015	0.015
200	-47.42	0.00002	0.0001	0.000	0.000
230	-40.3	0.0001	0.001	-0.001	0.002
240	-34.87	0.00033	0.006	-0.003	0.006
250	-36.04	0.0002	0.005	-0.002	0.005
260	-34.95	0.000	0.006	-0.001	0.006
270	-35.15	0.000	0.006	0.000	0.006
280	-35.99	0.000	0.005	0.001	0.005
290	-38.81	0.000	0.002	0.001	0.003
300	-27.09	0.002	0.033	0.019	0.038
310	-19	0.013	0.189	0.159	0.247
320	-20.9	0.008	0.102	0.122	0.159
330	-17.45	0.018	0.176	0.305	0.352
340	-19.62	0.011	0.073	0.201	0.214
350	-5.53	0.280	0.952	5.400	5.484

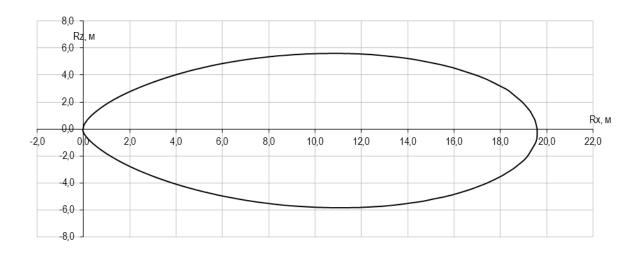


Рисунок 5.1 – Ширина БОЗ в горизонтальной плоскости на расстоянии Rx от антенны вдоль линии горизонта по направлению излучения

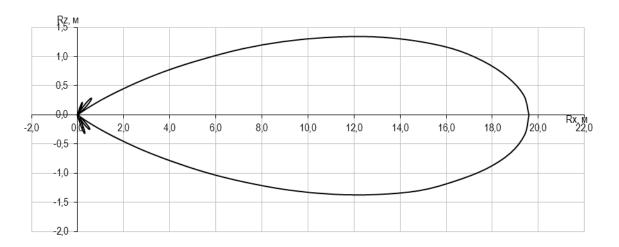


Рисунок 5.2 – Ширина БОЗ в вертикальной плоскости, на расстоянии Rx от антенны вдоль линии горизонта по направлению излучения

Максимальный радиус биологически-опасной зоны от антенн с коэффициентом усиления 14,2 дБи для частоты 470-862 МГц в направлении максимального излучения равен 44,7 м от центра излучения.

В вертикальном сечении БОЗ повторяет диаграмму направленности. Максимальное отклонение от оси в вертикальном сечении составляет 1,36 м на расстоянии 44,7 м от центра излучения.

Заключение

Для полного покрытия города Алматы вещанием DVB-H, с учетом особенностей контента поставляемого для мобильных устройств (низкое разрешение, короткие информационные материалы и т. п.), а также с учетом рельефа города определены следующие технические параметры для внедрения сети DVB-H: выходная мощность передатчика $P_{\text{вых}} = 1$ кВт, коэффициент усиления антенн $G_A = 14,2$ дБд, медианная напряженность поля для 95 % времени и 95 % мест $E_{\text{мед}} = 55.2 \text{ дБмкВ/м}$. Расчет был произведен с охватом примыкающих к городу населенных пунктов с учетом на расширение сети DVB-H. Для обеспечения максимально надежного мобильного приема, а также приемлемое качество «картинки» вещание будет проводится в режиме модуляции 16QAM при скорости кода 2/3 с применением MPE-FEC (скорость кода 2/3), тем самым обеспечивая дополнительную помехоустойчивость. Учитывая горно-долинный рельеф города, целесообразно разместить радиовещательный комплекс на телебашне «Коктобе», а также применить систему антенн с диаграммой направленности 180°, азимут 310°.

Так как внедрение сети DVB-H носит коммерческий характер, в экономической части дипломного проекта был рассчитан срок окупаемости проекта, который составил 0,56 года.

В разделе «Безопасности жизнедеятельности» была рассчитана санитарно-биологическая зоны антенны при мощности передатчика $P_{\text{вых}} = 1 \text{ кВт}$ и коэффициенте усиления $G_A = 14,2$ дБи, составившая в направлении максимального излучения 44,7 метров.

Список принятых сокращений

Сокращение полное наименование

ATSC Advanced Television Systems Committee
ISDB Integrated Service Digital Broadcasting
GSM Global System for Mobile Communications
DVB-H Digital video broadcasting – Handheld

MPEG Moving Picture Experts Group

COFDM Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing

TPS Transmission Parameter Signalling

IP Internet Protocol

MAC Media Access Control

MPE Multi-Protocol Encapsulation

ETSI European Telecommunications Standards Institute

QPSK Quadrature phase-shift keying QAM Quadrature amplitude modulation

DVB-T Digital video broadcasting – Terrestrial

Список литературы

- 1 Рекомендация MCЭ-R BT.1833-2. Радиовещание для приема на подвижные портативные приемники сигналов мультимедийных применений и применений передачи данных.
 - 2 Бителева А. Система вещания DVB-H // «Теле-Спутник» 2006, №6.
- 3 Песков С.Н., Подолянова А.Н. Расчет зоны покрытия для цифрового эфирного вещания DVB-T/H. Часть 1. // «Теле-Спутник» 2008, №5.
- 4 Песков С.Н., Подолянова А.Н. Расчет зоны покрытия для цифрового эфирного вещания DVB-T/H. Часть 2. // «Теле-Спутник» 2008, №6.
- 5 ETSI TR 102 377 v/1.2.1 (2005-11) «Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Quidelines».
- 6 Песков С.Н. Аналитические методы расчета напряженности поля, создаваемой передатчиком // Теле-Спутник, 2008. № 10.
- 7 Песков С.Н., Колпаков И.А., Колгатин С.Ю. Рекомендации по внедрению DVB эфирного вещания. Сетевое планирование // «Теле-Спутник» №8, 2007.
- 8 Сети телевизионного и звукового ОВЧ ЧМ вещания: Справочник/М.Г. Локшин, А.А. Шур, А.В. Кокорев, Р.А. Краснощѐков. М.: Радио и связь, 1988.
- 9 Рекомендация МСЭ R.1546-3. Критерии планирования для услуг наземного цифрового телевидения в диапазонах ОВЧ/УВЧ.
- 10 Рекомендация МСЭ-R BT.1368-8. Критерии планирования для услуг наземного цифрового телевидения в диапазонах ОВЧ/УВЧ.
- 11 Recommendation ITU-R P.1546-1 (Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz), Женева, 2003г.
- 12 Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Методические указания по выполнению экономического раздела выпускной работы бакалавров для студентов всех форм обучения специальности. Алматы: АИЭС, 2008.
- 13 Санитарно-эпидемиологические правила и нормы. Требования к эксплуатации радиоэлектронных средств и условиям работы с источниками электромагнитного излучения. Мн.: Министерство здравоохранения Республики Казахстан, 2007.
- 14 Описание и получение данных SRTM, «GIS-Lab». Интернет ссылка: http://gis-lab.info/qa/srtm.html.
- 15 Передатчик «Микротек-TTU1000». Интернет страница «ТВ передатчики ДМВ». ТОО «Микротек». Интернет ссылка: http://www.microtec.ru/product/29.
- 16 ТВ антенна ATU-P45 IV-V диапазон. Интернет страница «ТВ передатчики ДМВ». ТОО «Микротек». Интернет ссылка: http://www.microtec.ru/product/21.

Приложение **А** Профили рельефов местности в расчетных направлениях



Рисунок А1 - Профиль пролета в направлении Алгабас

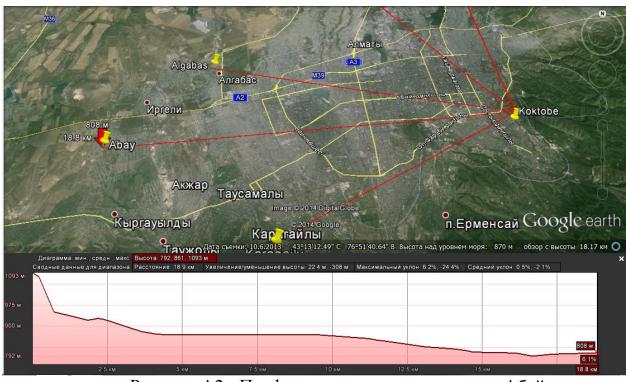


Рисунок А2 - Профиль пролета в направлении Абай

Продолжение приложения А

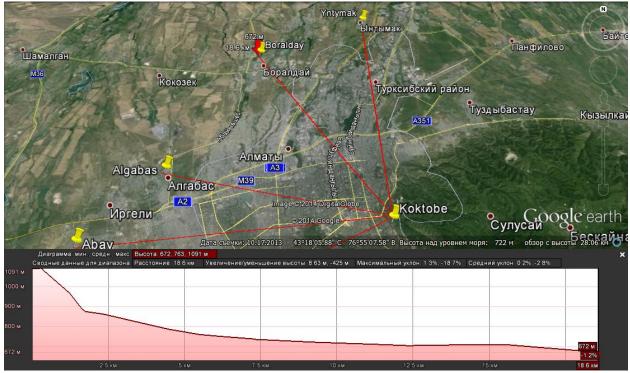


Рисунок АЗ - Профиль пролета в направлении Боралдай

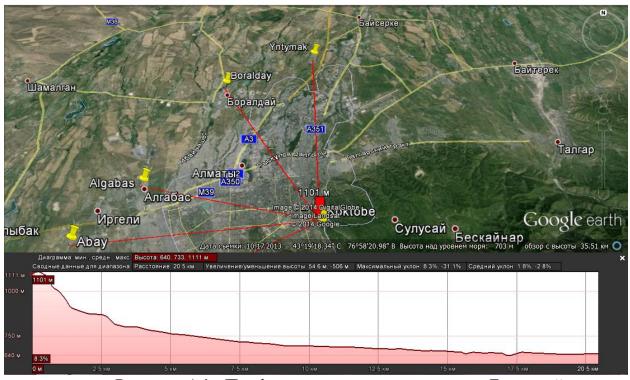


Рисунок А4 - Профиль пролета в направлении Боралдай

Окончание приложения А

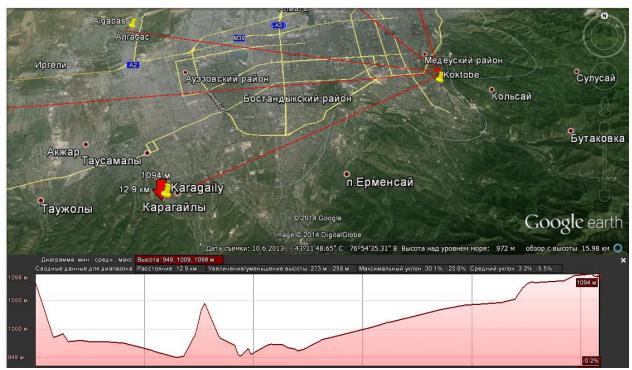
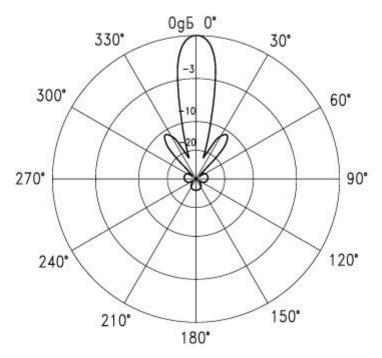


Рисунок А5 - Профиль пролета в направлении Карагайлы

Приложения Б Диаграмма направленности антенны «ATU-P45 IV-V диапазон»

Диаграмма направленности антенны ATU-P45(одна панель)
Вертикальная плоскость



Горизонтальная плоскость

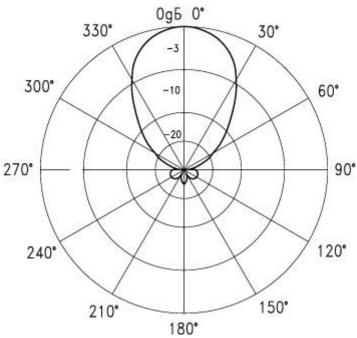


Рисунок Б1 — Диаграмма направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях