

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН**

**Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ  
ИМЕНИ ГУМАРБЕКА ДАУКЕЕВА**

**Кафедра \_\_\_\_\_ Телекоммуникационных сетей и систем**

**«Допущен к защите»  
Заведующий кафедрой  
Темырканова Э.К. доктор PhD  
(Ф.И.О., ученая степень, звание)  
\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ г.  
(подпись)**

***ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ***

**На тему:** Исследование целесообразности перехода к стандарту спутникового вещания DVB-S2x

**Специальность:** 5B071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

**Выполнил (а) :** Ақышев Ә.Д.  
(Фамилия и инициалы) \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_

**Научный руководитель** Чайко Е.В доктор PhD, профессор  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ г.  
(подпись)

**Консультанты:**

**по технической части:** доцент Урусова Т.А  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ г.  
(подпись)

**по экономической части:** к.э.н. профессор, доктор Ибришев Н.Н  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ г.  
(подпись)

**по безопасности жизнедеятельности:** доцент Бекбасаров Ш. Ш  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ г.  
(подпись)

**по применению вычислительной техники:** доцент Урусова Т.А.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ г.  
(подпись)

**Нормоконтролер:** доцент Гармашова Ю.М.  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ г.  
(подпись)

**Рецензент:** \_\_\_\_\_  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 20\_\_ г.  
(подпись)

**Алматы 2020 г.**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН**

**Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ  
ИМЕНИ ГУМАРБЕКА ДАУКЕЕВА**

Институт космической инженерии и телекоммуникаций (ИКИТК)  
Специальность Радиотехника, электроника и телекоммуникаций  
Кафедра Телекоммуникационных сетей и систем

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение дипломного проекта

Студент \_\_\_\_\_ Ақышев Әділжан Даулетұлы \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта \_\_\_\_\_ Исследование целесообразности перехода к стандарту  
спутникового вещания DVB-S2x

\_\_\_\_\_ утверждена приказом ректора № 147 от « 11 » 11 2019 г.  
Срок сдачи законченной работы « 25 » 05 \_\_\_\_\_ 2020 г.  
Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов  
проектирования (исследования) и исходные данные объекта:

Коэффициент усиления антенны на передаче - 27дБ, точность удержания на орбите  $\pm 0,2^\circ$  (в направлении с-ю/з-в), плотность потока насыщения SFD - 87...-69 дБВт/м<sup>2</sup>. Параметры земной станции в г.Алматы: координаты места положения: 43°,15' с.ш. 76°,55' в.д., эффективная полоса частот - 36 МГц, коэффициент шума приемника - 6 дБ, эквивалентная шумовая температура антенны -  $T_A = 145^\circ$  К, коэффициент передачи волноводного тракта – 0,9, коэффициент усиления антенны – 56 дБ.

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

- 1 Цифровое видеовещание в Казахстане
- 2 Описание систем передачи данных
- 3 Спецификация подсистем
- 4 Расчетная часть
- 5 Программная часть
- 6 Выбор оборудования
- 5 Безопасность жизнедеятельности
- 6 Экономическая часть

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

- 1 Зона покрытия DVB-S2х
- 2 Сравнение спектральной эффективности DVB-S2х и DVB-S2
- 3 Битовое отображение в созвездиях
- 4 Основные расчетные соотношения
5. Программный расчет : Расчет углов для установки спутниковой антенны
- 5.1 Азимут на солнце KazSat – 3
- 5.2 Расчет наклона оффсетной антенны
- 5.3 Угол поднятия с учетом высоты и близости препятствий, нарушающих прямую видимость с ИСЗ
- 6 Выбор оборудования
- 7 Система газового пожаротушения
8. Экономическая часть
9. Заключение

Рекомендуемая основная литература

- 1 ETSI TS 102 005: "Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of video and audio coding in DVB services delivered directly over IP"
- 2 M. Eroz, F.-W. Sun and L.-N. Lee, "DVB-S.2 Low Density Parity Check Codes with near Shannon Limit Performance", submitted to IJSC
- 3 ETSI EN 300 468: "Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems"
- 4 A. Morello, R. Rinaldo, M. Vazquez-Castro, "DVB-S.2 ACM modes for IP and MPEG unicast applications", submitted to IJSC

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Спец. часть	Урусова Т.А	25.05.2020	Урусова
Экономика	Ибришев Н.Н	25.05.2020	Ибришев
БЖД	Бекбасаров Ш. Ш	25.05.2020	Бекбасаров
Выч. техника	Урусова Т.А	25.05.2020	Урусова
Нормоконтроль	Гармашова Ю.М.	4.05-6.05.20	Гармашова

# Г Р А Ф И К

## подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Цифровое видеовещание в Казахстане	25.01.-17.02.2020	
2	Описание систем передачи данных	19.02.-01.03.20	
3	Спецификация подсистем	02.03.-14.03.20	
4	Sattelite Antenna Alignment	14.03.-17.03.20	
5	Расчетная часть	18.03.-30.04.20	
6	Безопасность жизнедеятельности	01.05.-14.05.20	
7	Экономическая часть	16.05.-25.05.20	

Дата выдачи задания «\_04\_»\_\_октября\_\_2019\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Темырканова Э.К.  
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель \_\_\_\_\_ Чайко Е.В.  
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент \_\_\_\_\_ Акышев Э.Д.  
(подпись) (Фамилия и инициалы)

## **Аннотация**

В данной дипломной работе произведен анализ перехода к стандарту спутникового вещания DVB-S2x. В работе осуществлено исследование ситуации на данное время на примере отечественных и зарубежных оценок, сделаны теоретические выводы и практические расчеты зоны покрытия и слабых зон сигнала, произведен выбор оборудования для модернизации, рассмотрена безопасность жизнедеятельности и охраны труда на рабочих местах, вывод экономических затрат и окупаемости проекта.

## **Аңдатпа**

Бұл дипломдық жұмыста DVB-S2X жерсеріктік хабар тарату стандартына көшуге талдау жүргізілді. Жұмыста қазіргі уақытта отандық және шетелдік үлгілерінде жағдайды зерттеу жүзеге асырылды, қамту аймағы мен сигналдың әлсіз аймақтарын теориялық және практикалық есептері жасалды, жұмыс орындарында еңбек қорғау және өмір тіршілігінің қауіпсіздігі қарастырылды, экономикалық шығындарды және жобаның өзін-өзі ақтауын пайымдалды.

## **Annotation**

This project analyzes the transition to the DVB-S2X satellite broadcasting standard. The study of the situation at this time on the example of domestic and foreign estimates, made theoretical and practical calculations of the coverage area and weak signal zones, the choice of equipment for modernization, considered the safety of life and labor protection in the workplace, the conclusion of economic costs and payback of the project.

## Содержание

Введение	7
1 Цифровое видеовещание в Казахстане.....	8
1.1 OTAU TV.....	8
1.2 KazSat-3.....	9
2 Описание систем передачи данных.....	11
2.1 Отличие DVB-S2x от DVB-S2.....	11
2.2 Системная архитектура.....	13
2.3 Конфигурация системы.....	15
3 Спецификация подсистем.....	19
3.1 Адаптация режима.....	19
3.2 Интерфейс ввода.....	20
3.3 Адаптация потока.....	25
4 Программная часть.....	35
4.1 Sattelite Antenna Alignment.....	35
4.2 HEVC.....	36
5 Расчетная часть.....	39
5.1 Особенности энергетики спутниковой связи.....	39
5.2 Расчет затухания энергии сигнала в свободном пространстве.....	39
5.3 Расчет угла места земной станции.....	41
5.4 Расчет дополнительного затухания энергии сигнала на линии вниз....	41
5.5 Расчет ослабления уровня сигнала в нормальной атмосфере.....	42
5.6 Расчет ослабления уровня сигнала, вызванного дождем.....	43
5.7 Расчет ослабления уровня сигнала, вызванного туманом и проч.....	47
5.8 Расчет ослабления уровня сигнала, из-за рефракции.....	48
5.9 Расчет шумовых факторов.....	48
5.10 Расчет мощности передатчика ИСЗ.....	50
6 Безопасность жизнедеятельности.....	51
6.1 Основные понятия.....	51
6.2 Система пожарной безопасности.....	52
6.3 Методика расчета установок водяного и пенного пожаротушения....	54
6.4 Расчет установок пожаротушения с комбинированным составом.....	59
7 Экономическая часть.....	62
7.1 Расчеты сметы капитальных затрат.....	63
7.2 Расчеты суммы доходов.....	69
7.3 Экономический эффект.....	69
Заключение.....	71
Список сокращений.....	72
Список литературы.....	76
Приложение А Справка антиплагиата	
Приложение Б Электронная версия ДП и демонстрационные материалы	
Приложение В Раздаточные материалы (формат А4 – листов 9)	

## **Введение**

Проект цифрового видеовещания (DVB) – это отраслевой консорциум вещательных компаний, производителей, сетевых операторов, разработчиков программного обеспечения, регулирующих органов, владельцев контента и других лиц, стремящихся разработать глобальные стандарты предоставления услуг цифрового телевидения и передачи данных. DVB поощряет рыночные решения, которые отвечают потребностям и экономическим условиям заинтересованных сторон и потребителей вещательной отрасли. Стандарты DVB охватывают все аспекты цифрового телевидения - передачу через интерфейс, условный доступ и интерактивность для цифрового видео, аудио и данных.

# **1 Цифровое видеовещание в Казахстане**

## **1.1 OTAU TV**

«OTAU TV» – торговая марка, принадлежащая национальному оператору Республики Казахстан в области телерадиовещания АО «Казтелерадио». Введена в 2010 году, для «Национальной сети спутникового телерадиовещания» (НССТ РК). На 24 ноября 2017 года её абонентская база составляла св. 1,3 млн домохозяйств. С 2012 года торговая марка применяется также для «Национальной сети эфирного цифрового телерадиовещания» (НСЭЦТ РК).

С весны 2010 года были начаты работы по модернизации Национальной сети спутникового телевидения (НССТ). Приобретено, смонтировано и протестировано оборудование кодирования и мультиплексирования относительно новых (утверждены в 2005 году) общеевропейских стандартов DVB-S2/MPEG-4 в существующих Приёмно-передающих спутниковых станциях (ППСС) АО «Казахстанские телекоммуникации» «Алматы», «Астана» и «Орал». Закуплены ресиверы для замены у существующих абонентов и для подключения новых. Работы по модернизации сети выполнены путём объединения финансовых, технических и кадровых ресурсов АО «Казтелерадио» и АО «Казахстанские телекоммуникации». В общей сложности на модернизацию сети израсходованы до 1,2 млрд тенге (на 10 декабря 2010 года 1 USD = 147,38 KZT).

В ночь с 10-го на 11 декабря 2010 года осуществлён переход на стандарты вещания DVB-S2/MPEG-4/8PSK. Пропускная способность каждого транспондера из трёх использовавшихся для вещания в DVB-S2 на спутнике Intelsat 904, 60° E — до 66 Мбит/с (поднялась по сравнению с 44 Мбит/с в DigiCipher 2 / MPEG-2), количество телеканалов на транспондер — до 35 (возросло по сравнению с 16 в DigiCipher 2 / MPEG-2). Общая ёмкость спутникового тракта позволяла потенциально передавать до 105 стандартных каналов и обслуживать до 250000 клиентов (в первой фазе).

Для перехода у прежних абонентов Katelco заменили только цифровой ресивер. Для этого бесплатно были предоставлены низкобюджетные ресиверы S2400ND стандарта DVB-S2, разработанные южнокорейской компанией Homecast Co., Ltd. Особенностью этого ресивера являлась поддержка старого МШУ (конвертера) с частотой гетеродина 10,0 ГГц.

18 января 2011 года в техническом центре АО «Казтелерадио» в г. Астана при участии главы государства Нурсултана Назарбаева состоялась церемония запуска Национальной спутниковой сети телерадиовещания в цифровом стандарте DVB-S2.

31 января 2011 года Правительство РК реорганизовало АО «Казтелерадио», путём присоединения к нему АО «Казахстанские телекоммуникации», которое прежде вело вещание в стандарте DigiCipher 2/MPEG-2.



С 11 декабря 2010 года по 3 марта 2011 года вещание всех пакетов платформы шло открыто, в том числе и в период проведения в Казахстане Азиады-2011.

В середине 2011 год начато коммерческое вещание нескольких HDTV каналов.

В 2011 году организовано производство отечественных ресиверов DVB-S2/MPEG-4 АО «Завод имени С. М. Кирова» (г. Петропавловск). [17]

С 2012 года осуществляется переход от централизованных государственных закупок ресиверов к назначению генеральных дистрибьютеров по областям, работающих непосредственно с отечественным заводом-изготовителем.

До декабря 2015 года параллельное вещание в стандарте DigiCipher 2 нескольких каналов (пакет «Казтелерадио» для ретрансляторов) велось на одном из транспондеров спутника Intelsat 904.

Через казахстанский телекоммуникационный спутник KazSat-2, 86,5°Е, запущенный 16 июля 2011 года, в 2012 году была организована доставка региональных телеканалов РТРК «Казахстан», также в стандарте DVB-S2, для РТС и для вещания в пакетах «ОТАУ TV», а позже, в 2015 году — подача общенациональных каналов на РТС. Это также дало возможность довести объем спутникового вещания областных каналов до 14 часов в сутки (с 1 часа), и без перерывания телеканала «Казахстан».

Следующий спутник KazSat-3, 58,5°Е с 28 транспондерами повышенной мощности на борту был запущен 28 апреля 2014 года. 1 марта 2016 года объявлено о завершении тестов и переводе абонентов «ОТАУ TV» на данный борт. В период по сентябрь 2016 года вещание также производилось параллельно со спутника Intelsat 904.

30 ноября 2017 года было объявлено, что с 1 января 2018 года АО «Казтелерадио» прекращает оказание платных услуг спутникового телевидения. Вещание платного пакета каналов передаётся ТОО «TV Commerce» с торговой маркой «Caspio HD». Оказание услуг «ОТАУ TV» в рамках пакета «Бесплатный» будет продолжено без изменений. [11] [12]

## **1.2 KazSat – 3**

«KazSat-3» — коммерческий геостационарный телекоммуникационный спутник, изготовлен в ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» по заказу АО «Республиканский центр космической связи» (Казахстан).

Космический аппарат (КА) предназначен для размещения в точку стояния 58,5° в.д. для предоставления различных услуг связи на территории Казахстана: DTH, широкополосных систем и VSAT, передачи голоса и данных и видеоконференцсвязи

Телекоммуникационный спутник KazSat-3 с 15-летним сроком активного существования создан в АО «ИСС» по заказу АО «Республиканский центр космической связи» Республики Казахстан на базе

негерметичной платформы среднего класса «Экспресс-1000НТВ». Он предназначен для обеспечения услуг связи, телевидения и передачи данных на территории этого государства.

В соответствии с условиями контракта компания «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва» отвечала за проектирование, разработку, изготовление, интеграцию и испытания спутника KazSat-3. Кроме того, предприятием были созданы основной («Акколь») и резервный («Алматы») наземные комплексы управления. Также АО «ИСС» предоставило оператору услуги по обучению персонала и технической поддержке в процессе эксплуатации спутника.

Мощность, выделяемая для полезной нагрузки спутника, составляет 5,3 кВт, его масса – около 1743 кг.

KazSat-3 оснащен связной полезной нагрузкой производства компании Thales Alenia Space Italia S.P.A. (Италия). На нем установлено 28 транспондеров Ku-диапазона, которые обеспечивают услугами связи территорию Казахстана.

Запуск спутника KazSat-3 осуществлен 28 апреля 2014 года в паре со спутником-ретранслятором «Луч-5В».

Спустя ровно 8 месяцев после запуска «KazSat-3» на геостационарную орбиту, 29 декабря 2014 года АО «РЦКС» осуществило приемку космического аппарата связи и вещания KazSat-3 от российского производителя. 23 января 2015 года специальная комиссия, созданная приказом Казкосмоса, подписала акт о приёмке результатов по завершённому проекту создания космической системы связи «KazSat-3», включая наземный комплекс управления космическими аппаратами в городе Акколе. 1 марта 2016 года было объявлено о завершении тестов и переводе абонентов национального спутникового телевидения «OTAU TV» на данный борт. В 2017 году все телевидение страны было полностью переведено на национальные спутники связи и вещания серии «KazSat».

Через национальные спутники связи «KazSat» сегодня работает более 12 тысяч земных станций спутниковой связи. За 8 лет работы национальной космической системы связи и вещания на внутреннем рынке страны удалось добиться импортозамещения на более чем 47 млрд тенге. Планируется, что в 2019 году доход от услуг казахстанских спутников связи превысит 6 млрд тенге [18].

## **2 Описание системы передачи данных**

### **2.1 Отличия DVB-S2x от DVB-S2**

В 1994 году в Таиланде и Южной Африке были запущены первые в мире услуги цифрового спутникового телевидения. Они использовали недавно разработанную спутниковую систему цифрового видеовещания (DVB-S). Со временем DVB-S стал самой популярной системой для передачи

цифровых телевизионных передач. С тех пор технология значительно продвинулась и распространилась, что привело к увеличению потребности в усовершенствовании системы DVB-S.

Рассмотрим эти два стандарта DVB и основные различия между ними.

Одна из главных причин появления второго поколения цифрового видеовещания заключалась в том, чтобы обеспечить возможность коммерческого запуска услуг HDTV. Более конкретно, некоторые основные преимущества DVB-S2 по сравнению с DVB-S включают в себя:

- прямая коррекция ошибок проверки четности низкой плотности (LDPC);
- переменная кодовая модуляция (VCM);
- адаптивная кодовая модуляция (ACM);
- расширенные схемы модуляции до 32 APSK;
- поддержка систем на базе MPEG-2 TS и аудио-видео потоков MPEG-4.

DVB-S2 способен достичь примерно 30% кратного увеличения спектральных характеристик по сравнению с оригинальным DVB-S. Это позволяет увеличить скорость передачи битов по той же полосе частот DVB-S. Фактически она приближается к пределу Шеннона-теоретически максимальной скорости передачи информации в канале при заданном уровне шума. DVB-S2 был официально опубликован в качестве стандарта ETSI в 2005 году. DVB-S2 все еще эволюционирует с нашей постоянно меняющейся технологией. В 2012 году проект DVB утвердил новую версию спецификации, которая добавляет прием широкополосных сигналов (например, 200 МГц или 500 МГц). В сервисе по-прежнему проводятся обновления и усовершенствования.

Система DVB-S2x - это не обязательно еще одна модель DVB-S2, но расширение. Модель DVB-S2x была разработана в середине 2000-х годов и предоставляет дополнительные технологии и функции для основных приложений DVB-S2. Приложения включают в себя прямой доступ к дому (DTH), вклад, VSAT и DSNG. Он также охватывает расширенный рабочий диапазон с акцентом на предоставление услуг развивающимся рынкам, таким как сотовые устройства и 5G.

Стандарт DVB-S2x поддерживает очень низкие с/ш до -10 дБ для мобильных приложений, таких как морской, аэрокосмической, поезда и т. д. Как и DVB-S2, DVB-S2x использует схемы прямого исправления ошибок LDPC и BCH FEC в качестве внешнего кода.

DVB-S2x добавляет дополнительные функции и технологии, такие как:

- большая детализация режимов модуляции и кодирования;
- меньшие варианты отката фильтра-5%, 10%, 20% и 35%;
- новые возможности созвездия для линейных и нелинейных каналов;
- резервирование канала до 3 каналов;
- больше вариантов скремблирования для критических ситуаций взаимодействия совместного канала;

- очень низкие эксплуатационные SNR поддержки C/N до -10дБ;
- Super Frame опция.

Технологические обновления и усовершенствования также позволяют DVB-S2х использовать меньшие антенны и будущие широкополосные интерактивные сети для приложений VSAT (снижение внутрисистемных помех, перескакивание луча и многоформатные передачи).

Системное описание.

Система определяется как функциональный блок оборудования, выполняющий адаптацию цифровых сигналов базовой полосы, с выхода одного (или нескольких) мультиплексора(ов) транспортного потока MPEG (ISO/IEC 13818-1 [1]) или с выхода одного (или нескольких) универсального источника(ов) данных, к характеристикам спутникового канала. Система предназначена для поддержки исходного кодирования, определенного в стандартах ISO/IEC 13818 [1], TR 101 154 [4] и TS 102 005. Данные услуги могут перевозиться в транспортном потоке формата в соответствии с En 301 192 [5] (например, использование многопротокольной инкапсуляции), или универсального формата потока.

Если принимаемый сигнал находится выше порога  $C/N+I$ , то принятая в системе методика прямой коррекции ошибок (FEC) предназначена для обеспечения "квази-безошибочной" цели качества (QEF). Определение QEF, принятое для DVB-S2, является "менее чем одним неисправленным событием в ошибки/час передачи на уровне одного телевизионного сервисного декодера 5 Мбит/с", приблизительно соответствующим коэффициенту ошибки пакета транспортного потока на  $< 10^{-7}$  до де-мультиплексора [5] (см. рисунок 2.1).

Пример зоны покрытия, где концентрическими контурами обозначены зоны с различной плотностью потока мощности. В пределах каждого контура существует минимальный размер антенны, который совместно с выбранным форматом модуляции определяет возможность приема сервисов оператора.

На рисунке 2.2 приведен график отношения сигнал/шум спектральной эффективности. Спектральная эффективность не зависит от полосы транспондера. Её легко конвертировать в пропускную способность канала, умножив на полосу транспондера.[6]

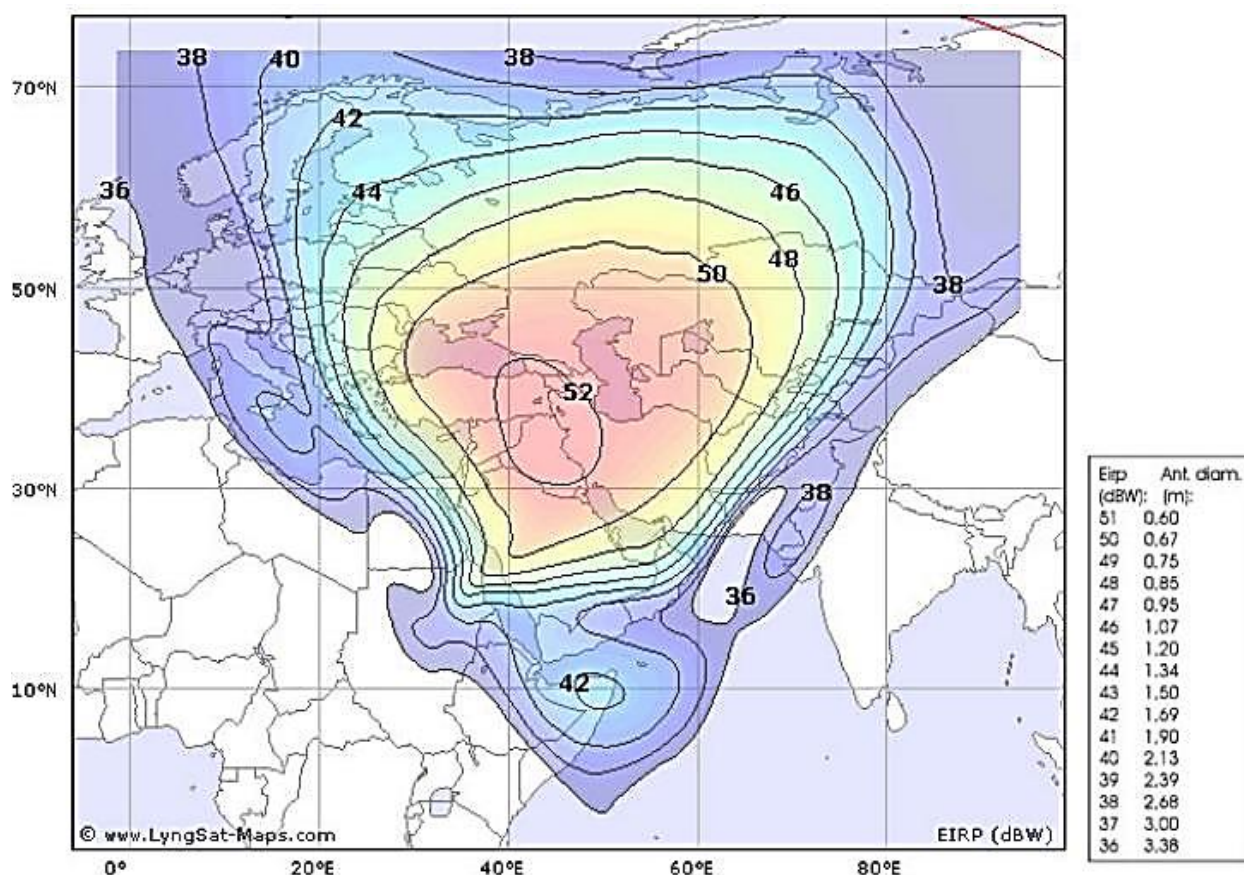


Рисунок 2.1 – зона покрытия DVB-S2x

## 2.2 Системная архитектура

В соответствии с рисунком 2.1, система DVB-S2 должна состоять из последовательности функциональных блоков, описанных ниже.

Адаптация режима должна зависеть от применения. Он должен обеспечивать сопряжение входных потоков, синхронизацию входных потоков (опционально), удаление нулевых пакетов (только для формата ввода ACM и транспортного потока), кодирование CRC-8 для обнаружения ошибок на уровне пакетов в приемнике (только для пакетных входных потоков), слияние входных потоков (только для нескольких режимов входного потока) и нарезку на поля данных. Для постоянного кодирования и модуляции (СКМ) и однократного входного транспортного потока адаптация режима должна состоять из "прозрачного" преобразования DVB-ASI (или DVB-parallel) в логический бит и кодирования CRC-8. Для адаптивного кодирования и модуляции (ACM) адаптация режима должна осуществляться в соответствии с приложением D. Перед полем данных должен быть добавлен заголовок базового диапазона, чтобы уведомить приемник о формате входного потока и типе адаптации режима. Следует отметить, что мультиплексные транспортные пакеты MPEG могут быть асинхронно сопоставлены с кадрами базового диапазона.

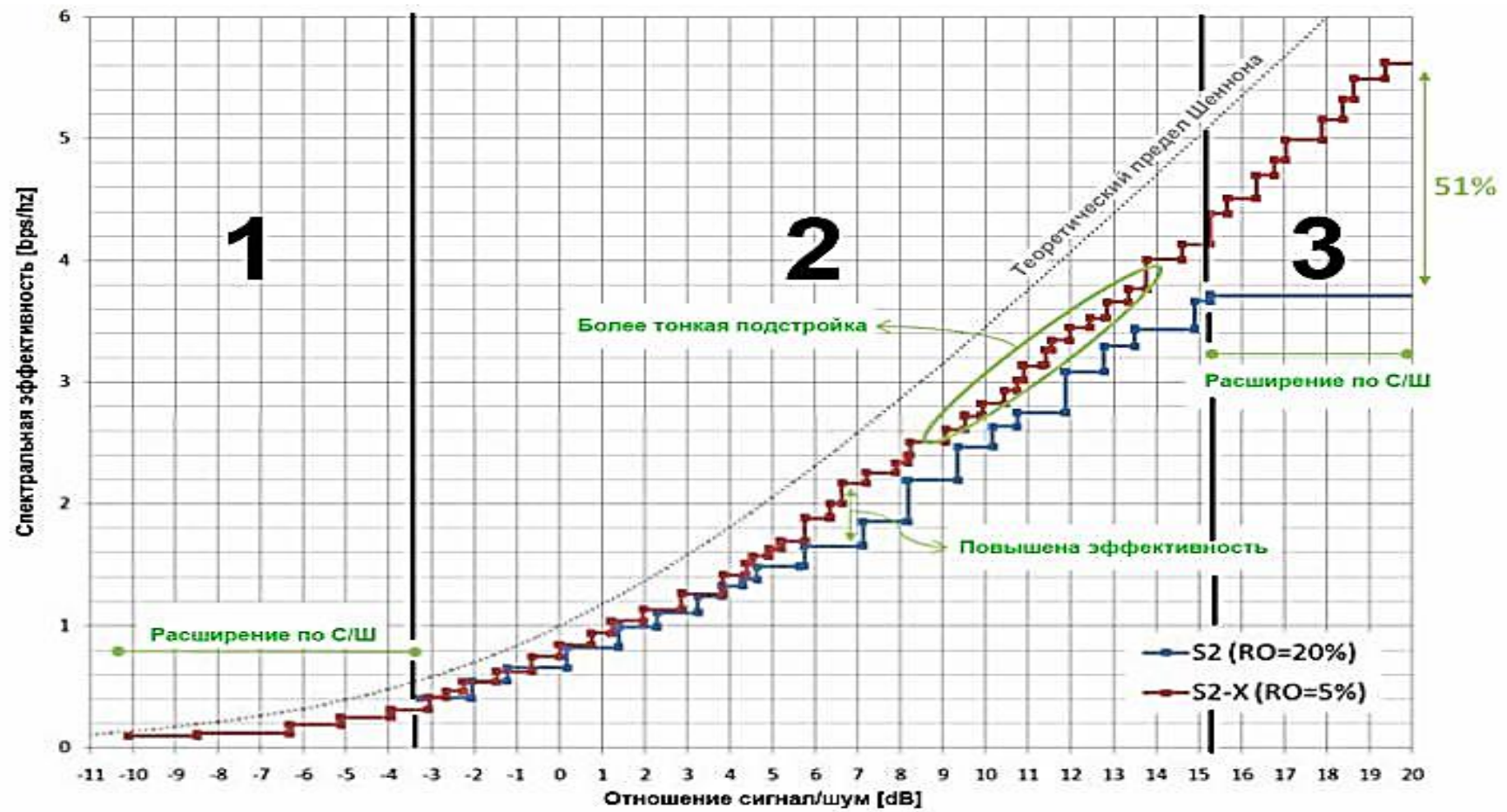


Рисунок 2.2 – Сравнение спектральной эффективности DVB-S2x и DVB-S2

Адаптация потока должна быть применена, чтобы обеспечить заполнение для завершения кадра базовой полосы и скремблирования базовой полосы. Кодирование прямой коррекции ошибок (FEC) должно осуществляться путем объединения внешних кодов BCH и внутренних кодов LDPC (Проверка четности низкой плотности) внутренние коды (частоты 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10). В зависимости от области применения кодированный блок FEC должен иметь длину  $n_{ldpc}=64800$  биты или 16 200 биты. Когда используется VCM и ACM, FEC и режим модуляции могут быть изменены в разных кадрах, но остаются постоянными в пределах кадра. Для обратно совместимых режимов битовый поток на выходе кодера FEC должен обрабатываться в соответствии с приложением F. битовое чередование должно применяться к кодированным битам FEC для 8PSK, 16APSK и 32APSK.

В зависимости от области применения применяется отображение на созвездия QPSK, 8PSK, 16APSK и 32APSK. Серое отображение созвездий должно использоваться для QPSK и 8PSK. Кадрирование физического уровня должно применяться синхронно с кадрами FEC для обеспечения вставки фиктивного кадра PLFRAME, сигнализации физического уровня (PL), вставки пилот-символов (необязательно) и скремблирования физического уровня для рассеивания энергии. Фиктивные PLFRAME передаются, когда никакие полезные данные не готовы к отправке по каналу. Система обеспечивает регулярную структуру кадрирования физического уровня, основанную на слотах модулированных символов  $M = 90$ , что обеспечивает надежную синхронизацию приемника на блочной структуре FEC. Слот предназначен для сигнализации физического уровня, включая делимитацию начала кадра и определение режима передачи. Этот механизм подходит также для настройки демодулятора VCM и ACM. Восстановление несущей в приемниках может быть облегчено введением регулярного раstra пилотных символов ( $P = 36$  пилотных символов через каждые 16 слотов по 90 символов), в то время как также доступен режим передачи без пилота, обеспечивающий дополнительную полезную емкость 2,4%.

Фильтрация базовой полосы и квадратурная модуляция применяются для формирования спектра сигнала (квадратный корень, повышенный Косинус, коэффициенты отката 0,35, 0,25 или 0,20) и формирования радиочастотного сигнала.[2].

## **2.3 Конфигурация системы**

Согласно таблице 2.1, в передающем и приемном оборудовании должны быть реализованы по меньшей мере "нормативные" подсистемы и функциональные возможности, соответствующие требованиям настоящего документа. Таблица 2.2 связывает конфигурации системы с областями применения.

В настоящем документе ряд конфигураций и механизмов определяются как "факультативные". Конфигурации и механизмы, прямо указанные в



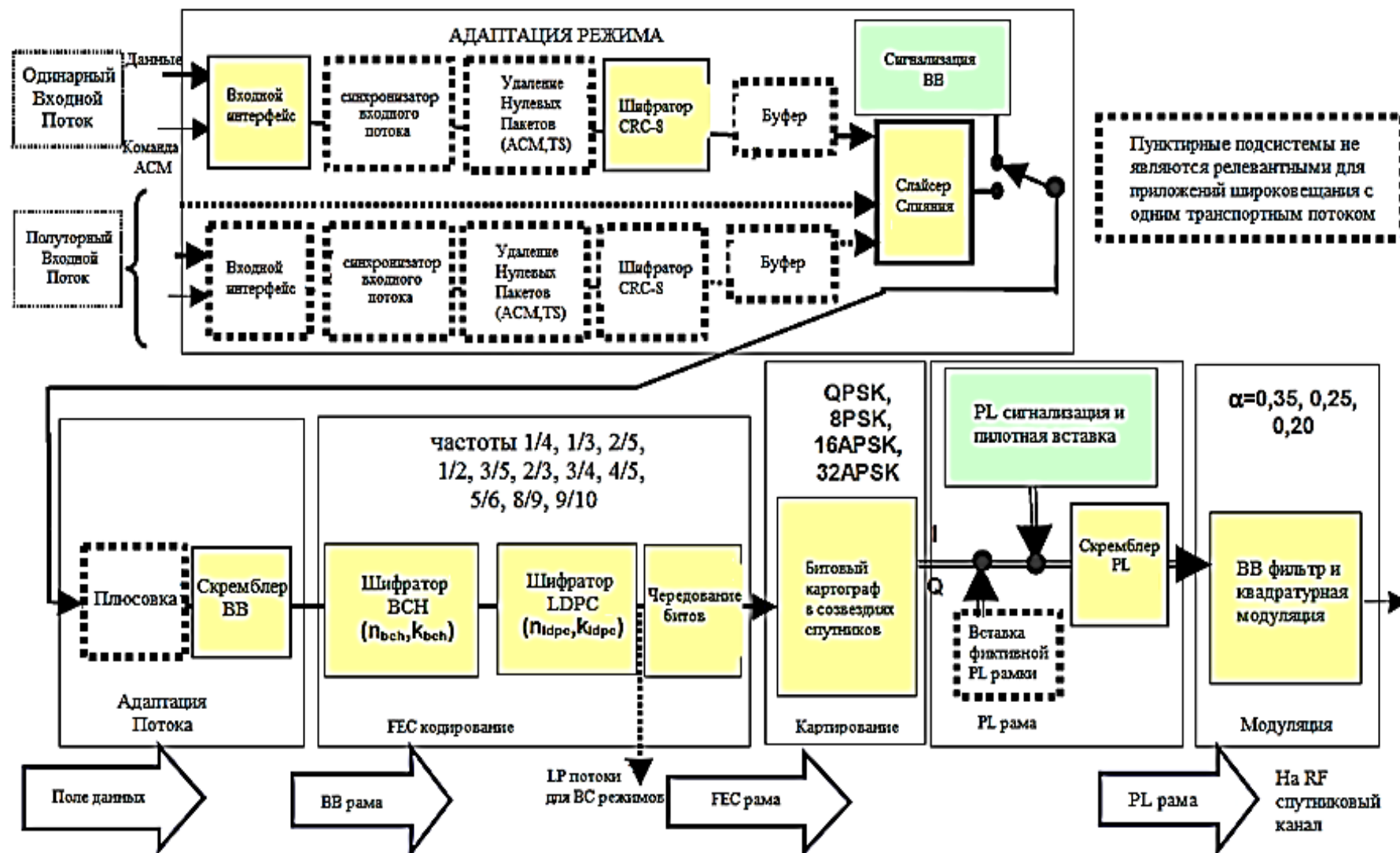


Рисунок 2.3 – Функциональная структурная схема системы DVB-S2



настоящем документе в качестве "факультативных" для данной области применения, не обязательно должны быть реализованы в оборудовании в соответствии с настоящим документом. Тем не менее, когда применяется «факультативный» режим или механизм, он должен соответствовать спецификации, приведенной в настоящем документе [1].

Таблица 2.1 – Параметры СКК семейства стандартов DVB-S2

Сигнал	DVB-S2-1 (DVB-S2)		DVB-S2-2 (DVB-S2x)	
	Расположение сигналов	Относительная скорость кода	Расположение сигналов	Относительная скорость кода
ФМ-4	4	1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10.	4	1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10, 13/45, 9/20, 11/20
ФМ-8	8	3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, 9/10	8	3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, 9/10, 23/36, 25/36, 13/18
АФМ-8	нет	нет	2+4+2	5/9, 26/45
АФМ-16	4+12	2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	4+12, 8+8	2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10, 26/45, 3/5, 28/45, 23/36, 25/36, 13/18, 7/9, 77/90
АФМ-16L	нет	нет		5/9, 8/15, 1/2, 3/5, 2/3
АФМ-32	4+12+16	3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	4+12+16, 4+8+4+16	3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10, 32/45, 11/15, 7/9
АФМ-32L	нет	нет		2/3
АФМ-64	нет	нет	16+16+16+16, 8+16+20+20, 4+12+20+28	11/15, 7/9, 4/5
АФМ-64L	нет	нет		
АФМ-128	нет	нет	16+16+16+16+16+48	3/4, 7/9
АФМ-256	нет	нет	32+32+32+32+32+32+32+32	32/45, 3/4
АФМ-256L	нет	нет		29/45, 2/3, 31/45, 11/15

Таблица 2.2 – Системные конфигурации и области применения

Конфигурация системы		Широковещательные услуги	Интерактивная услуга	DSNG	Профессиональная услуга
1		2	3	4	5
QPSK	1/4, 1/3, 2/5	O	N	N	N
	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	N	N	N	N
8PSK	3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, 9/10	N	N	N	N
16APSK	2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	O	N	N	N
32APSK	3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	O	N	N	N
CCM		N	N (примечание 1)	N	N
VCM		O	O	O	O
ACM		NA	N (примечание 2)	O	O
FECFRAME (нормальная)	64800 (биты)	N	N	N	N
FECFRAME (короткая)	16200 (биты)	NA	N	O	N
Единый Транспортный Поток		N	N (примечание 1)	N	N
Множественный Транспортный Поток		O	N (примечание 2)	O	O
Один Общий Поток		NA	N (примечание 2)	NA	O

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6
Несколько Универсальных Поток		NA	N (примечание 2)	NA	O
Откат 0,35, 0,25 и 0,20		N	N	N	N
Синхронизатор Входного Потока		NA (примечание 3)	O (примечание 3)	O (примечание 3)	O (примечание 3)
Удаление Нулевых Пакетов		NA	O (примечание 3)	O (примечание 3)	O (примечание 3)
Вставка фиктивной рамки		NA (примечание 3)	N	N	N
N=нормативный, O=оптимальный, NA=непригодный.					
<p>Примечание 1 – Приемники интерактивных услуг должны реализовывать ССМ и единый транспортный поток.</p> <p>Примечание 2 – Приемники интерактивных услуг должны реализовать АСМ, по крайней мере, в одном из двух вариантов: несколько транспортных потоков или общий поток (один/несколько входов).</p> <p>Примечание 3 – Нормативный для одиночного / множественного входного потока TS в сочетании с АСМ/VСМ или для нескольких входных потоков TS в сочетании с ССМ.</p>					

Описание спецификации подсистемы организовано в соответствии с функциональной блок- схемой на рисунке 2.3.

### 3 Спецификация подсистем

#### 3.1 Адаптация режима

Эта подсистема должна выполнять сопряжение входных данных , синхронизацию входных потоков (необязательно), удаление нулевых пакетов (только для входных потоков TS и АСМ), кодирование CRC-8 для обнаружения ошибок (только для пакетных входных потоков), слияние входных потоков (только для нескольких входных потоков) и нарезку входных потоков в полях данных. Наконец, должна быть включена сигнализация базового диапазона, чтобы уведомить приемник о принятом формате адаптации режима.

Согласно рисунку 3.1, входная последовательность(ы) является (являются):

- один или несколько транспортных потоков (TS);
- один или несколько общих потоков (упакованных или непрерывных);

Выходная последовательность – это BBHEADER (80 бит), за которым следует поле данных [3].

### 3.2 Интерфейс ввода

Система, определенная в настоящем документе, должна быть разделена интерфейсами, приведенными в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Системный интерфейс

Местоположение	Интерфейс	Тип интерфейса	Соединение	Множественность
Передающая станция	Вход	Транспортный поток MPEG [1,4](примечание 1)	От мультиплексора MPEG	Одиночный или множественный
Передающая станция	Вход (примечание 2)	Общий Поток	Из источников данных	Одиночный или множественный
Передающая станция	Вход (примечание 3)	Команда АСМ	От блока управления скоростью	Одиночный
Передающая станция	Выход	70/140 МГц IF, L-диапазон IF, RF (примечание 4)	К RF устройствам	Одиночный или множественный

Примечание 1: По соображениям совместимости рекомендуется использовать асинхронный последовательный интерфейс (ASI) с форматом 188 байт, режим пакетной передачи данных (байты регулярно распределяются во времени).

Примечание 2: Для сервисов обработки данных.

Примечание 3: Только для АСМ. Позволяет осуществлять внешнюю настройку режима передачи АСМ.

Примечание 4: IF должен быть выше, чем в два раза, ставки символа.

Подсистема входного интерфейса должна отображать входной электрический формат во внутренний логико-разрядный формат. Первый полученный бит будет обозначен как наиболее значимый бит (MSB). Транспортный поток должен характеризоваться пользовательскими пакетами (UP) постоянной длины UPL = 188 x 8 биты (один пакет MPEG), первый байт является синхронизирующим байтом (47<sub>HEX</sub>). Общий поток должен

характеризоваться непрерывным битовым потоком или потоком пользовательских пакетов постоянной длины (UP) с длиной UPL битов (максимальное значение UPL 64 К и  $UPL = 0_D$  означают что эти значения - непрерывный поток). Пакетный поток переменной длины или пакет постоянной длины, превышающий 64 Кбит, должен рассматриваться как непрерывный поток.

Для общих пакетных потоков, если синхро-байт является первым байтом UP, он должен быть оставлен без изменений, в противном случае перед каждым пакетом должен быть вставлен синхро-байт  $= 0_D$ , а UPL должен быть увеличен на восемь. UPL сведения могут быть получены путем статической настройки модулятора. Сигнальный вход "АСМ Command" должен позволять устанавливать с помощью внешнего "блока управления режимом передачи" параметры передачи, которые должны быть приняты модулятором DVB-S.2 для определенной части входных данных. Команда АСМ должна быть выполнена в соответствии с пунктом D.1. [4]

Синхронизатор входного потока (опционально, не относится к отдельным TS-BS)

Обработка данных в модуляторе DVB-S2 может привести к переменной задержке передачи информации о пользователе. Подсистема синхронизации входного потока (опционально) должна обеспечивать соответствующие средства для обеспечения постоянной скорости передачи битов (CBR) и постоянной сквозной задержки передачи для пакетных входных потоков (например, для транспортных потоков).

Удаление нулевых пакетов (только АСМ и транспортный поток)

Для режимов АСМ и формата входных данных транспортного потока необходимо идентифицировать нулевые пакеты MPEG ( $PID = 8191_D$ ) и удалить их. Это позволяет снизить скорость передачи информации и повысить защиту от ошибок в модуляторе. Процесс осуществляется таким образом, что удаленные нуль-пакеты могут быть повторно вставлены в приемник в том же самом месте, где они первоначально были.

Если  $UPL = 0_D$  (непрерывный общий поток), то эта подсистема должна передавать входной поток вперед без изменений. Если входной поток  $UPL \neq 0_D$  это последовательность пакетов, длина битов UPL предшествует синхронизации байтов (синхронизирующий байт должен быть  $= 0_D$  уровня, когда исходный поток не содержит синхронизации байта). Полезная часть UP (исключая синхро-байт) должна обрабатываться систематическим 8-битным кодером CRC. Генераторный полином должен иметь следующие обозначения

$$g(x)=(X.^5+X.^4+X.^3+X.^2+1)(X.^2+X+1)=X.^8+X.^7+X.^6+X.^4+X.^2+1.$$

Выход кодера CRC должен быть рассчитан следующим образом

$$CRC = \text{remainder} [X.^8 u(X) : g(X)],$$

где,  $u(X)$  - входная последовательность (UPL-8 бит), подлежащая систематическому кодированию.

На рисунке 3.1 представлена возможная реализация генератора CRC с помощью сдвигового регистра (Примечание: регистр должен быть инициализирован всеми нулями до того, как первый бит каждой последовательности войдет в схему). Вычисленный CRC-8 должен заменить синхро-байт последующих действий. Синхронизирующий байт копируется в поле SYNC от BBHEADER для передачи.

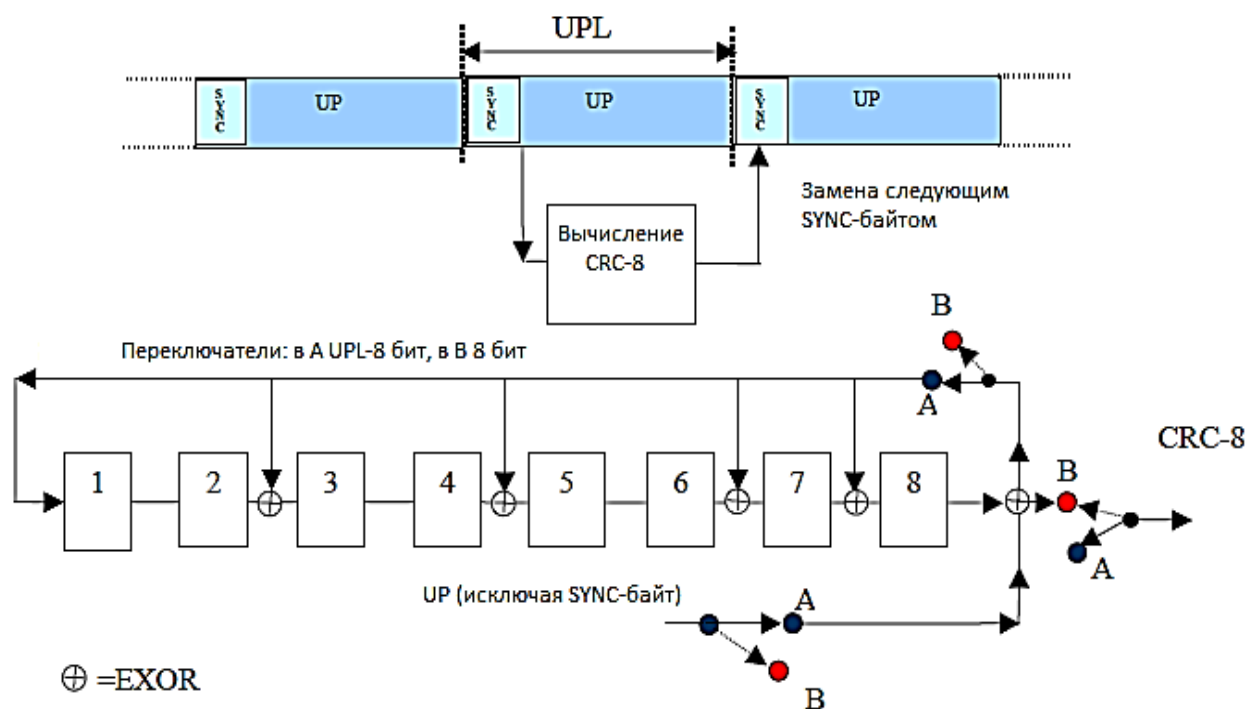


Рисунок 3.1 – Реализация кодера CRC-8

#### Слияние/Слайсер.

Согласно рисунку 3.1, входной поток слияния/слайсера организовано как общий непрерывный поток или пакетный входной поток. Длина UPL - это биты UPL (где  $UPL = 0$  означает непрерывную последовательность). Входной поток должен буферизоваться до тех пор, пока слияние/слайсер не сможет их считывать. Слайсер должен считывать (т. е. срезать) со своего входа (один входной поток) или с одного из своих входов (несколько входных потоков) поле данных, состоящее из битов DFL (длина поля данных).

Слияние должно объединять в одном выводе различные поля данных, считанные и вырезанные из одного из его входов. При наличии одного потока применяется только функция нарезки. Поле данных должно состоять из битов, взятых из одного входного порта, и передаваться в однородном режиме передачи (Код FEC и модуляция). Политика приоритизации слияния/слайсера зависит от применения и должна следовать пунктам, описанным в таблице 4

(услуги вещания единого транспортного потока) и в таблице D. 2 (для других областей применения).

В зависимости от приложений слияние/слайсер должен выделять количество входных битов, равное максимальной емкости поля данных ( $DFL = K_{bch} - 80$ ), таким образом разбивая UP в последующих полях данных, либо выделять целое число UP в пределах DATAFIELD, делая переменную DFL в пределах указанных выше границ.

Если поле данных недоступно по запросу слияния/слайсера на любом входном порту, подсистема кадрирования физического уровня должна генерировать и передавать в DUMMY PLFRAME.

После замены SYNC-byte на CRC-8, необходимо предоставить приемнику метод восстановления синхронизации UP (когда приемник уже синхронизирован с DATAFIELD). Поэтому количество битов от начала DATAFIELD и начала первого полного UP (Первый БИТ CRC-8) (см. рисунок 3.2) должно быть обнаружено слиянием/слайсером и сохранено в поле SYNCD (т. е. расстояние SYNC) устройства к Base-Band Header. Например,  $SYNCD = 0_D$  означает, что первый USER PACKET выровнен по DATA FIELD. [2]

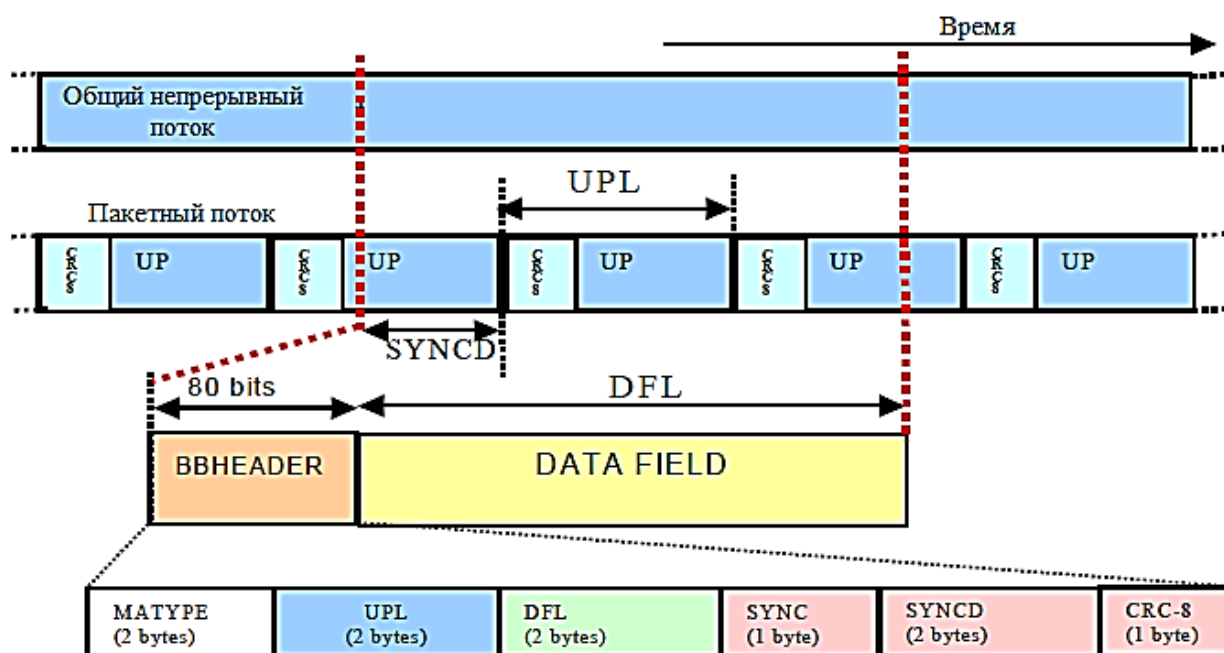


Рисунок 3.2 – формат потока на выходе из адаптера режима

#### Вставка Base-Band Header

Перед DATA FIELD вставляется фиксированная длина Base-Band Header (BBHEADER) в 10 байт, описывающая его формат (максимальная потеря эффективности, вносимая BBHEADER, составляет 0,25% для  $n_{ldpc} = 64\ 800$  и 1% для  $n_{ldpc} = 16\ 200$  при условии внутренней скорости кода 1/2).

MATYPE (2 байта): описывает формат входного потока, тип Mode adaptation и передачу Roll-off factor, как описано в таблице.

Первый байт (MATYPE-1):

- поле TS/GS (2 бита): Transport Stream Input или Generic Stream Input (упакованный или непрерывный);
- поле SIS/MIS (1 бит): Single Input Stream или Multiple Input Stream;
- поле CCM/ACM (1 бит): Constant Coding и Modulation или Adaptive Coding и Modulation (VCM сигнализируется как ACM);
- ISSYI (1 бит), (Input Stream Synchronization Indicator): если ISSYI = 1 = активен, то поле ISSY вставляется после UP (см. Приложение D);
- NPD (1 бит): удаление нулевого пакета активно/неактивно;
- RO (2 бита): коэффициент Transmission Roll-off ( $\alpha$ ).

Второй байт (MATYPE-2):

- если SIS/MIS = Multiple Input Stream, то второй байт = Input Stream Identifier (ISI); в противном случае второй байт зарезервирован;

UPL (2 байта): длина пользовательского пакета в битах, в диапазоне [0,65535];

Пример 1: 0000<sub>HEX</sub> = непрерывный поток.

Пример 2: 000A<sub>HEX</sub> = длина UP 10 бит.

Пример 3: UPL = 188x8<sub>D</sub> для пакетов транспортного потока MPEG.

DFL (2 байта): длина поля данных в битах, в диапазоне [0,58112];

Пример: 000A<sub>HEX</sub> = длина поля данных 10 бит.

SYNC (1 байт): копия пользовательского пакета SYNC-byte;

Пример 1: SYNC = 47<sub>HEX</sub> для пакетов транспортного потока MPEG.

Пример 2: SYNC = 00<sub>HEX</sub>, когда входной универсальный пакетный поток не содержал синхро-байт (поэтому приемник, после декодирования CRC-8, должен удалить поле CRC-8 без повторного ввода Syncbyte).

Пример 3: синхронизация = не относится к общим непрерывным входным потокам.

SYNCD (2 байта): расстояние в битах от начала DATA FIELD и первого UP от этого кадра (первый бит CRC-8). SYNCD = 65535<sub>D</sub> означает, что UP не запускается в DATA FIELD. CRC-8 вычисляется с использованием схемы кодирования на рисунке 2 (А переключатель для 72 бит, а В для 8 бит). Заказ на передачу BBHEADER исходит от MSB поля TS/GS.

В таблице 3.2 показаны BBHEADER и политика слайсера для одной службы широковещательной передачи транспортного потока. Для других



областей применения BBHEADER и политики слияния/слайсера определены на таблице.[1]

Таблица 3.2 – Отображение полей MATYPE-1

TS/GS	SIS/MIS	CCM/ACM	ISSYI	NPD	RO
11=Транспорт 00=Общий ограниченный 01=Общий непрерывный 10=резервный	1=одиночный 0=множественный	1=CCM 0=ACM	1=активный 0=не-активный	1=активный 0=не-активный	00=0,35 01=0,25 10=0,20 11=резервный

Таблица 3.3 – BBHeader (характеристики адаптации режима) и политика слайсера для одиночных транспортных потоков широковещательных услуг

Область применения/конфигураций	MATYPE-1	MATYPE-2	UPL	DFL	SYNC	SYNCD	CR C-8	Политика слайсера
Услуги вещания/CCM, отдельные TS	11-1-1-0-0-Y	XXXXXX XXX	188 <sub>D</sub> x8	K <sub>bch</sub> -80 <sub>D</sub>	47 <sub>HE</sub> x	Y	Y	Перерыв Без таймута
X=не определен, Y=согласно конфигурациям/вычислениям. Перерыв= разрыв пакетов в последующих DATAFIELD; таймаут= максимальная задержка в буфере слияния/слайсера.								

### 3.3 Адаптация потока

Адаптация потока (см. рисунки 3.3 и 3.4) обеспечивает заполнение для завершения постоянной длины (биты K<sub>bch</sub>) BBFRAME и скремблирования. K<sub>bch</sub> зависит от скорости FEC, как указано в таблице 3.4а. Заполнение может применяться в тех случаях, когда доступных для передачи пользовательских данных недостаточно для полного заполнения BBFRAME, или когда в BBFRAME должно быть выделено целое число UP. Входной поток должен быть BBHEADER, за которым следует DATA FIELD. Выходной поток должен быть BBFRAME.

Дополнитель.

(K<sub>bch</sub>-DFL-80) нулевые биты должны быть добавлены после DATA FIELD. Результирующий BBFRAME должен иметь постоянную длину битов K<sub>bch</sub>. Для приложений широковещательной службы DFL = K<sub>bch</sub> -80, поэтому заполнение не должно применяться.

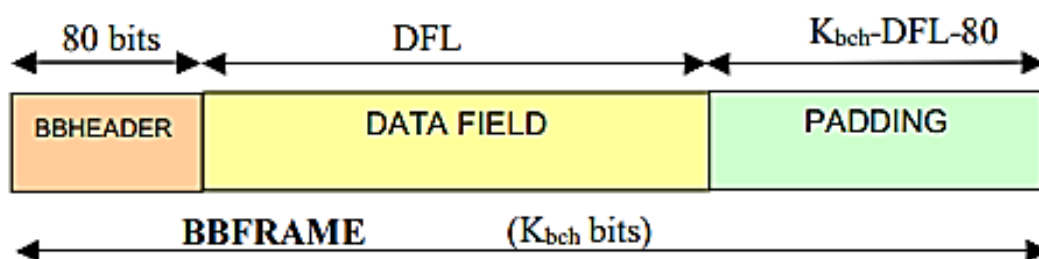


Рисунок 3.3 – Формат BBFRAME на выходе адаптера потока.

ВВ скремблирование.

Полный BBFRAME должен быть рандомизирован. Последовательность рандомизации должна быть синхронной с BBFRAME, начиная с MSB и заканчивая битами  $K_{bch}$ . Последовательность скремблирования должна быть сформирована регистром сдвига обратной связи.

Загрузка последовательности (100101010000000) в регистр PRBS, как показано на рисунке 3.4, должна начинаться в начале каждого BBFRAME.



Рисунок 3.4 – Возможная реализация кодера PRBS

Кодирование FEC.

Эта подсистема должна выполнять внешнее кодирование (BCH), внутреннее кодирование (LDPC) и чередование битов. Входной поток должен состоять из BBFRAME, а выходной поток-из FECFRAME. Каждый BBFRAME (биты  $K_{bch}$ ) должен быть обработан подсистемой кодирования FEC, чтобы генерировать FECFRAME (биты  $n_{ldpc}$ ). Биты проверки четности (BCHFEC) систематического внешнего кода BCH должны быть добавлены после BBFRAME, а биты проверки четности (LDPCFEC) внутреннего кодера LDPC должны быть добавлены после поля BCHFEC, как показано на рисунке 3.5.

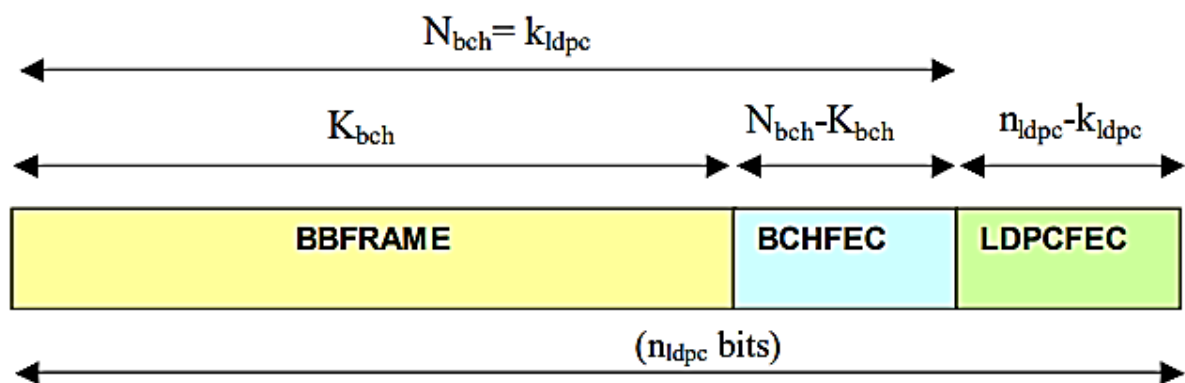


Рисунок 3.5 – Формат данных перед чередованием битов ( $n_{ldpc} = 64\,800$  бит для нормального FECFRAME,  $n_{ldpc} = 16\,200$  бит для короткого FECFRAME)

Таблица 3.4 показывает параметры кодирования FEC для нормальной FECFRAME ( $n_{ldpc} = 64\,800$  бит), а 3.5 за короткий FECFRAME ( $n_{ldpc} = 16\,200$  бит).

Таблица 3.4 – Параметры кодирования (для нормального FECFRAME  $n_{ldpc} = 64\,800$ )

LDPC код	ВСН Некодированный блок $K_{bch}$	ВСН кодированный блок $N_{bch}$ LDPC Некодированного блока $k_{ldpc}$	ВСН t- исправление ошибок	Кодированный блок LDPC $n_{ldpc}$
1/4	16008	16200	12	64800
1/3	21408	21600	12	64800
2/5	25728	25920	12	64800
1/2	32208	32400	12	64800
3/5	38688	38880	12	64800
2/3	43040	43200	12	64800
3/4	48408	48600	12	64800
4/5	51648	51840	12	64800
5/6	53840	54000	10	64800
8/9	57472	57600	8	64800
9/10	58192	58320	8	64800

Таблица 3.5 – Параметры кодирования (для короткого FECFRAME  $n_{ldpc} = 16\ 200$ )

LDP С код	ВСН Некодированный блок $K_{bch}$	ВСН кодированный блок $N_{bch}$ LDPC Некодированный блок $k_{ldpc}$	ВСН t- исправление ошибок	Эффективная ставка LDPC $k_{ldpc}/16\ 200$	Кодированный блок LDPC $n_{ldpc}$
1/4	3072	3240	12	1/5	16200
1/3	5232	5400	12	1/3	16200
2/5	6312	6480	12	2/5	16200
1/2	7032	7200	12	4/9	16200
3/5	9552	9720	12	3/5	16200
2/3	10632	10800	12	2/3	16200
3/4	11712	11880	12	11/15	16200
4/5	12432	12600	12	7/9	16200
5/6	13152	13320	12	37/45	16200
8/9	14232	14400	12	8/9	16200
9/10	NA	NA	NA	NA	NA

#### Внешнее кодирование (ВСН)

Т-код коррекции ошибок ВСН ( $N_{bch}$ ,  $K_{bch}$ ) должны быть применены к каждой BBFRAME ( $K_{bch}$ ), чтобы генерировать сообщение об ошибке защищенного пакета. Параметры кода ВСН для  $n_{ldpc} = 64\ 800$  приведены в таблице 3.6, а для  $n_{ldpc} = 16\ 200$  - в таблице 3.7. Генераторный многочлен кодера ВСН с поправкой на ошибку  $t$  получается путем умножения первых  $t$  многочленов в таблице 3.6 для  $n_{ldpc} = 64\ 800$  и в таблице 3.7 для  $n_{ldpc} = 16\ 200$  [3].

Таблица 3.6 – Многочлены ВСН (для нормального FECFRAME  $n_{ldpc} = 64\ 800$ )

Таблица формул многочлены ВСН	
$g_1(x)$	$1+x^2+x^3+x^5+x^{16}$
$g_2(x)$	$1+x+x^4+x^5+x^6+x^8+x^{16}$
$g_3(x)$	$1+x^2+x^3+x^4+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{16}$
$g_4(x)$	$1+x^2+x^4+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14}+x^{16}$
$g_5(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{12}+x^{16}$
$g_6(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{12}+x^{16}+x^{11}+x^{12}+x^{16}$
$g_7(x)$	$1+x^2+x^5+x^6+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{15}+x^{16}$
$g_8(x)$	$1+x+x^2+x^5+x^6+x^8+x^9+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{16}$
$g_9(x)$	$1+x^5+x^7+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{16}$
$g_{10}(x)$	$1+x+x^2+x^5+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{16}$
$g_{11}(x)$	$1+x^2+x^3+x^5+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{13}+x^{16}$
$g_{12}(x)$	$1+x+x^5+x^6+x^7+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{16}$

Таблица 3.7 – Многочлены BCH (для короткого FECFRAME  $n_{ldpc} = 16\ 200$ )

Таблица формул многочлены BCH	
$g_1(x)$	$1+x+x^3+x^5+x^{14}$
$g_2(x)$	$1+x^6+x^8+x^{11}+x^{14}$
$g_3(x)$	$1+x+x^2+x^6+x^9+x^{10}+x^{14}$
$g_4(x)$	$1+x^4+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{14}$
$g_5(x)$	$1+x^2+x^4+x^6+x^8+x^9+x^{11}+x^{13}+x^{14}$
$g_6(x)$	$1+x^3+x^7+x^8+x^9+x^{13}+x^{14}$
$g_7(x)$	$1+x^2+x^5+x^6+x^7+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{14}$
$g_8(x)$	$1+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{14}$
$g_9(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^9+x^{10}+x^{14}$
$g_{10}(x)$	$1+x^3+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14}$
$g_{11}(x)$	$1+x^4+x^{11}+x^{12}+x^{14}$
$g_{12}(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^8+x^{10}+x^{13}+x^{14}$

BCH кодирование информационных битов  $m = (m_{k_{bch}-1}, m_{k_{bch}-2}, \dots, m_1, m_0)$  на кодовое слово

$$c = (m_{k_{bch}-1}, m_{k_{bch}-2}, \dots, m_1, m_0, d_{n_{bch}-k_{bch}-1}, d_{n_{bch}-k_{bch}-2}, \dots, d_1, d_0)$$

достигается это следующим образом:

- умножьте сообщение на многочлен  $m(x) = m_{k_{bch}-1}x^{k_{bch}-1} + m_{k_{bch}-2}x^{k_{bch}-2} + \dots + m_1x + m_0$  к  $x^{n_{bch}-k_{bch}}$
- делить  $x^{n_{bch}-k_{bch}} m(x)$  на  $g(x)$ , генератор многочленов. Пусть  $d(x) = d_{n_{bch}-k_{bch}-1}x^{n_{bch}-k_{bch}-1} + \dots + d_1x + d_0$  будет оставшей частью
- установите полином кодового слова  $c(x) = x^{n_{bch}-k_{bch}} m(x) + d(x)$ .

Внутреннее кодирование (LDPC).

Кодер LDPC систематически кодирует информационный блок определенного размера  $k_{ldpc}$ ,  $i = (i_0, i_1, \dots, i_{k_{ldpc}-1})$  на кодовое слово размера  $n_{ldpc}$ ,  $c = (i_0, i_1, \dots, i_{k_{ldpc}-1}, p_0, p_1, \dots, p_{n_{bch}-k_{bch}-1})$ . Передача кодового слова начинается в заданном порядке с  $i_0$  и заканчивается на  $p_{n_{bch}-k_{bch}-1}$ . Параметры кода LDPC ( $n_{ldpc}$ ,  $k_{ldpc}$ ) приведены в таблицах. Для режимов обратной совместимости выход внутреннего энкодера обрабатывается по определенным правилам.

Внутреннее кодирование для нормального FECFRAME

Задача кодировщика состоит в том, чтобы определить  $n_{ldpc} - k_{ldpc}$  бит четности  $(p_0, p_1, \dots, p_{n_{bch}-k_{bch}-1})$  для каждого блока  $k_{ldpc}$  информационность битов,  $(i_0, i_1, \dots, i_{k_{ldpc}-1})$ . Процедура заключается в следующем:

- инициализировать  $p_0 = p_1 = p_2 = \dots = p_{n_{bch}-k_{bch}-1} = 0$
- накопите первый бит информации,  $i_0$ , при четности разрядных адресов, указанных в первой строке таблиц В.1.

$$\begin{array}{ll}
p_0 = p_0 \oplus i_0 & p_{2767} = p_{2767} \oplus i_0 \\
p_{10491} = p_{10491} \oplus i_0 & p_{240} = p_{240} \oplus i_0 \\
p_{16043} = p_{16043} \oplus i_0 & p_{18673} = p_{18673} \oplus i_0 \\
p_{506} = p_{506} \oplus i_0 & p_{9279} = p_{9279} \oplus i_0 \\
p_{12826} = p_{12826} \oplus i_0 & p_{10579} = p_{10579} \oplus i_0 \\
p_{8065} = p_{8065} \oplus i_0 & p_{20928} = p_{20928} \oplus i_0 \\
p_{8226} = p_{8226} \oplus i_0 &
\end{array}$$

Для следующих 359 информационных бит,  $i_m$ ,  $m=1,2,\dots,359$  накопить  $i_m$  на бит четности адреса  $\{x+m \bmod 360xq\} \bmod (n_{ldpc} - k_{ldpc})$ , где  $x$  обозначает адрес накопителя битов четности, соответствующий первому биту  $i_0$ , а  $q$ -константа, зависящая от скорости кодирования, указанная в таблице 3.6а. Продолжая пример,  $q = 60$  для скорости  $2/3$ . Так, для информационного бита  $i_1$  выполняются следующие операции:

$$\begin{array}{ll}
p_{60} = p_{60} \oplus i_1 & p_{2827} = p_{2827} \oplus i_1 \\
p_{10551} = p_{10551} \oplus i_1 & p_{300} = p_{300} \oplus i_1 \\
p_{16103} = p_{16103} \oplus i_1 & p_{18733} = p_{18733} \oplus i_1 \\
p_{566} = p_{566} \oplus i_1 & p_{9339} = p_{9339} \oplus i_1 \\
p_{12886} = p_{12886} \oplus i_1 & p_{10639} = p_{10639} \oplus i_1 \\
p_{8125} = p_{8125} \oplus i_1 & p_{20988} = p_{20988} \oplus i_1 \\
p_{8286} = p_{8286} \oplus i_1 &
\end{array}$$

Для 361-го информационного бита  $i_{360}$ , адреса накопителей битов четности приведены во второй строке таблиц В. 1 - В. 11. Аналогичным образом адреса накопителей битов четности для следующих 359 информационных битов 719  $i_m$ ,  $m = 361, 362, \dots$ , получаются по формуле  $\{x+(m \bmod 360)xq\} \bmod (n_{ldpc} - k_{ldpc})$ , где  $x$  обозначает адрес накопителя битов четности, соответствующий информационному биту 360  $i$ , то есть записям во второй строке таблиц В.1-В.11.

Аналогичным образом, для каждой группы из 360 новых информационных битов новая строка из таблиц В.1-В.11 используется для поиска адресов накопителей битов четности.

После того как все информационные биты будут исчерпаны, конечные биты четности будут получены следующим образом:

- последовательно выполните следующие операции, начиная с  $i = 1$

$$p_i = p_i \oplus p_{i-1}, \quad i = 1, 2, \dots, n_{ldpc} - k_{ldpc} - 1$$

- окончательное содержание  $p_i$ ,  $i=0, 1, \dots, n_{ldpc}-k_{ldpc}-1$  равен биту четности  $p_i$ .

Таблица 3.8 – q значения для нормальных значений

Кодовая скорость	q
1/4	135
1/3	120
2/5	108
1/2	90
3/5	72
2/3	60
3/4	45
4/5	36
5/6	30
8/9	20
9/10	18

#### Внутреннее кодирование для короткого FECFRAME

$k_{ldpc}$  BCH кодированные биты должны систематически кодироваться для генерации  $n_{ldpc}$  битов как описано выше, заменив таблицу 3.8 с таблицей 3.9.

Таблица 3.9 – q значения для малых значений

Кодовая скорость	q
1/4	36
1/3	30
2/5	27
1/2	25
3/5	18
2/3	15
3/4	12
4/5	10
5/6	8
8/9	5

Битовый Перемежитель (только для 8PSK, 16APSK и 32APSK).

Для форматов модуляции 8PSK, 16APSK и 32APSK выход кодера LDPC должен быть битно перемежен с использованием блочного перемежителя. Данные последовательно записываются в перемежитель по столбцам и последовательно считываются по строкам (MSB BBHEADER считывается первым, за исключением случая 8psk rate 3/5, когда MSB BBHEADER считывается третьим), как показано на рисунках 3.6 и 3.7. Конфигурация блочного перемежителя для каждого формата модуляции указана в таблице 3.10 [1].

Таблица 3.10 – Битовая структура устройство укладки

Модуляция	Строки (для $n_{ldpc} = 64\ 800$ )	Строки (для $n_{ldpc} = 16\ 200$ )	Столбцы
8PSK	21600	5400	3
16APSK	16200	4050	4
32APSK	12960	3240	5

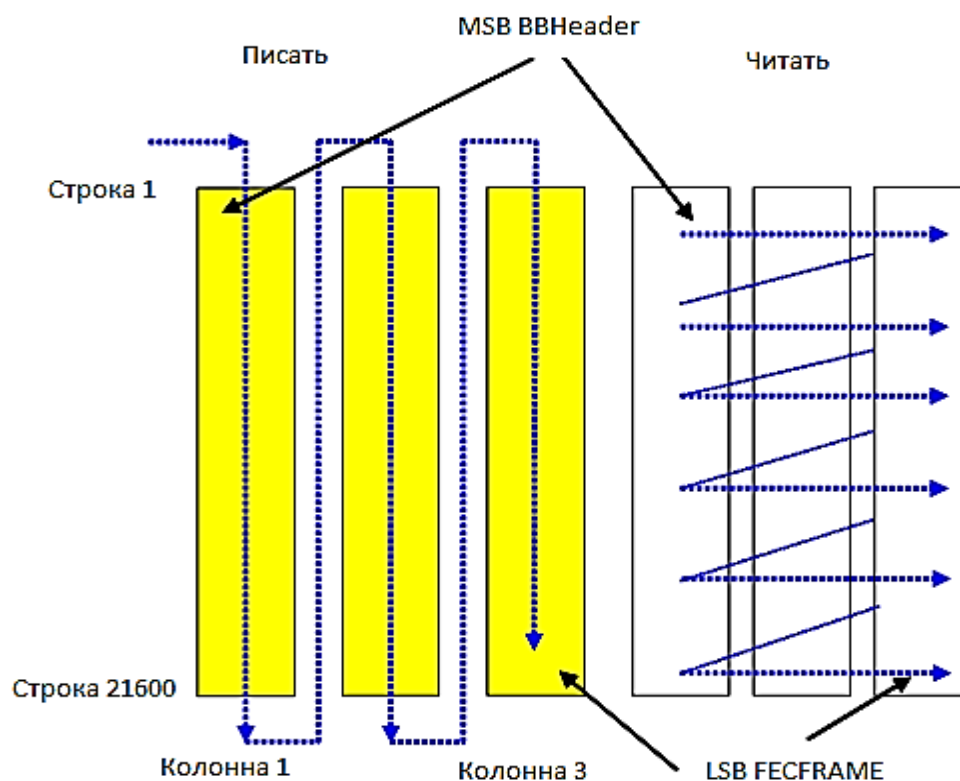


Рисунок 3.6 – Схема чередования битов для 8PSK и нормальной длины FECFRAME (все скорости, кроме 3/5)



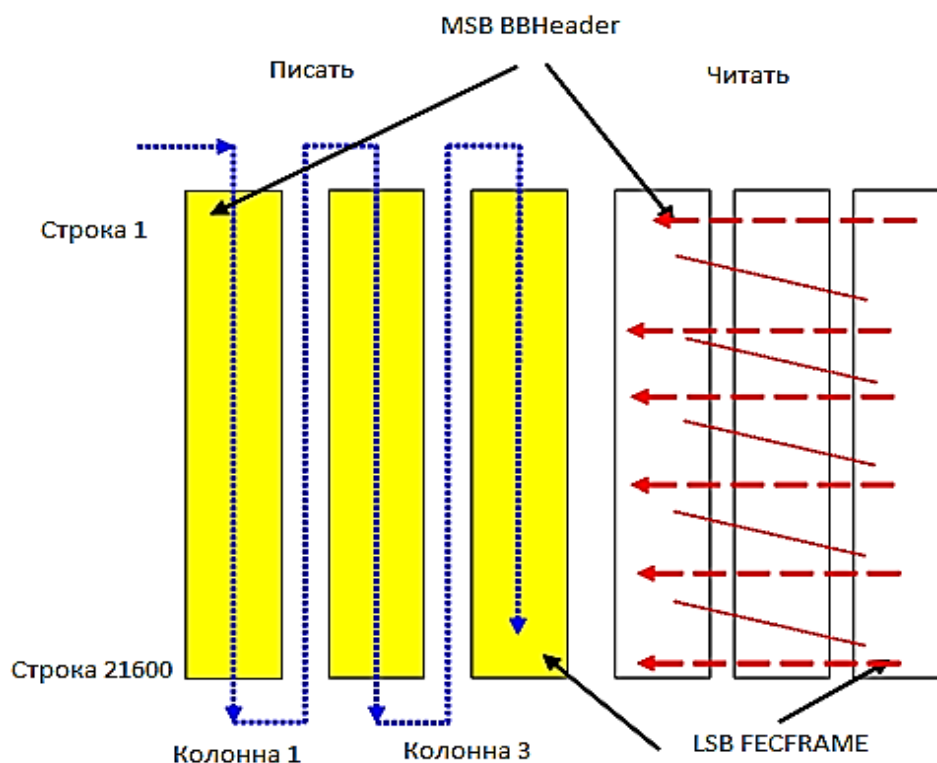


Рисунок 3.7 – Схема чередования битов для 8PSK и нормальной длины FECFRAME (только скорость 3/5)

Битовое отображение в созвездие.

Каждый FECFRAME (который представляет собой последовательность из 64 800 бит для нормального FECFRAME, или 16 200 бит для коротких FECFRAME), должен быть последовательный код в параллельное преобразование (уровень параллельности =  $\eta_{\text{MOD}}/2$  для QPSK, 3 для 8PSK, 4 для 16APSK, 5 для 32 APSK) на рисунках 11 до 113, старший бит FECFRAME преобразуется в MSB первой параллельной последовательности. Каждая параллельная последовательность должна быть отображена в созвездие, генерирующее последовательность (I,Q) переменной длины в зависимости от выбранной эффективности модуляции  $\eta_{\text{MOD}}$ .

Входная последовательность должна быть FECFRAME, выходная последовательность должна быть XFECFRAME (сложный FECFRAME), состоящий из  $64\,800/\eta_{\text{MOD}}$  (нормальный XFECFRAME) или  $16\,200/\eta_{\text{MOD}}$  (короткий XFECFRAME) символов модуляции. Каждый символ модуляции должен представлять собой комплексный вектор в формате (I, Q) (I-фазовая составляющая, Q-квадратурная составляющая) или в эквивалентном формате  $\rho \exp(j\phi)$  ( $\rho$ -модуль вектора и  $\phi$ -его фаза).[1]

Битовое отображение в созвездие QPSK.

Для QPSK система должна использовать обычную кодированную модуляцию QPSK с абсолютным отображением (без дифференциального кодирования). Битовое отображение в созвездие QPSK можно посмотреть на

рисунке 3.8. Нормированная средняя энергия на символ должна быть равна  $\rho_2 = 1$ . Два бита FECFRAME сопоставляются символу QPSK, т. е. биты  $2i$  и  $2i+1$  определяют  $i$ -й символ QPSK, где  $i = 0, 1, 2, \dots, (N/2)-1$  и  $N$ -кодированный размер блока LDPC.

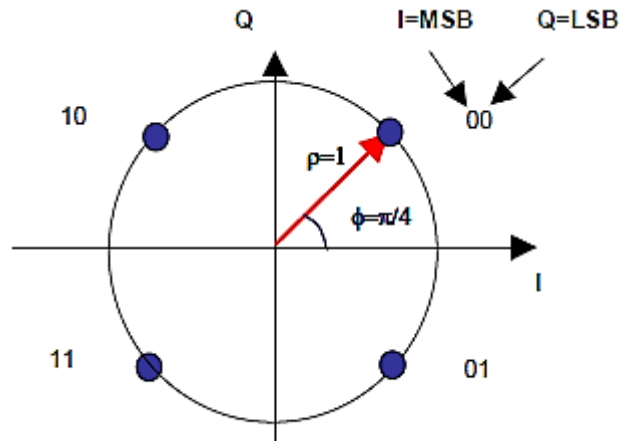


Рисунок 3.8 – Битовое отображение в созвездие QPSK

Для 8PSK система должна использовать обычную кодированную модуляцию 8PSK с абсолютным отображением (без дифференциального кодирования). Битовое отображение в созвездие 8PSK можно посмотреть на рисунке 3.9. Нормированная средняя энергия на символ должна быть равна  $\rho^2 = 1$ . Для всех значений, исключая  $3/5$ , биты  $3i$ ,  $3i+1$ ,  $3i+2$  выхода перемежителя определяют  $i$ -й символ 8PSK, где  $i = 0, 1, 2, (N/3)-1$  и  $N$ -кодированный размер блока LDPC. Для скорости  $3/5$  бит  $3i+2$ ,  $3i+1$ ,  $3i$  выхода перемежителя можно определить  $i$ -й символ 8PSK, где  $i = 0, 1, 2, \dots, (N/3)-1$  и  $N$ -кодированный размер блока LDPC.

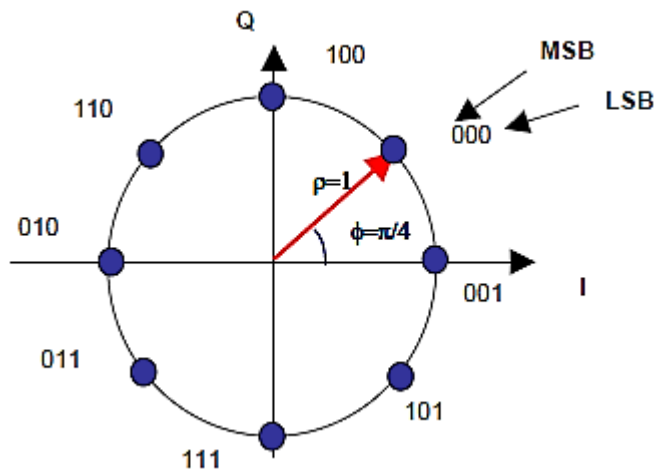


Рисунок 3.9 – Битовое отображение в созвездие 8PSK

Битовое отображение в созвездие 16APSK.

Созвездие модуляции 16APSK (см. рисунок 3.10) должно состоять из двух концентрических колец с равномерно расположенными 4 и 12 точками PSK соответственно во внутреннем кольце радиуса  $R_1$  и внешнем кольце радиуса  $R_2$ . Отношение радиуса внешнего круга к радиусу внутреннего круга ( $\gamma=R_2/R_1$ ) должно соответствовать таблице 3.8.

Если  $4[R_1]^2 + 12[R_2]^2 = 16$ , то средняя энергия сигнала становится 1.

Биты  $4i$ ,  $4i+1$ ,  $4i+2$  и  $4i+3$  выходного сигнала перемежителя определяют  $i$ -й символ 16APSK, где  $i = 0, 1, 2, \dots, (N/4)-1$  и  $N$ -кодированный размер блока LDPC.

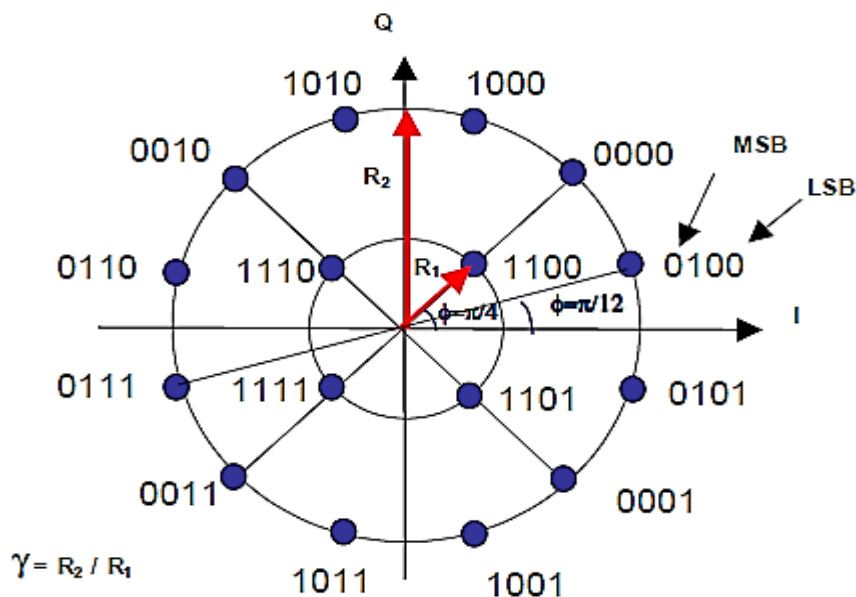


Рисунок 3.10 – 16APSK сигнального созвездия

Таблица 3.11 – Оптимальное отношение радиуса созвездия  $\gamma$  (линейный канал) для 16APSK [4]

Скорость кода	Спектральная эффективность модуляции/кодирования	$\gamma$
2/3	2,66	3,15
3/4	2,99	2,85
4/5	3,19	2,75
5/6	3,32	2,7
8/9	3,55	2,6
9/10	3,59	2,57

## 4 Программная часть

### 4.1 Sattelite Antenna Alignment

Азимут на солнце KazSat – 3 приведен на рисунке 4.1. Необходимые углы оффсетной антенны представлены на рисунке 4.2. Препятствия сигналов

представлены на рисунке 4.3.

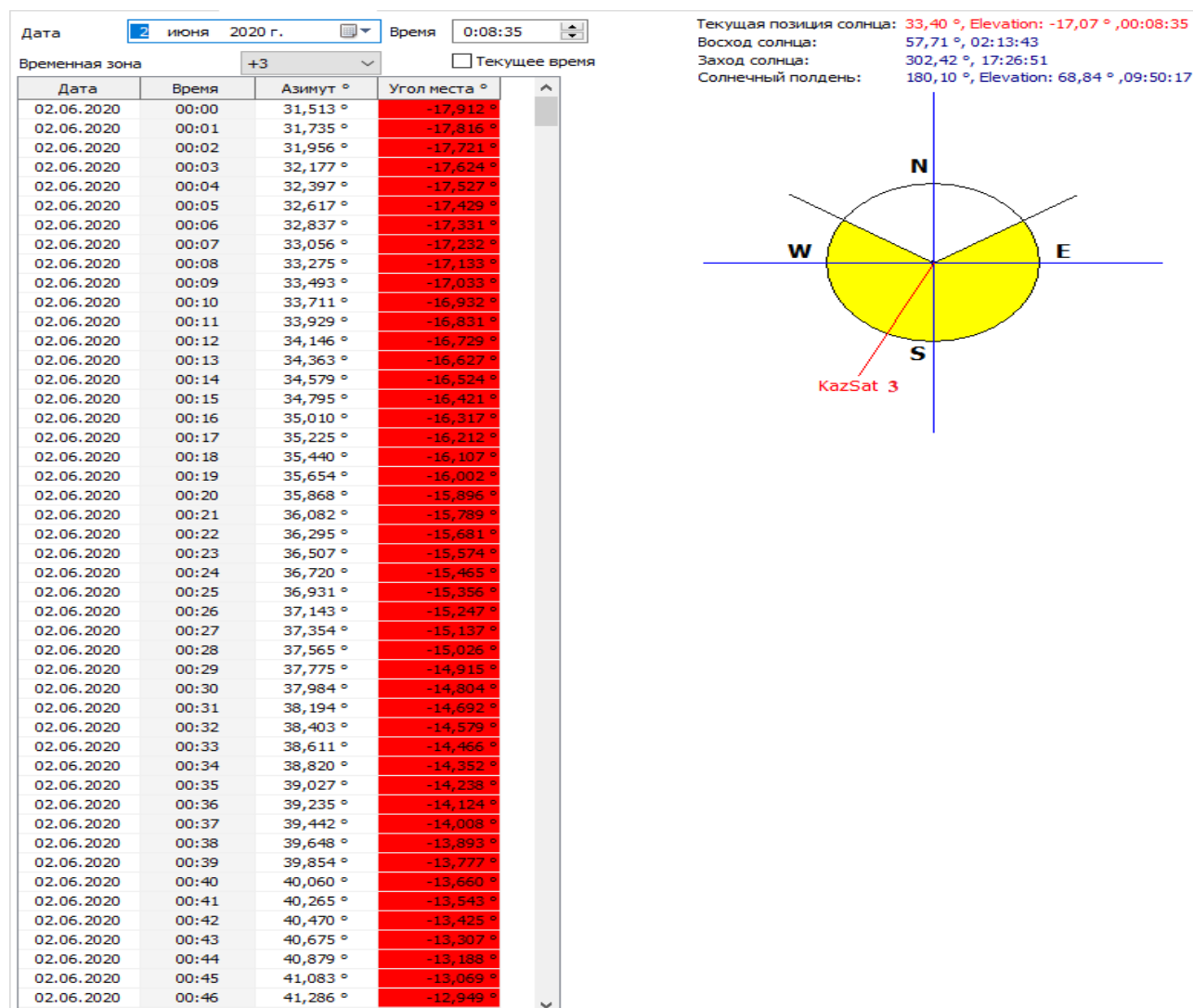


Рисунок 4.1 – Азимут на солнце KazSat – 3

## 4.2 HEVC

С момента появления первого 4K контента возникла одна общая проблема — 4K весит слишком много. О будущем 8K Ultra HD лучше и вовсе не упоминать. Нужны огромные дисковые массивы для хранения сырого материала и неоправданно большие для хранения конечного продукта и его продвижения на оптических носителях или в Интернете. Потому еще 2 года назад были ускорены работы над созданием нового стандарта кодирования и результатом стал H.265, также известный как High Efficiency Video Coding (HEVC).

Областями применения нового стандарта в первую очередь являются вещательное телевидение, мультимедиа и видеонаблюдение. Новый кодек является важным ключом к переходу на более высокое качество изображения

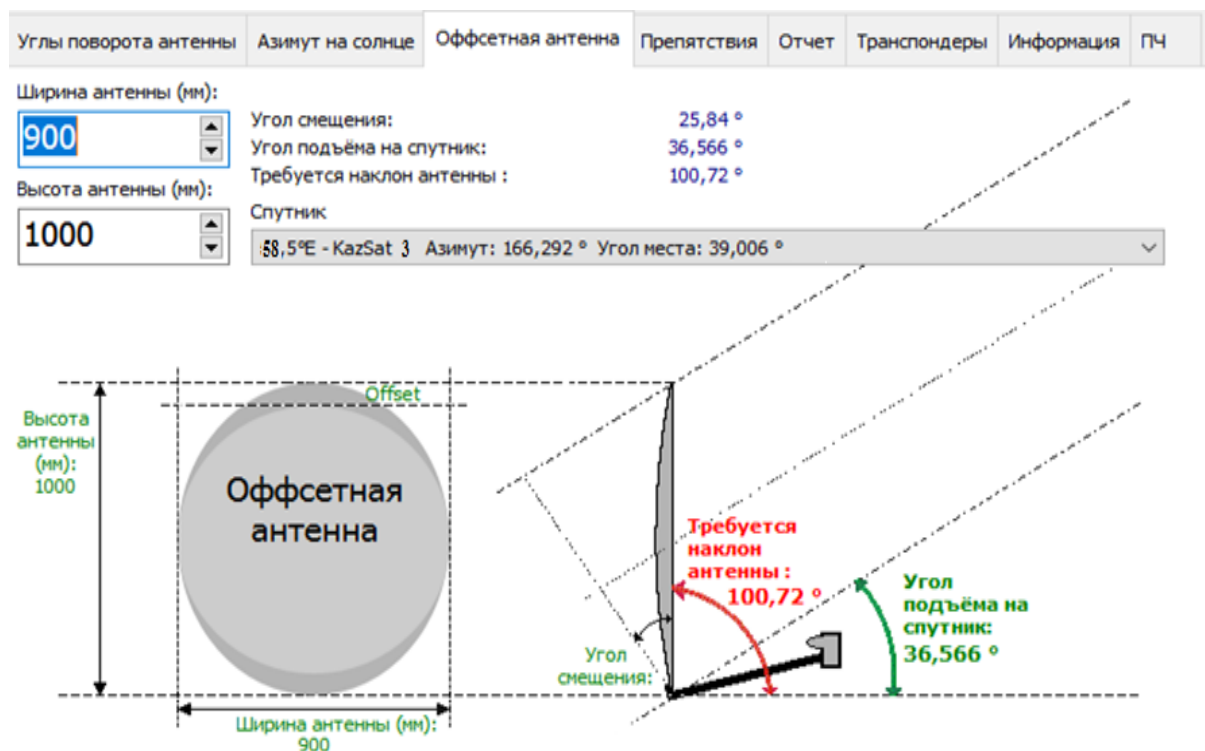


Рисунок 4.2 – Необходимые углы оффсетной антенны

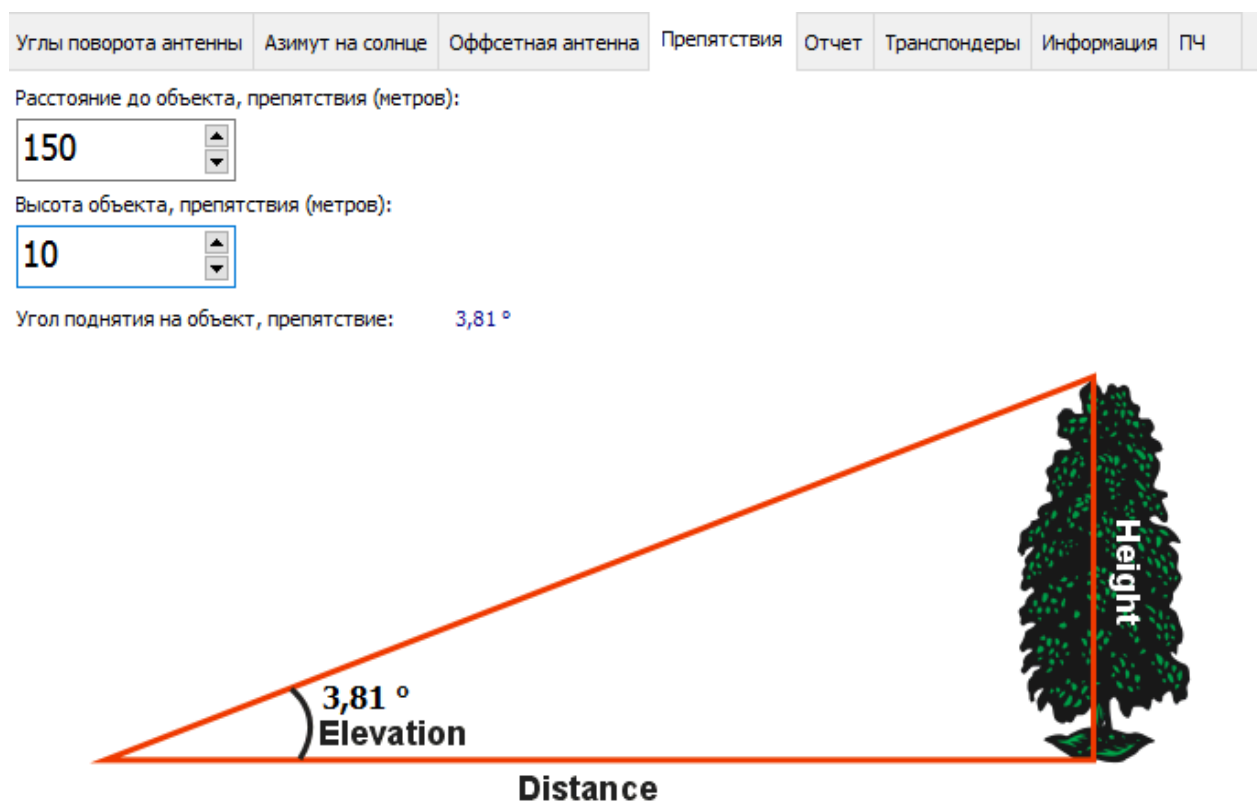


Рисунок 4.3 – Препятствия сигналов

и поможет уменьшить нагрузку на сети. H.265 при вдвое меньшем битрейте обеспечивает такое же визуальное качество, что и нынешний H.264 / MPEG-4 Part 10 Advanced Video Coding (AVC), которым сейчас сжато большая часть видео в Интернете. Например, сейчас онлайн-кинотеатры для передачи сжатого H.264 видеопотока 1080p/30 используют битрейт примерно 4-6 мегабит в секунду, а у изображения эквивалентного качества, сжатого H.265, битрейт вроде как упадет до 2-3 мегабит в секунду. На самом деле цифра в 50% прежде всего касается относительно несложных сцен, где отсутствуют резкие перепады контрастности и не наблюдается интенсивных перемещений объектов и фона. Реальные цифры на произвольном видео скорее всего близки к отметке 30%, но и это улучшение радует.

Стандарт HEVC даст толчок новому этапу инноваций, начиная от мобильных устройств до телевидения в формате Ultra HD. Также изменения затронут коллекции видеоконтента в онлайн-кинотеатрах, системах VOD, OTT и тому подобное. А вдобавок H.265 будет основой для кодирования видео на уже анонсированных дисках 4K Blu-ray.

Хочется акцентировать внимание на основных новшествах H.265, чтобы отбросить все сомнения в происхождении стандарта и версию, что он является очередным маркетинговым трюком. Ведь такого рывка технологий как между MPEG-2 и H.264 здесь не наблюдается, а у старичка H.264 есть еще порох в пороховницах.

Можно выделить следующие основные улучшения:

- Поддержка разрешений вплоть до так называемого 8K Ultra HD (8192 x 4320 = 35 мегапикселей). \* Максимальный размер блока. В стандарте H.264 это 256 пикселей (16 x 16), а в стандарте H.265 максимум в 16 раз больше (4096 = 64 x 64). В H.265 размер блока выбирается самим алгоритмом в процессе кодирования в зависимости от содержания кодируемого изображения.
- \* Возможность параллельного декодирования. В отличие от H.264, декодеры H.265 позволяют отдельно и одновременно обрабатывать различные части одного и того же кадра, что на полную задействует преимущества многоядерных процессоров и существенно ускоряет воспроизведение.
- Произвольный доступ к изображениям (Clean Random Access). Декодирование произвольно выбранного кадра видеоряда производится без необходимости декодирования каких-либо предшествующих ему в потоке изображений. В H.265 не требуется вставка промежуточных опорных кадров (I-frames), которые еще и заметно увеличивают битрейт видео.
- 10-битное цветовое кодирование и высокое качество цветопередачи, которое обеспечивает «верхний» профиль Main 10. Все существующие стандарты предлагают всего 8 бит. Технология HEVC также может использоваться и для фотографии (вместо 8 бит JPEG можно сохранить снимок с гораздо меньшим размером и поднять дискретизацию до 10 бит, что придаст снимку плавные градации яркости и цветов).
- H.265 предусматривает автоматическое определение типа развертки, но изначально ориентирован на обработку прогрессивного видео

(вплоть до 120 кадров). Впрочем, никаких проблем не возникнет и в работе с чересстрочной разверткой.

И в заключение несколько слов о сроках этой мини-революции. Сколько же времени должно произойти, чтобы H.265 стал популярным и доступным? На мой взгляд речь идет о 2-3 годах. Чипы для H.265 в силу его усложненной математической базы нуждаются в улучшенной производительности и большем количестве энергии, чем в случае H.264. Но уже по состоянию на осень 2014 года появляются первые смартфоны со съемкой 4K видео с HEVC кодированием, в ближайшее время новым чипом будут оснащаться все бытовые камеры DSLR, а следом подтянутся телевизоры средней ценовой категории и медиаплееры. К 2017 году H.265 станет стандартом для потоковой передачи фильмов и роликов на онлайн-сервисах подобных Netflix и YouTube.

## **5 Расчетная часть**

### **5.1 Особенности энергетики спутниковой линии**

Основная особенность спутниковых линий – наличие больших потерь сигнала, обусловленных затуханием его энергии на трассах большой физической протяженности. Например, при высоте орбиты ИСЗ, равной 36 тыс. км, затухание сигнала может достигать 200 дБ.

Помимо этого основного затухания в пространстве, сигнал в линиях спутниковой связи подвержен влиянию большого числа других факторов. Таких как поглощение в атмосфере, рефракция, влияние дождевых осадков и т.д. С другой стороны, на приемное устройство спутника и земной станции кроме собственных флуктуационных шумов воздействуют разного рода помехи в виде излучения космоса, Солнца и планет. В этих условиях правильный и точный учет влияния всех факторов позволяет осуществить оптимальное проектирование системы, обеспечить ее уверенную работу в наиболее трудных условиях и в то же время исключить излишние энергетические запасы, приводящие к неоправданному увеличению сложности земной и бортовой аппаратуры.

Принято считать, что минимальное значение угла места земной станции в пределах всей зоны обслуживания при работе на частоте выше 10 ГГц - не менее  $10^\circ$ .

Большая часть потерь сигнала в тропосфере является случайной, так как зависит не только от длины пути в этой среде и угла места, но и от поглощения сигнала в осадках. Чем выше частота связи, тем больше потери в осадках при заданной их интенсивности, которая, в свою очередь, является случайной.

### **5.2 Расчет затухания энергии сигнала в свободном пространстве**

Для расчета энергетики радиолиний зададимся исходными данными. В качестве используемого ИСЗ, мною был выбран геостационарный спутник

KazSat-3 с техническими параметрами: Коэффициент усиления антенны на передаче - 27дБ, точность удержания на орбите  $\pm 0,2^\circ$  (в направлении с-ю/з-в), плотность потока насыщения SFD -87...-69 дБВт/м<sup>2</sup>. Параметры земной станции в г.Алматы: координаты место положения: 43°,15' с.ш. 76°,55' в.д., эффективная полоса частот - 36 МГц, коэффициент шума приемника - 6, эквивалентная шумовая температура антенны -  $T_A = 145^\circ \text{ К}$ , коэффициент передачи волноводного тракта – 0,9, коэффициент усиления антенны – 56 дБ.

Так как целью расчёта является определение значения мощности передатчика земной приемной станции  $ЗС_{пр}$  и мощности передатчика бортового ретранслятора  $КС_{пер}$ , при которых спутниковый канал надежно работает в условиях помех и не содержит излишних энергетических запасов. Важным при расчёте является ослабление сигнала за счёт сферической расходимости фронта волны или потерь при распространении сигнала в свободном пространстве. Данная величина, может быть найдена из формулы

$$L_0 = 10 \log \left( \frac{16\pi^2 d^2}{\lambda^2} \right), \quad (5.1)$$

где  $L_0$  – затухание энергии сигнала в свободном пространстве, дБ;  
 $d$  – расстояние между ИСЗ и ЗС, м.;  
 $\lambda = c/f$  – длина волны передаваемого сигнала, м.;  
 $c = 3 \cdot 10^8$  – скорость света, м/с;  
 $f$  – частота сигнала, Гц.

Расстояния от земной станций ЗС до бортового ретранслятора ИСЗ рассчитаем по формуле

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0.2954 \cdot \cos \varphi}, \quad (5.2)$$

где  $\cos \varphi = \cos \xi \cdot \cos \beta$ ,  
 $\xi$  – широта наземной станции, град.;  
 $\beta$  – разность долгот космической и земной станции, град.;  
 $d$  – расстояние от земной станции до спутника, км.

Подставляя исходные данные в формулу, получим расстояния между ЗС – ИСЗ. Разность долгот космической и земной станции составляет

$$\beta = (76,55^\circ - 60^\circ) = 16,55^\circ,$$

следовательно расстояние от земной станции до спутника, составит

$$\begin{aligned} d &= 42644 \sqrt{1 - 0,2954 \cdot \cos \xi \cdot \cos \beta} = \\ &= 42644 \sqrt{1 - 0,2954 \cdot \cos 43^\circ, 15' \cdot \cos 16^\circ, 55'} = \\ &= 42644 \sqrt{1 - 0,2954 \cdot 0,732 \cdot \cos 0,961} = 37960 \text{ (км)}. \end{aligned}$$



Далее рассчитаем затухание энергии сигнала, в свободном пространстве, частоту на передачу возьмем 11 ГГц. Затухание энергии сигналов в свободном пространстве за счет расхождения фронта волны на пути распространения ИСЗ – ЗС с учётом:

$$\lambda = \frac{c}{f_{\downarrow}}, \quad (5.3)$$

$$\lambda = \frac{c}{f_{\downarrow}} = \frac{3 \cdot 10^8}{11 \cdot 10^9} = 0,027 \text{ (м)},$$

будет равно

$$L_0 \downarrow = 10 \log \left( \frac{16 \cdot 3,14^2 \cdot 37960^2 \cdot 10^6}{0,027^2} \right) = 205 \text{ (дБ)}.$$

### 5.3 Расчёт угла места земной станции

Рассчитаем угол места по формуле

$$\gamma = \arctg \left( \frac{\cos \Delta\beta \cdot \cos \xi - 0,15126}{\sqrt{\sin^2 \Delta\beta + \cos \Delta\beta \cdot \sin \xi}} \right), \quad (5.4)$$

где,  $\gamma$  – угол места на спутник с земной станции, град;

$\Delta\beta$  - разность долгот космической и земной станции, град;

$\xi$  – широта земной станции, град.

$$\begin{aligned} \gamma &= \arctg \left( \frac{\cos 16^\circ, 55' \cdot \cos 43^\circ, 15' - 0,15126}{\sqrt{\sin^2 16^\circ, 55' + \cos 16^\circ, 55' \cdot \sin 43^\circ, 15'}} \right) \\ &= \arctg \left( \frac{0,96 \cdot 0,73 - 0,15126}{\sqrt{0,086 + 0,96 \cdot 0,68}} \right) = \\ &= \arctg \left( \frac{0,55}{\sqrt{0,74}} \right) = \arctg \left( \frac{0,55}{0,86} \right) = \arctg(0,64) = 32,6^\circ. \end{aligned}$$

### 5.4 Расчет дополнительного затухания энергии сигнала на линии вниз

Суммарные потери энергии сигнала состоят из основных формула и дополнительных:

$$L_{\Sigma} = L_0 + L_{\text{доп}}, \quad (5.5)$$

где  $L_{\Sigma}$  – Суммарные потери энергии сигнала, дБ;

$L_0$  – затухание энергии в свободном пространстве, дБ;

$L_{\text{доп}}$  – дополнительное затухание (потери) сигнала, дБ.

Дополнительные потери связаны со следующими явлениями:

- поглощение энергии сигнала в газообразной среде атмосферы;
- потери из-за рефракции и неточности наведения антенн;
- фазовые эффекты в атмосфере;
- потери из-за несогласованности поляризаций антенн;
- деполяризация радиоволн в атмосфере.

Таким образом, вышесказанное можно сформулировать как

$$L_{\text{доп}} = L_A + L_D + L_T + L_H + L_P, \quad (5.6)$$

где  $L_{\text{доп}}$  – дополнительное затухание (потери) сигнала, дБ;

$L_A$  – поглощение энергии сигнала в атмосфере, дБ;

$L_D$  – потери в осадках (дожде, мокром снеге), дБ;

$L_T$  – поглощение энергии сигнала в тумане, дБ;

$L_H$  – потери из-за рефракции и неточности наведения антенн, дБ;

$L_P$  – потери из-за несогласованности поляризации антенн, дБ.

### 5.5 Расчёт ослабления уровня сигнала в нормальной атмосфере

В диапазонах частот, выделенных для спутниковых систем, влияние атмосферы проявляется в виде ослабления (поглощения) радиоволн в тропосфере и ионосфере, искривления траектории радиолуча в результате рефракции, изменения формы и вращение плоскости поляризации радиоволн и появление помех обусловленных тепловым излучением атмосферы и шумами поглощения.

Рассмотрим первый фактор - поглощение радиоволн в атмосфере, который количественно определяется коэффициентом  $L_A$ . При  $f > 500$  МГц поглощение определяется тропосферой, вернее газами тропосферы – кислородом и водяными парами, дождем и прочими гидрометеорами

$$L_A = L'_{O_2} l_1 + L'_{H_2O} l_2, \quad (5.7)$$

где  $L'_{O_2}$  – коэффициент погонного поглощения в кислороде, дБ/км;

$L'_{H_2O}$  – коэффициенты погонного поглощения в водяных парах, дБ/км;

$l_1$  – эквивалентная длина пути сигнала в кислороде, км;

$l_2$  – эквивалентная длина пути сигнала в водяных парах, км.

Эквивалентная длина пути сигнала в стандартной атмосфере зависит и от эквивалентной толщины атмосферы для кислорода и водяных паров ( $h_{O_2}$  и  $h_{H_2O}$ ), а также от угла места антенны земной станции  $\gamma$  и высоты земной станции над уровнем моря  $h_3$ .

$$l_1 = \frac{h_{O_2} - h_3}{\sin \gamma}, \quad l_2 = \frac{h_{H_2O} - h_3}{\sin \gamma}, \quad (5.8)$$

где  $\gamma$  – угол места антенны ЗС, град;  
 $h_3$  – высота ЗС над уровнем моря, для ЗС (г.Алматы, коттеджный городок ArmanVille) 1 км;  
 $h_{O_2} \approx$  эквивалентная толщина слоя кислорода в стандартной атмосфере, согласно можно принять равной 5,3 км;  
 $h_{H_2O} \approx$  эквивалентная толщина слоя водяных паров в стандартной атмосфере, согласно можно принять равной 2,1 км.

$$L_A = \frac{L'_{O_2}(h_{O_2} - h_3) + L'_{H_2O}(h_{H_2O} - h_3)}{\sin \gamma}. \quad (5.9)$$

Представленные в формуле коэффициенты погонного поглощения для стандартизированной атмосферы показаны на рисунке 14 в виде зависимости коэффициента молекулярного поглощения для кислорода  $O_2$  и водяных паров  $H_2O$  от частоты сигнала.

Коэффициенты погонного поглощения в кислороде и в водяных парах из рисунка 5.1, для частоты 11 ГГц составляют

$$L'_{O_2} = 0,007 \text{ (дБ/км)}, \quad L'_{H_2O} = 0,006 \text{ (дБ/км)}.$$

Согласно имеющимся данным, находим ослабление сигнала в атмосфере по формуле:

Для ЗС линия вниз

$$L_A = \frac{0,007(5,3 - 1) + 0,006(2,1 - 1)}{\sin 43^\circ} = 0,054 \text{ (дБ)}.$$

## 5.6 Расчет ослабления уровня сигнала, вызванного дождем

Строгая количественная оценка коэффициента ослабления в дожде с учетом всех влияющих факторов затруднена и обычно используют усредненные эмпирические оценки для той или иной климатической зоны с учетом данных многочисленных экспериментальных наблюдений.

Ослабление уровня сигнала при прохождении радиоволн через зону дождя вызвано рассеянием электромагнитной энергии частицами, при этом каждая частица рассеивает энергию в разных направлениях, вследствие чего энергия, приходящая в точку приема, уменьшается. Кроме того, энергия поглощается в частицах дождя, что вызывает ослабление уровня сигнала. Интенсивность рассеяния и поглощения зависит от количества частиц в единице объема, отношения размеров этих частиц к длине волны, размеров области, занятой частицами, и их электрических свойств, зависящих от

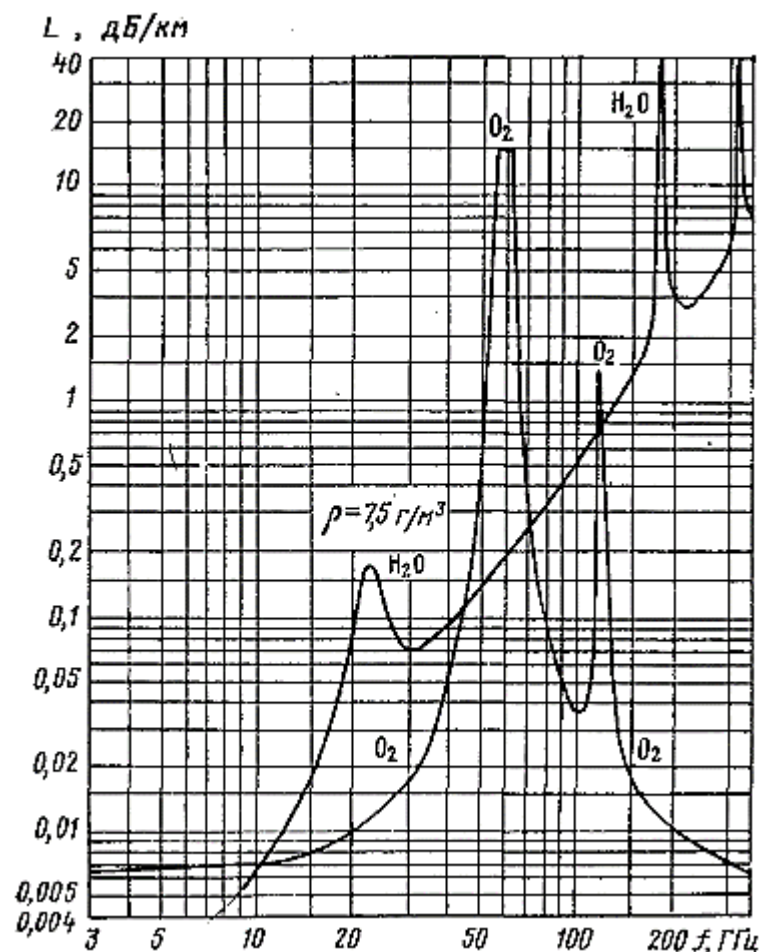


Рисунок 5.1 – Зависимость коэффициента молекулярного поглощения для кислорода  $O_2$  и водяных паров  $H_2O$

температуры. Количество частиц в единице объема и их размеры характеризуются интенсивностью дождя. Для города Алматы интенсивность дождя для худшего времени, составляет  $I_d=15$  мм/ч.

Чтобы определить ослабление сигнала в дожде на линии ИСЗ – ЗС, нужно знать длину пути сигнала в дожде. Очевидно, высота дождя определяется высотой изотермы  $0^\circ\text{C}$  (или уровнем замерзания воды), ниже которой ледяные капли дождя переходят в жидкую фазу.

Средняя высота нулевой изотермы определяется формулой

$$h_E = 5,1 - 2,151 \cdot \lg \left( 1 + 10^{\frac{\xi - 27^\circ}{25}} \right), \quad (5.10)$$

где  $h_E$  – средняя высота нулевой изотермы, км;

$\xi$  – широта земной станции, град.

Высота дождя определяется умножением  $h_E$  на эмпирический коэффициент, который учитывает, что в тропических зонах высота дождя часто значительно ниже уровня замерзания

$$h_D = C \cdot h_E, \quad (5.11)$$

где  $C = 0,6$  при  $0^\circ \leq |\xi| < 20^\circ$ ,  
 $C = 0,6 + 0,02(|\xi| - 20)$  при  $20^\circ \leq |\xi| \leq 40^\circ$ ,  
 $C = 1$  при  $|\xi| > 40^\circ$ .

В нашем случае  $C = 1$ , следовательно

$$h_D = h_E.$$

Средняя высота нулевой изотермы и высота дождя будет равна

$$h_E = h_D = 5,1 - 2,151 \cdot \lg \left( 1 + 10^{\frac{43^\circ - 27^\circ}{25}} \right) = 3,53 \text{ (км)}.$$

Также необходимо учесть пространственную неравномерность дождя в горизонтальном направлении. Длина пути сигнала, по наклонной трассе от станции до высоты дождя определяется как:

$$d_D = \frac{h_D - h_3}{\sin \gamma}, \quad (5.12)$$

где  $d_D$  – длина пути сигнала, по наклонной трассе от ЗС до высоты дождя, км;  
 $h_3$  – высота ЗС над уровнем моря, км;  
 $\gamma$  – угол места антенны ЗС, град.

$$d_D = \frac{3,53 - 1}{\sin 32,6^\circ} = 4,7 \text{ (км)}.$$

Также для расчёта необходимо знать горизонтальную проекцию наклонной трассы, которую можно определить по выражению

$$d_\Gamma = d_D \cdot \cos \gamma, \quad (5.13)$$

где  $d_\Gamma$  – горизонтальная проекция наклонной трассы, км;  
 $d_D$  – длина пути сигнала, по наклонной трассе от ЗС до высоты дождя, км;  
 $\gamma$  – угол места антенны ЗС, град.

$$d_\Gamma = 4,7 \cdot \cos 32,6 = 4,7 \cdot 0,842 = 3,96.$$

А также фактор уменьшения, учитывающий неравномерность дождя для 0,01% времени

$$r_{0.01} = \frac{90}{90 + 4d_{\Gamma}}, \quad (5.14)$$

где  $r_{0.01}$  – фактор уменьшения, безразмерная величина;  
 $d_{\Gamma}$  – горизонтальная проекция наклонной трассы, км.

$$r_{0.01} = \frac{90}{90 + 4 \cdot 3,96} = 0,85.$$

Окончательно ослабление сигнала в дожде определяется, как значение превышаемое в 0,01% среднего года, по известной формуле

$$L_{\text{д}} = L'_{\text{д}} \cdot r_{0.01} \cdot d_{\text{д}}, \quad (5.15)$$

где  $L'_{\text{д}}$  – погонное ослабление сигнала в дожде, дБ/км.

Функции погонного ослабления  $L'_{\text{д}}$  для данной интенсивности  $I_{\text{д}}$ , в диапазоне частот 9...30 ГГц могут быть аппроксимированы степенной зависимостью

$$L'_{\text{д}} = \theta_{\text{д}} \cdot I_{\text{д}}^{\psi_{\text{д}}}, \quad (5.16)$$

где коэффициенты  $\psi_{\text{д}}$  и  $\theta_{\text{д}}$  являются функциями частоты и равны

$$\psi_{\text{д}} = 1,47 - 0,09\sqrt{f}, \quad (5.17)$$

$$\theta_{\text{д}} = -10^{-3} + 5,1 \cdot 10^{-5} f^{2,45}, \quad (5.18)$$

При этом частота  $f$  выражена в ГГц.

Для нахождения погонного ослабления найдем сначала коэффициенты  $\psi_{\text{д}}$  и  $\theta_{\text{д}}$  по формулам

$$\psi_{\text{д}} = 1,47 - 0,09\sqrt{11} = 1,17, \theta_{\text{д}} = -10^{-3} + 5,1 \cdot 10^{-5} 11^{2,45} = 0,017.$$

Тогда значение погонного ослабления в дожде  $L'_{\text{д}}$  при интенсивности  $I_{\text{д}}=15$  мм/ч будет

$$L'_{\text{д}} = 0,017 \cdot 15^{1,17} = 0,41 \left( \frac{\text{дБ}}{\text{км}} \right).$$

В итоге по формуле на частоте 11 ГГц имеем ослабление сигнала равное:

$$L_d = 0,41 \cdot 0,85 \cdot 4,7 = 1,64 \text{ (дБ)}.$$

### 5.7 Расчет ослабления уровня сигнала, вызванного туманом и облачностью

Ослабление сигнала в тумане и облаках существенно меньшее, чем в дожде, даже в мощных конвекционных облаках, однако вероятность (длительность) ослаблений значительно больше. Так, например, распространение в облаках на частотах 10...30 ГГц может приводить к продолжительным ослаблениям сигнала в течение 5...10% времени на 0,5...1 дБ и 4...5 дБ в малых процентах времени (порядка 0,1%).

Ослабление в тумане зависит от количества жидкой воды в единице объема, т.е. от так называемой влажности  $M_T$ , измеряемой в  $\text{г/м}^3$ . Значение множителя ослабления в тумане зависит также и от значения удельного погонного ослабления  $k_T$ , измеряемого в  $\text{дБ} \cdot \text{м}^3/\text{г} \cdot \text{км}$ . Таким образом, множитель ослабления сигнала в тумане может быть представлен в виде:

$$L_T = k_T \cdot M_T \cdot r_T, \quad (5.19)$$

где  $r_T$  – длина пути распространения сигнала в тумане, км;  
 $k_T$  – множитель удельного погонного ослабления,  $\text{дБ} \cdot \text{м}^3/\text{г} \cdot \text{км}$ ;  
 $M_T$  – влажность зависит от оптической видимости и тем больше, чем меньше оптическая (таблица 1),  $\text{г/м}^3$ .

Множитель удельного погонного ослабления  $k_T$  в диапазоне частот 10...20 ГГц при температуре воздуха от минус 8 до минус 20°C лежит в пределах 0,1...0,5  $\text{дБ} \cdot \text{м}^3/\text{г} \cdot \text{км}$ , а при температуре от 0 до 20°C на частоте 11 ГГц этот коэффициент составляет 0,1...0,5  $\text{дБ} \cdot \text{м}^3/\text{г} \cdot \text{км}$ , т.е. с ростом температуры  $k_T$  уменьшается.

Вероятность появления туманов в равнинной местности в холодное время года составляет 3...5% и 0,6...2% в теплое. Приземные туманы могут захватывать большие районы, при этом горизонтальные размеры таких туманов могут лежать в пределах от нескольких сот метров до нескольких сот километров, а вертикальные от 300 м до 2,5 км.

Таблица 5.1 Зависимость водности  $M_T$  от оптической видимости

Параметры	Значения					
Влажность ( $\text{г/м}^3$ )	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05
Оптическая видимость, м	30	50	80	200	300	400

Возьмем самый худший вариант, когда оптическая видимость составляет не более 30 м (густой туман), влажность по таблице 5.1 тогда составит 2 г/м<sup>3</sup>.

Длину распространения сигнала в тумане примем равной 0,2 км, а множитель удельного погонного ослабления  $k_T$  на частоте 11 ГГц при температуре воздуха от минус 8 до минус 20° С возьмем равным 0,5 дБ·м<sup>3</sup>/г·км согласно формуле получаем

$$L_T = 0,2 \cdot 2 \cdot 0,5 = 0,2 \text{ (дБ)}.$$

### **5.8 Расчет ослабления уровня сигнала, из-за рефракции и неточности наведения антенны на ИСЗ**

Рефракция радиоволн приводит к образованию угла между истинным и кажущимся направлениями на спутник, в результате чего появляется дополнительное ослабление сигнала, вызванное неверным наведением антенны земной станции и спутника друг на друга. Угловое отклонение, вызванное рефракцией, составляет несколько десятых долей градуса и может быть скомпенсировано или сведено к минимуму предварительной коррекцией направленности антенн. При автоматическом наведении антенн по максимуму сигнала влияние рефракции практически исключается. Так как на частоте 11 ГГц и выше влияние рефракции пренебрежимо мало, то не будем его учитывать вообще. Однако дополнительно могут возникнуть потери из-за неточности наведения антенны, которые зависят от метода и конструкции (включая механическую часть) устройства наведения. Этот вид потерь носит неподдающийся оценке статистический характер, и может примерно на 0,3 дБ увеличить общие потери, таким образом

$$L_H \approx 0,3 \text{ (дБ)}.$$

Потери из-за деполяризации радиоволн в осадках обусловлены не сферичностью формы и особенностью траекторий падения дождя. Этот вид потерь носит статистический характер, связанный со статистикой выпадения дождей. Значение этих потерь можно вообще не учитывать.

Окончательно, воспользовавшись выражением получаем значение дополнительных потерь

$$L_{\text{доп}} = 0,054 + 1,64 + 0,2 + 0,3 = 2,2 \text{ (дБ)}.$$

### **5.9 Расчет шумовых факторов**

Шумовые факторы играют главную роль при проектировании спутниковых радиолиний, в расчётах спутниковых радиолиний важно определить полную мощность шумов, создаваемых на входе приемного устройства спутника и земной станции различными источниками.



Суммарную мощность шумов на входе приемника, можно определить, используя формулу

$$P_{\Sigma} = k \cdot T_{\Sigma} \cdot \Delta f_{\Sigma}, \quad (5.20)$$

где  $k$  – постоянная Больцмана, равная  $1,38 \cdot 10^{-23}$  Вт/Гц·К;  
 $T_{\Sigma}$  – полная эквивалентная шумовая температура приемной системы, К;  
 $\Delta f_{\Sigma}$  – эквивалентная (энергетическая) шумовая полоса приемника, Гц.

Полная эквивалентная шумовая температура приемной системы, состоящей из антенны, волноводного тракта и собственно приемника, пересчитанная к входу приемника

$$T_{\Sigma} = T_A \cdot \eta_B + T_0(1 - \eta_B) + T_{\text{ПР}}, \quad (5.21)$$

где  $T_{\Sigma}$  – полная эквивалентная шумовая температура приемной системы, К;  
 $T_A$  – эквивалентная шумовая температура антенны;  
 $T_0$  – абсолютная температура среды (290 К);  
 $\eta_B$  – коэффициент передачи волноводного тракта;  
 $T_{\text{ПР}}$  – эквивалентная шумовая температура собственно приемника, обусловленная его внутренними шумами, определяется как

$$T_{\text{ПР}} = T_0(K_{\Sigma} - 1), \quad (5.22)$$

где  $K_{\Sigma}$  – коэффициент шума приемника, задан в характеристике оборудования.

$$T_{\text{ПР}} = 290(6 - 1) = 1450^\circ (\text{К}).$$

Полная эквивалентная шумовая температура приемной системы будет равна

$$T_{\Sigma} = 145 \cdot 0,8 + 290(1 - 0,8) + 1450 = 1624^\circ (\text{К}).$$

Эквивалентная (энергетическая) шумовая полоса приемника определяется по формуле

$$\Delta f_{\Sigma} = \tau \cdot \Delta f_{0,7}, \quad (5.23)$$

где  $\tau$  – коэффициент УПЧ, обычно равен 1,1...1.2;  
 $\Delta f_{0,7}$  – эффективная полоса частот, МГц.

Зададим  $\tau = 1.15$  к примеру, для трех одноконтурных каскадов УПЧ.

Тогда эквивалентная (энергетическая) шумовая полоса приемника по формуле будет равна

$$\Delta f_{\text{ш}} = 1,15 \cdot 36 = 41,4 \text{ (МГц)}.$$

По формуле суммарная мощность шумов на входе приемника будет равна

$$P_{\text{ш}\Sigma} = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 1624 \cdot 41,4 \cdot 10^6 = 9,3 \cdot 10^{-13}.$$

### 5.10 Расчёт мощности передатчика ИСЗ

Для определения мощности передатчика ИСЗ воспользуемся формулой:

$$P_{\text{пер.ИСЗ}} = \frac{L_0 \cdot L_{\text{доп}} \cdot P_{\text{ш}\Sigma}}{G_{\text{пер.ИСЗ}} \cdot G_{\text{пр.ЗС}} \cdot \eta_{\text{пер.ИСЗ}} \cdot \eta_{\text{пр.ЗС}}} \cdot b \cdot \left( \frac{P_c}{P_{\text{ш}}} \right)_{\Sigma}, \quad (5.24)$$

где,  $L_0$  – затухание энергии сигнала в свободном пространстве;

$L_{\text{доп}}$  – дополнительное затухание;

$P_{\text{ш}\Sigma}$  – суммарная мощность шумов на входе приемника;

$G_{\text{пер.ИСЗ}}$  – коэффициент усиления передающей антенны;

$G_{\text{пр.ЗС}}$  – коэффициент усиления приемной антенны;

$\eta_{\text{пер.ИСЗ}}, \eta_{\text{пр.ЗС}}$  – коэффициент передачи волноводного тракта;

$b = 1 \text{ дБ(1,66)}$  – коэффициент запаса для «линии вниз»;

$\left( \frac{P_c}{P_{\text{ш}}} \right)_{\Sigma}$  – отношение сигнал/шум на входе приемника.

Зададимся отношением сигнал-шум на входе приемника ЗС равным 12 дБ ( $(P_c/P_{\text{ш}})_{\Sigma} = 15,85$  для четырех позиционной QPSK VIDEO согласно регламенту МККР 308.2.

Для удобства вычислений переведем значения заданные в децибелах в относительные единицы

$$G_{\text{пр.ЗС}} = 10^{\frac{G_{\text{пр.ЗС}}[\text{дБ}]}{10}} = 10^{\frac{56}{10}} = 3,98 \cdot 10^5 \text{ (раз)},$$

$$G_{\text{пер.ИСЗ}} = 10^{\frac{G_{\text{пер.ИСЗ}}[\text{дБ}]}{10}} = 10^{\frac{27}{10}} = 501,187 \text{ (раз)}.$$

Все остальные параметры для определения мощности передатчика были рассчитаны в предыдущих пунктах, подставляя, их в формулу получим

$$P_{\text{пер.ИСЗ}} = \frac{3,162 \cdot 10^{20} \cdot 1,66 \cdot 9,3 \cdot 10^{-13}}{501,187 \cdot 3,98 \cdot 10^5 \cdot 0,8 \cdot 0,9} \cdot 1,3 \cdot 15,85 = 90,03 \text{ (Вт)}.$$

Таким образом, необходимая мощность передатчика ИСЗ, при которой спутниковый канал надежно работает в условиях помех и не содержит излишних энергетических запасов, равна 90,03 Вт. [9]

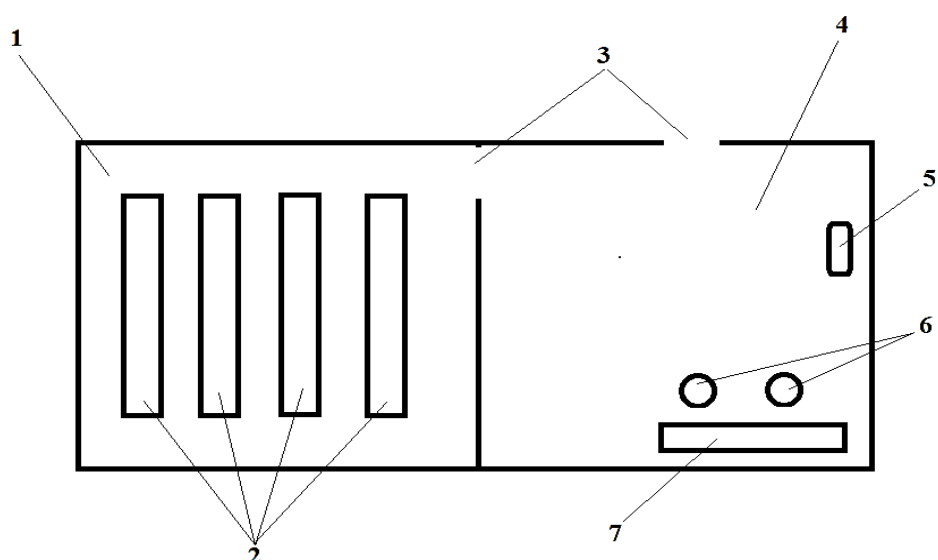
## 6 Безопасность жизнедеятельности

### 6.1 Основные понятия

В дипломной работе произведен анализ сети цифрового вещания на основе стандарта DVB-S2x в городе Алматы.

Выбранная станция эксплуатируется 24 часа в сутки, и для технического обслуживания вовлечены 7 сотрудников. Инженеры по эксплуатации работают в одну дневную смену по 8 часов в сутки, 5 дней в неделю с перерывом на обед. Старшие электромеханики работают по 12 часов в сутки в четыре смены, но не более 40 часов в неделю. Для этих должностей подходят люди, имеющие высшее техническое образование, так как им необходимо работать с высокотехнологичным оборудованием. В их обязанности входит обслуживание всей аппаратуры, находящейся в аппаратной центра. Для нормальной трудовой деятельности необходимо создать условия, которые будут отвечать требованиям безопасности жизнедеятельности человека. Для эксплуатации используются персональные компьютеры, принтеры, тестовые измерительные приборы.

Основной аппаратный зал находится в помещении, состоящем из двух комнат размерами 6·4·4 и 6·4·4 м, и в одной из комнат находится окно размерами 2·2, высота которого от пола 3 м. На рисунке 6.1 представлена схема размещения оборудования.



1 – автозал, 2 – оборудования, 3 – двери, 4 – операторская,  
5 – окно, 6 – стулья, 7 – операторские стол

Рисунок 6.1 – Схема размещения оборудования

Необходим учет человеческого фактора, который неизбежно отражается на качественных и количественных показателях деятельности работников. Оборудование в аппаратной размещено так, чтобы его можно было удобно обслуживать.

Данное коммутационное оборудование размещается в помещении размерами: длина - 6м; ширина - 4м; высота - 4м, где оно расположено четырьмя рядами в центре. Оборудование работает на постоянном токе напряжением 48В. По характеру трудовой деятельности эксплуатация станции относится к умственному труду, так как связана с приемом и переработкой информации, требующей преимущественного напряжения органов зрения, памяти, активизации процессов мышления.

В аппаратной необходима система пожарной охраны. Требования к системе пожарной охраны: высокая надежность, быстрое срабатывание, для ручной системы: удобство в использовании; расположение в соответствии с требованиями пожарных нормативов.

В зависимости от технологических процессов, по взрывоопасной и пожарной опасности помещения и здания подразделяются на пять категорий: А, Б, В, Г, Д. Объекты связи относятся к категории В. К категории В относятся помещения, в которых на половине площади производственного помещения технологический процесс связан с применением твердых сгораемых веществ и материалов с температурой вспышки паров 61°C, горючей пыли с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/куб. м [10].

Разработка производственной вентиляции.

Энергия, необходимая для обеспечения жизнедеятельности человека, выделяется в процессе окислительно-восстановительных реакций, протекающих в его организме. Окислителем в этих реакциях является кислород, продуктом реакций — углекислый газ.

В процессе дыхания организм человека, находящегося в состоянии покоя, ежедневно поглощает до 24 л кислорода и выделяет до 18 л углекислого газа, что ведет к изменению состава воздуха в изолированных от внешней среды помещениях. Снижение концентрации кислорода и увеличение концентрации 63 углекислого газа во вдыхаемом воздухе оказывает негативное влияние на функционирование организма.

Для системы вентиляции были выбраны кондиционер БК-1500, который обеспечивает: охлаждение воздуха; автоматическое поддержание заданной температуры; очистка воздуха от пыли; вентиляция; уменьшение влажности воздуха; изменение скорости движения направления воздушного потока; воздухообмен с окружающей средой. Кондиционер БК-1500 рассчитан на вентиляцию и кондиционирование 25 м<sup>2</sup>.

## **6.2 Система пожарной безопасности**

Системы пожарной безопасности должны быть объектом пожарной профилактики и пожарной защиты, включая организационные и технические

мероприятия.

А также должны характеризоваться уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей, экономическими критериями эффективности этих систем для материальных ценностей, с учетом всех стадий (научная разработка, проектирование, строительство, эксплуатация) жизненного цикла объектов и выполнять одну из следующих задач:

- защитить оборудование от пожара;
- противостоять возникновению пожара;
- защитить людей от пожара;
- защитить материальную ценность от пожара.

Требуемый уровень обеспечения пожарной безопасности людей с помощью указанных систем должен быть не менее 0,99 предотвращения воздействия опасных факторов в год.

Опасными факторами, воздействующими на людей и материальные ценности, являются:

- пламя и искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения;

В помещениях операторов могут быть три основных фактора, которые могут привести к возникновению пожара:

- горючие вещества - строительные материалы для акустической и эстетической отделки помещений: перегородки, двери, полы, перфокарты и перфоленты, изоляции силовых и сигнальных кабелей, обмотки радиотехнических деталей и пр.;

- окислитель - кислород, так как в производственных помещениях операторов постоянно действует мощная система кондиционирования для отвода теплоты от ЭВМ;

- источники зажигания - электронные схемы ЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционеры воздуха.

Для тушения пожара, который возникшего в помещении оператора, применяются порошковые или углекислотные огнетушители:

- огнетушители порошковые (ОП);
- огнетушители углекислотные (ОУ);
- самосрабатывающие огнетушители.

ОП предназначены для тушения возгорания твердых, жидких и газообразных веществ (класса А, В, С), а также возможно их применение для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В.

Порошковыми огнетушителями рекомендуется оборудовать легковые и грузовые автомобили, сельскохозяйственную технику, противопожарные щиты на химических объектах, в гаражах, мастерских, офисах, гостиницах и квартирах. Не следует использовать порошковые огнетушители для тушения оборудования, которое может выйти из строя при попадании порошка (ЭВМ, электронное оборудование, электромашины коллекторного типа и т.д.).

ОУ предназначены для тушения загораний веществ, горение которых не может происходить без доступа воздуха, загораний электроустановок, находящихся под напряжением не более 1000 В. Предназначены для тушения возгорания жидких и газообразных веществ (класс В, С). Углекислотными огнетушителями предпочтительно оборудовать противопожарные щиты в лакокрасочных цехах, на складах, АЗС и на территории промышленных предприятий. Машинный зал должен быть оборудован пожарными извещателями, которые позволяют вам сообщить дежурный персонал о пожаре.

Пожарные извещатели преобразуют неэлектрические физические величины (излучение тепловой или световой энергии, движение частиц дыма) в электрические, которые в виде сигнала определенной формы направляются по проводам на приемную станцию. В качестве пожарных извещателей в машинном зале устанавливаются дымовые фотоэлектрические извещатели типа ИДФ-1 или ДИП-1.[14]

### **6.3 Методика расчета установок водяного и пенного пожаротушения**

В расчетной части по теме дипломной работы был выбран офис приемо-передающей станции в г. Алматы. По характеристике, описанной выше необходимо сделать расчет и анализ пожаротушения в предприятий.

Таблица 6.1 – Параметры спринклерных установок

Перечень складироваемых грузов	Интенсивность орошения водой, л/см <sup>2</sup>	Максимальное расстояние между спринклерными оросителями, м	Время работы установки, мин
Несгораемые материалы в сгораемой упаковке	0,4	2	60
Твердые сгораемые материалы	0,45	2	60
Резинотехнические изделия	0,5	1,5	60
Примечание – Хранение резиновых изделий допускается в цельнометаллической таре.			

При техническом расчете надобно определить расчетный расход воды раствора пенообразователя  $Q_d$ , л/с, через ороситель (генератор)

$$Q_d = k\sqrt{H}, \quad (6.1)$$

где  $k$  — коэффициент производительности оросителя (генератора), принимаемый по табл. 2;

$H$  — свободный напор перед оросителем (генератором), м.

$$Q_d = 1,48\sqrt{45} = 9,92 \left(\frac{\text{л}}{\text{с}}\right).$$

Таблица 6.2 – Коэффициент производительности оросителя

Ороситель (генератор)		Значение коэффици- ента $k$	Минималь- ный сво- бодный напор, м	Максималь- ный допус- тимый напор, м
Водяной спринклер- ный и дренчерный с диаметром выходного отверстия, мм:	8	0.2	5	100
	10	0.31	5	100
	12	0.45	5	100
	15	0.71	10	100
	20	1.25	10	100
Эвольвентный	ОЭ-16	0.27	15	80
	ОЭ-25	0.66	15	80
	ОЭ-50	2.73	15	80
Генераторный пенный	ГЧС, ГЧС <sub>м</sub>	1.48	15	45
Пенный розеточный с диаметром выходного отверстия, мм	10	0.31	15	100
	15	0.71	15	100
	Пенный	0.55	15	80
Примечание – Свободный напор у спринклерного оросителя, устанавливаемого во внутрестеллажном пространстве, должен быть не менее 10 м.				

Расход воды, раствора пенообразователя  $Q$ , л/с, для спринклерной установки во внутрестеллажном пространстве определяется по формуле

$$Q = a \cdot b \cdot n \cdot q_n, \quad (6.2)$$

где  $a$  — расчетная длина одновременно орошаемой части стеллажа, принимается равной 15 м;

$b$  — наибольшая ширина совмещенных стеллажей, м;

$n$  — количество экранов;

$q_n$  — интенсивность орошения, принимается по таблицей 6.1.

$$Q = 15 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 0,45 = 54 \left(\frac{\text{л}}{\text{с}}\right).$$

Таблица 6.3 – Параметры труб

Трубы	Диаметр условного прохода, мм	Диаметр наружный, мм	Толщина стенки, мм	Значение $k_1$
Стальные электросварные (ГОСТ 10704-76)	15	18	2	0.0755
	20	25	2	0.75
	25	32	2.2	3.44
	32	40	2.2	13.97
	40	45	2.2	28.7
	50	57	2.5	110
	65	76	2.8	572
	80	89	2.8	1429
	100	108	2.8	4322
	100	108	3	4231
	100	114	2.8	5872
	100	114*	3*	5757
	125	133	3.2	13530
	125	133*	3.5*	13190
	125	140	3.2	18070
	150	152	3.2	28690
	150	159	3.2	36920
	150	159*	4*	34880
	200	219*	4*	209900
	250	273*	4*	711300
	300	325*	4*	1856000
	350	377*	5*	4062000
Стальные водогазопроводные (ГОСТ 3262-75)	15	21.3	2.5	0.18
	20	26.8	2.5	0.926
	25	33.5	2.8	3.65
	32	42.3	2.8	16.5
	40	48	3	34.5
	50	60	3	135
	65	75.5	3.2	517
	80	88.5	3.5	1262
	90	101	3.5	2725
	100	114	4	5205
	125	140	4	16940
	150	165	4	43000
Примечание – Трубы, отмеченные знаком «*», применяются в сетях наружного водоснабжения.				



Потери напора на расчетном участке трубопроводов  $H_1$ , м, определяются по формуле

$$H_1 = \frac{Q^2}{B}, \quad (6.3)$$

где  $Q$  – расход воды, раствора пенообразователя на расчетном участке трубопровода, л/с;

$B$  – характеристика трубопровода, определяется по формуле

$$B = \frac{k_1}{l}, \quad (6.4)$$

где  $k_1$  – коэффициент, принимается по таблице 6.3;

$l$  – длина расчетного участка трубопровода, м.

$$B = \frac{135}{60} = 2,25,$$

$$H_1 = \frac{54^2}{2,25} = 1296.$$

Потери напора в узлах управления установок  $H_2$ , м, определяются по формуле

$$H_2 = \varepsilon \cdot Q^2, \quad (6.5)$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент потерь напора в узле управления, принимается по таблице 6.4;

$Q$  – расчетный расход воды, раствора пенообразователя через узел управления, л/с.

$$H_2 = 2,35 \cdot 10^{-3} \cdot 54^2 = 6,8526 \text{ (м)}.$$

Объем раствора пенообразователя  $V_1$  м<sup>3</sup>, при объемном пожаротушении определяется по формуле

$$V_1 = \frac{k_2 \cdot V}{k_3}, \quad (6.6)$$

где  $k_2$  – коэффициент разрушения пены, принимается по таблице 6.5;

$V$  – объем защищаемого помещения, м<sup>3</sup>;  
 $k_3$  – кратность пены.

$$V_1 = \frac{3 \cdot 96}{50} = 5,76 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Таблица 6.4 – Коэффициент потерь напора в узле управления

Узлы управления	Тип клапана	Диаметр клапана, мм	Коэффициент потерь напора, е
Спринклерной установки водозаполненной	ВС	100	$3.02 \cdot 10^{-3}$
		150	$8.68 \cdot 10^{-4}$
То же, водовоздушной	ВС,ГД	100	$9.36 \cdot 10^{-3}$
		150	$2.27 \cdot 10^{-3}$
Спринклерной и дренчерной установок	БКМ,КМ	100	$2.35 \cdot 10^{-3}$
		150	$7.7 \cdot 10^{-4}$
		200	$1.98 \cdot 10^{-4}$
Дренчерной установки	ГД	65	$4.8 \cdot 10^{-2}$
		100	$6.34 \cdot 10^{-3}$
		150	$1.4 \cdot 10^{-3}$
	КТПА	25	$2.47 \cdot 10^{-1}$
		32	$8.65 \cdot 10^{-2}$
		40	$5.04 \cdot 10^{-2}$
		50	$1.83 \cdot 10^{-2}$
		65	$5.34 \cdot 10^{-3}$
	КЗС	65	$1.78 \cdot 10^{-2}$
		100	$3.11 \cdot 10^{-3}$
		150	$7.83 \cdot 10^{-4}$

Таблица 6.5 – Коэффициент разрушения пены

Горючие материалы защищаемого производства	Коэффициент разрушения пены $k_2$	Продолжительность работы установки, мин
Твердые	3	25
Жидкие	4	15

Число одновременно работающих генераторов пены определяется по формуле

$$n = \frac{V_1}{Q_d^t}, \quad (6.7)$$

где  $Q_d$  – производительность одного генератора по раствору пенообразователя, м<sup>3</sup>/мин;  
 $t$  – продолжительность работы установки с пеной средней кратности, мин, принимается по таблице 6.5.

$$n = \frac{5,76}{9,92} = 0,58.$$

Оснащаем два помещения датчиками ДИП. Извещатель пожарный дымовой оптико-электронный адресный, предназначен для обнаружения возгораний, сопровождающихся появлением дыма в закрытых помещениях различных зданий и сооружений. Для определения конкретного количества оснащения данным датчиком (DIP-34РА) первой и второй комнаты используем следующую формулу

$$M = \frac{S}{S_0}, \quad (6.8)$$

где  $S$  – площадь помещения;  
 $S_0$  – контролируемый участок одного датчика.

$$M = \frac{6 \cdot 4 \cdot 4}{30} = 3,2.$$

Так как две помещения идентичны по размерам, по расчетному пути следует оснащать тремя датчиками каждую комнату.[13]

#### **6.4 Расчет установок пожаротушения с комбинированным углекислотно-хладоновым составом**

Расчетная масса комбинированного углекислотно-хладонового состава  $m_d$ , кг, для объемного пожаротушения определяется по формуле:

$$m_d = k_6 \cdot q_n \cdot V, \quad (6.9)$$

где  $k_6$  — коэффициент компенсации неучитываемых потерь углекислотно-хладонового состава, принимается по таблице 6.6;  
 $q_n$  — нормативная массовая огнетушащая концентрация углекислотно-хладонового состава, принимается 0,27 кг/м<sup>3</sup> при времени заполнения помещения, равном 30 с, и 0,4 кг/м<sup>3</sup>, при времени заполнения помещения, равном 60 с;  
 $V$  — объем защищаемого помещения, м<sup>3</sup>.

$$m_d = 1,2 \cdot 0,27 \cdot 96 = 31,1 \text{ (кг)}.$$

Таблица 6.6 - Коэффициент компенсации неучитываемых потерь углекислотно-хладонового состава

Помещение	Значение коэффициента $k_6$
С дверным и оконными проемами	1,13-1,25
Без оконных проемов	1,07-1,15

Внутренний диаметр магистрального трубопровода  $d_i$ , мм, определяется по формуле:

$$d_i = d_1 \cdot \sqrt{\varepsilon_2}, \quad (6.10)$$

где  $d_1$  – диаметр сифонной трубки баллона, мм;

$\varepsilon_2$  – число одновременно разрезаемых баллонов.

$$d_i = 10 \cdot \sqrt{2} = 10.$$

Эквивалентная длина магистрального трубопровода  $l_2$  м, определяется по формуле

$$l_2 = k_7 \cdot l, \quad (6.11)$$

где  $k_7$  — коэффициент увеличения длины трубопровода для компенсации неучитываемых местных потерь, таблица 6.7.

$l$  – длина трубопровода по проекту, м.

$$l_2 = 1,05 \cdot 60 = 63.$$

Таблица 6.7 – Коэффициент увеличения длины трубопровода для компенсации неучитываемых местных потерь

Диаметр прохода магистрального трубопровода, мм	Значение коэффициента $k_7$
До 35	1,2
Свыше 35 до 50	1,1
Свыше 50	1,05

Площадь сечения выходного отверстия оросителя  $A_3$ , мм<sup>2</sup>, определяется по формуле

$$A_3 = \frac{S}{\varepsilon_1}, \quad (6.12)$$

где  $S$  – площадь сечения магистрального трубопровода, мм<sup>2</sup> ;

$\varepsilon_1$  – число оросителей.

$$A_3 = \frac{120}{5} = 24.$$

Расчетное время подачи углекислотно-хладонового состава,  $t$  мин, определяется по формуле

$$t = \frac{m_d}{60 \times Q}, \quad (6.13)$$

где  $m_d$  — расчетная масса углекислотно-хладонового состава, кг;

$Q$  — расход углекислотно-хладонового состава, кг/с.

$$t = \frac{31,1}{60 \times 54} = 0,00959.$$

Масса основного запаса углекислотно-хладонового состава  $m$ , кг, определяется по формуле

$$m = 1,1 \times m_d \left( 1 + \frac{k_8}{k_6} \right), \quad (6.14)$$

где  $k_8$  — коэффициент, учитывающий остаток углекислотно-хладонового состава в баллонах и трубопроводах

$k_6$  — принимается по таблице 6.8.

$$m = 1.1 \times 31.1 \times \left( 1 + \frac{0.23}{1.15} \right) = 41.052.$$

Таблица 6.8 – Значение коэффициента  $k_8$

Диаметр сифонной трубки, мм	Значение коэффициента $k_8$ при длине трубопровода по проекту, м		
	До 100	От 101 до 200	Свыше 200
10	0,2	0,23	0,25
12	0,2	0,25	0,28

**Вывод:** Основываясь на вышеперечисленные данные, расчеты и анализ по обеспечению безопасных работ на предприятий, требуется сделать решение о проведений определенных мероприятий. В каждом зале/комнате необходимо присутствовать пожарные извещатели автоматической сигнализации, передающие сигнал в помещение пожарного поста, охраны или диспетчерской здания. Опираясь на полученные данные при расчетах пожаротушения в данном объекте нужно организовать использование газовой

системы пожаротушения. В данном помещении нельзя эксплуатировать водяные, порошковые и аэрозольные виды пожаротушения, поскольку они не только могут нанести значительный ущерб оборудованию, но и не смогут проникнуть в труднодоступные места. При использовании газового пожаротушения газ равномерно распределяется по всему помещению, обеспечивая молниеносную ликвидацию пожара.

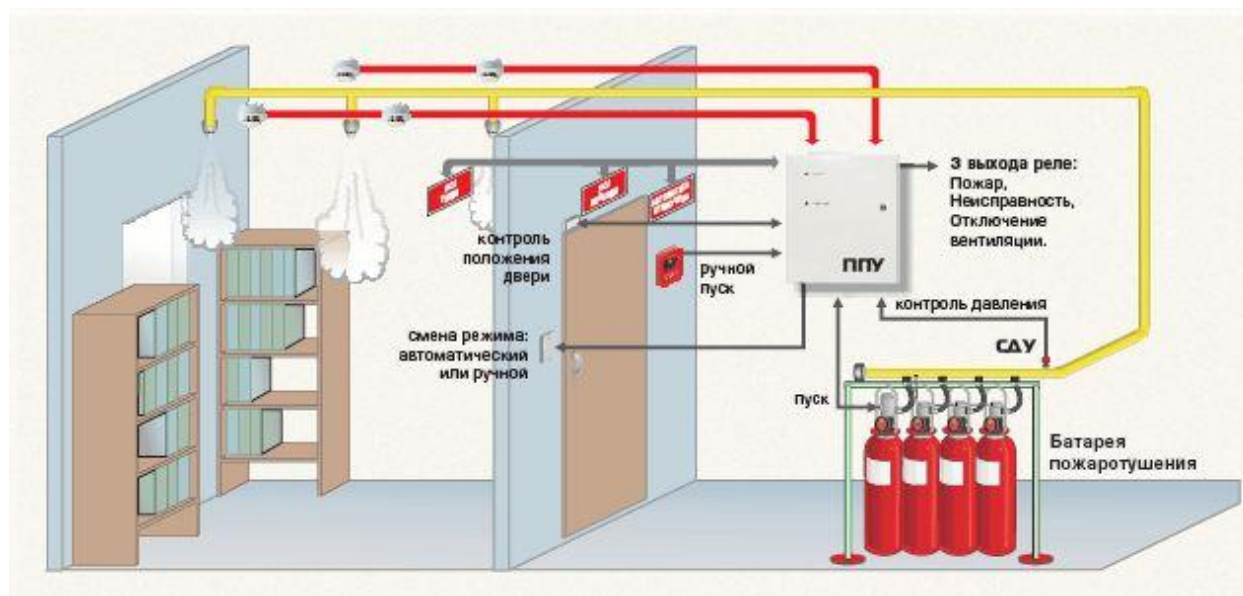


Рисунок 6.2 – Система газового пожаротушения [13]

## 7 Экономическая часть

Главной целью данного проекта является исследование целесообразности перехода к стандарту цифрового вещательного стандарта DVB-S2x в Казахстане. В этом разделе будет рассмотрена экономическая составляющая реализации проекта, отражающая трудовые и финансовые затраты.

Реализация задачи перевода (модернизации) со стандарта цифрового вещания DVB-S2, которая на данный момент эксплуатируется в стране на стандарт DVB-S2x, содержание и развитие национальной сети телерадиовещания, возложено на АО «Казтелерадио», определенное Правительством Республики Казахстан Национальным оператором телерадиовещания.

Для определения стандарта наземного цифрового телевидения, АО «Казтелерадио» в 2009-2010 гг. по поручению Министерства связи и информации республики были проведены тестовые испытания цифрового эфирного вещания, позволившие определить тактико-технические характеристики оборудования, произвести сравнительный анализ и выработать рекомендации по выбору стандарта эфирного цифрового вещания. По результатам испытаний в соответствии с Протоколом заседания Межведомственной комиссии по радиочастотам под председательством

Премьер-Министра Республики Казахстан от 27 декабря 2010 года за № 17-42/, в Казахстане для внедрения цифрового вещания на территории Республики Казахстан принят европейский стандарт наземного цифрового вещания второго поколения DVB-T2, а для спутникового вещания – DVB-S2.

Цифровое телевидение — это новый тип технологии вещания, который позволяет выйти телевидению на новый качественный и количественный уровень..

Стандарт DVB-S2x по сути является расширением стандарта DVB-S2 и добавляет в него дополнительные технологические возможности и функции. DVB-S2x был официально выпущен как ETSI EN 302 307, часть вторая, первой частью которого является DVB-S2. Уже тот факт, что новый стандарт назван расширением существующего, говорит о том, что коренных изменений в его спецификацию не вносилось, а были добавлены лишь новые опции и улучшения. Стоит отметить еще один существенный недостаток – отсутствие обратной совместимости с приемниками стандарта DVB-S2, т.е. потребуется обновление оборудования при переходе на новый стандарт.

При экономическом анализе реализации проекта были рассмотрены такие составляющие бизнес-плана как:

- расчет сметы капитальных затрат;
- расчет основных производственных фондов;
- суммарные эксплуатационные затраты;
- достоинства и недостатки реализации проекта.

### **7.1 Расчет сметы капитальных затрат**

Смета суммарных затрат на модернизацию включает в себя все затраты, которые надо внести на первоначальном этапе постройки сети. Сюда входят многие затраты, которые предшествуют запуску системы в работу. Так как реализация проекта планируется на существующих площадях, затраты на модернизации новых зданий и антенно-мачтовые сооружения не предусмотрены. Инвестиции в оборудование по проекту и на ввод оборудования в эксплуатацию складываются из составляющих:

- стоимость оборудования;
- проектные работы;
- монтажные работы при реализации;
- транспортные расходы.

Для того, чтобы определить сумму капитальных вложений для проекта сети передачи данных составим смету затрат на используемое оборудование и материалы, которые будут использованы при внедрении сети цифрового эфирного телевидения в городе Алматы и составляющие инвестиции в проект.

Затраты на оборудование включают в себя сумму стоимости всего оборудования, необходимого на первоначальном этапе строительства сети, внедрение и эксплуатация которого будет осуществляться на станции.[8]

Оборудование состоит из передатчика, антенны, фидерной системы, средств приема сигнала, средств дистанционного управления и контроля, и дополнительного оборудования. Также сюда входят прочие затраты на неучтенное в данном проекте оборудования, которое будет необходимо при реализации.

Полная смета затрат на оборудование приведена в таблице 7.1. Количество и стоимость каждого устройства была взяты на основе работы станций АО «Казтелерадио» в других районах республики. Сумма затрат равна 4 839 450 тенге.

Таблица 7.1 – Затраты на оборудование

1	Средства наземной трансляции	Ед. Изм.	Кол-во	Стоим.
1.1	Передатчик DVB-S2X	шт.	1	700 000
1.2	Антенна широкополосная	шт.	1	450 000
1.3	Фидерная система:			340 000
2	Средства приема сигнала			
2.1	Комплект ПЗСС в составе:	шт.	1	
2.1.1	Приемная спутниковая антенная система 2,4м	шт.	1	390 000
2.1.2	МШУ – конвертер	шт.	1	45 000
2.1.3	Кабель	комп.	2	20 000
2.2	Приемник DVB-S/S2 Cisco D9854	шт.	1	600 000
3	Средства дистанционного управления и контроля			
3.1	VSAT-терминал:	шт.	1	
3.1.1	Спутниковый модель CDM-600L	шт.	1	300 000
3.1.2	Малошумящий блок PLL LNB	шт.	1	14 000
3.1.3	Передатчик BUC 3 Вт (KU-диапазон)	шт.	1	15 000
3.1.4	Кабель+разъемы	комп.	1	20 000
3.1.5	Антенна 0,9м	шт.	1	8 000
3.1.6	Опора для антенна 0,9м	шт.	1	2 000
3.2	Мониторинговый приемник DVB-S2X	шт.	1	150 000
3.2.1	Приемная антенна	шт.	1	5 000
3.3	Блок дистанционного контроля	шт.	1	930 000
4	Дополнительное оборудование			600 000
5	Итого стоимость оборудования			4 609 000
6	Прочие затраты не учтенные в проекте (5 % от общих затрат на оборудование)			230 450
7	Всего затрат			4 839 450

Затраты на монтажные работы, проектные работы и транспортно-складские услуги составляют 20, 10 и 8,1% от затрат по смете на



оборудование соответственно. Эти затраты приведены в таблице 7.2. Диаграмма капитальных затрат для реализации проекта приведена на рисунке. Диаграмма отражает процентное соотношение различных затрат от общей суммы.

Таблица 7.2 – Сводная смета капитальных затрат на реализацию сети

Наименование затрат	Сумма, тг.	Структура капитальных затрат, %
Затраты на оборудование	4 839 450	72,41
Затраты на монтажные работы (20% от затрат по смете)	967 890	14,48
Затраты на проектные работы (10% от затрат по смете)	483 945	7,241
Затраты на транспортно-складские услуги (8,1% от затрат по смете)	392 000	5,86
Итого:	6 683 285	99,9

Расчет основных производственных фондов.

Величина капитальных вложений, переходящих в основные производственные фонды (ОПФ) проектируемого объекта, принимается равной полной стоимости капитальных вложений, рассчитанных без НДС.

$$\Phi = K,$$

$$\Phi = 6\,683\,285 \text{ (тенге).}$$

Расчет численности персонала.

При введении оборудования в эксплуатацию, в штатное расписание будут введены 3 техника и 1 ведущий инженер. Оклад инженера будет составлять 200 000 тенге. Оклад техника – 120 000 тенге. При расчете расходов по труду будет учитываться заработная плата только этих работников.

Общее количество работников по обслуживанию участка Ч=4.

Таблица 7.3 – Штат работников для обслуживания сети

Наименование должностей	Оклад, тг.	Количество людей	Сумма затрат на заработную плату
Ведущий инженер	200 000	1	200 000
Техник	120 000	3	360 00
Итого		4	560 000

Расчет фонда оплаты труда.

Годовой фонд оплаты труда (ФОТ) работников, обслуживающих проектируемую сеть

$$\text{ФОТ} = Ч \cdot З \cdot К \cdot 12, \quad (7.1)$$

где З – оклад;

Ч – численность работников;

К – коэффициент, учитывающий территориальный коэффициент и коэффициент за стаж 30%, то есть

$$К = 1 + (K_{\text{тер}} + K_{\text{ст}}) = 1 + 0,2 + 0,3 = 1 + 0,5 = 1,5.$$

Таким образом, годовой фонд оплаты труда работников, обслуживающих проектируемую сеть составит

$$\text{ФОТ} = 560\,000 \cdot 1,5 \cdot 12 = 10\,080\,000 \text{ (тенге)}.$$

Отчисления на социальные нужды.

В условиях рыночной экономики одной из преобладающих форм социальной защиты населения, наряду с социальным обеспечением, социальной помощью, становится обязательное социальное страхование.

Отчисления на социальные нужды включают в себя удержания из заработной платы, такие как отчисления в пенсионный фонд, медицинское страхование и социальную помощь.[7]

Удержания из заработной платы:

– обязательные страховые взносы в выбранный пенсионный фонд (10% ежемесячно);

– работодатель выплачивает 13% от фонда оплаты труда в фонд социального страхования.

Социальный налог начисляется после выполнения удержания в пенсионный фонд.

$$З_{\text{пен}} = \text{ФОТ} \cdot 0,1 = 10\,080\,000 \cdot 0,1 = 1\,080\,000,$$

$$\begin{aligned} З_{\text{соц}} &= (\text{ФОТ} - З_{\text{пен}}) \cdot 0,13 = (10\,080\,000 - 1\,080\,000) \cdot 0,13 = \\ &= 1\,170\,000 \text{ (тенге)}. \end{aligned}$$

Общий годовой фонд заработной платы с отчислениями во внебюджетные фонды будет равен

$$\text{ФЗП} = З_{\text{соц}} + \text{ФОТ}, \quad (7.2)$$

$$\text{ФЗП} = 1\,170\,000 + 10\,080\,000 = 11\,250\,000 \text{ (тенге)}.$$

Затраты на материалы и запасные части.

В ходе эксплуатации станции могут возникнуть дополнительные расходы на запасные части оборудования, которые включают в себя потери от устарения, износа и порчи оборудования. Затраты на материалы и запасные части принимаются в размере 5% от капитальных затрат на некоторые виды оборудования. Затраты приведены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Список элементов нуждающихся в запасных частях

№	Наименование	Ед. Изм.	Кол-во	Стоим., тг.
1	Передачик DVB-S2X	шт.	1	700 000
2	Приемник DVB-S/S2 Cisco D9854	шт.	1	600 000
3	Мониторинговый приемник DVB-S2X	шт.	1	600 000
4	Блок дистанционного контроля	шт.	1	930 000
Итого				283 000

$$З_{зч} = 0,05 \cdot 283\,000 = 14\,150 \text{ (тенге).}$$

Затраты на оплату электроэнергии.

Затраты на электроэнергию рассчитаны в соответствии с действующим тарифом в г. Алматы, потребляемой оборудованием мощностью. Тариф на оплату электроэнергии для предприятий телекоммуникаций в настоящее время составляет 17,79 тенге/кВт.

Учтено, что оборудование работает 24 часа в сутки, 365 дней в год. Расчет затрат на оплату электроэнергии приведен в таблице 7.5. Учитывается энергия, затрачиваемая на работу станции, источник бесперебойного питания, освещение на станции и работу приемных станций.

Тогда

$$З_э = 24 \cdot 365 \cdot 17,79 = 155\,840,4.$$

Таблица 7.5 – Расчет затрат на оплату электроэнергии

№	Наименование оборудования	Кол. Ед	Загрузка Час/год	Потребл. мощн. кВт/час	Тариф, тг	Всего затрат в год, тг
1	Цифровые станции до 100 Вт	1	8760	0,3	17,79	46 752
2	Источник бесперебойного питания	1	8760	0,1	17,79	15 584
3	Освещение, вспомогательные группы	1	8760	0,5	17,79	77 920
4	Приемные станции	1	8760	0,5	17,79	77 920
Итого						218 176

Амортизационные отчисления.

Амортизационные отчисления определяются на основе капитальных вложений и норм амортизационных отчислений по формуле

$$A = H_{ai} \cdot \Phi, \quad (7.3)$$

где  $H_{ai}$  – норма амортизационных отчислений от среднегодовой стоимости основных производственных фондов.

Применительно к телекоммуникационному оборудованию, срок полезного использования соответствует и составляет 5 лет, нормы амортизации составляют 20%.

В расчётах примем  $H_{ai} = 20\%$ .

$$A = 0,2 \cdot 6\,683\,285 = 1\,336\,657 \text{ (тенге).}$$

Накладные расходы.

Прочие расходы включают административно-управленческие и хозяйственные расходы и составляют процент от общей суммы затрат, величина которого принимается по данным предприятия 10%

$$\text{ЗПР} = (\text{ФЗП} + \text{З}_{\text{зч}} + \text{З}_{\text{э}} + A) \cdot 0,1, \quad (7.4),$$

$$\text{ЗПР} = (11\,250\,000 + 14\,150 + 155\,140 + 1\,336\,657) \cdot 0,1 = 1\,275\,594,7.$$

Суммарные эксплуатационные затраты.

Результаты расчета затрат на производство услуг сводим в таблицу 6.6

Таблица 7.6 – Калькуляция эксплуатационных затрат

Статья затрат	Сумма расходов в год (тг)
Годовой фонд оплаты труда	11 250 000
Отчисления на социальные нужды	990 000
Амортизационные отчисления	1 336 657
Затраты на электроэнергию	155 840
Затраты на материалы и запчасти	14 150
Итого затраты	13 746 647

Общие приведенные затраты за год рассчитаны с учетом времени эксплуатации.

$$\text{З}_{\text{пргод}} = \left( \frac{K}{K_{\text{экс}}} \right) + \text{З}_{\text{экс}}, \quad (7.5)$$

где  $K$  – Капитальные вложения;

$T_{\text{экс}}$  – Время эксплуатации;

$Z_{\text{экс}}$  – эксплуатационные затраты.

$$Z_{\text{пргод}} = \left( \frac{6683285}{7} \right) + 13746647 = 14\,701\,402 \text{ тенге [15].}$$

## 7.2 Расчет суммы доходов

Доходы от предоставления услуг будем считать, как произведение тарифного коэффициента на суммарное количество временного трафика (в минутах), то есть эквивалента предоставленных услуг. При расчете необходимо учесть, что в день линия  $E_1$  работает 20 часов. Тарифы на услуги телефонии различаются в соответствии с утвержденным тарифным планом.

Возьмем среднее значение стоимости минуты разговора: Стоимость 1 мин –  $C_{\text{мин/тр}} = 3$  тенге.

Известно, что одна линия  $E_1$  в месяц максимально позволяет передавать временной трафик объемом 491 400 минут разговора. В месяц доход с одной линии  $E_1$  составит в среднем (1/4 полной загрузки)

$$V_{\text{тр}} = 122\,850 \text{ (мин),}$$

$$D_{\text{л1}} = C_{\text{мин/тр}} \cdot V_{\text{тр}} = 3 \cdot 122\,850 = 368\,550 \text{ (тг).}$$

С учетом того, что у нас 7 линий ИКМ, имеем в месяц :

$$D_{\text{л7}} = D_{\text{л1}} \cdot 7 = 368\,550 \cdot 7 = 2\,579\,850 \text{ (тг).}$$

В год наш доход от предоставляемого проекта с 14 линий  $E_1$  составит :

$$D_{\text{г}} = D_{\text{л14}} \cdot 12 = 2\,579\,850 \cdot 12 = 30\,958\,200 \text{ (тг).}$$

## 7.3 Экономический эффект

В результате внедрения данного проекта, ожидается прирост доходов в 2020 году в размере 30 958 200 тенге. Срок окупаемости (срок возвратности средств) рассчитывается как величина, обратная коэффициенту общей (абсолютной) эффективности

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{E}, \quad (7.6)$$

Тогда

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{D - \Delta_p}, \quad (7.7)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{D - \mathcal{E}_p} = \frac{6683285}{30958200 - 13156647} = 0,37 \text{ (лет) или } 37(\%),$$

$$\Pi = D - \mathcal{E}_p, \quad (7.7)$$

$$\Pi = 30958200 - 13156647 = 17\,801\,553 \text{ тенге}$$

$$E = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,37} = 2,7.$$

Таблица 7.7 – Результаты внедрения сети

Наименование сетей	Показатели, тенге
Капитальные вложения	6 683 285
Эксплуатационные расходы	13 156 647
Доход	30 958 200
Прибыль	17 801 553
Срок окупаемости, лет	0,37
Экономический эффект	2,7

Нормативный срок окупаемости капитальных вложений характеризует период времени в годах, в течение которого вложенные средства полностью возмещаются прибылью, получаемой в соответствии с нормативным коэффициентом абсолютной экономической эффективности. Условие эффективности имеет вид

$$T_p < T_n,$$

$$E_p > E_n,$$

где  $T_n$  – нормативный срок окупаемости ( $T_n=5$  лет);

$E_n$  – нормативная абсолютная экономическая эффективность.

**Вывод:** Для хорошего проекта самым важным критерием является выполнение условия эффективности. В данном случае это условие считается выполненным, так как срок окупаемости дипломного проекта составляет 2,7 года после вложения. Данный проект рекомендуется к внедрению.[15]

## **Заключение**

Новая спецификация стандарта DVB-S2x в области массового применения для DTH-систем имеет определенные преимущества, особенно для сервисов нового поколения (UHD, HEVC), что делает привлекательным его использование при реализации новых спутниковых проектов.

Вместе с тем эти преимущества недостаточны для того, чтобы стимулировать существующих операторов DTH-систем к переходу на новый стандарт, так как это потребует массовой замены парка приемного оборудования.

Добавление модуляционных схем для работы в области сверхнизких отношений сигнал/шум позволяет реализовывать новые классы спутниковых проектов: спутниковое мобильное телевидение, спутниковый мобильный Интернет, мобильные приложения и т. д. Насколько эти проекты будут экономически востребованы, покажет время.

Добавление улучшенных модуляционных схем для работы в области высоких отношений сигнал/шум с повышенным битрейтом позволит значительно повысить эффективность работы профессиональных систем дистрибуции телепрограмм. Учитывая ограниченное количество используемого приемного оборудования в таких системах и существенный выигрыш в пропускной способности каналов, можно ожидать быстрого внедрения формата DVB-S2x в такие системы.

## Список сокращений

В дипломной работе используются следующие сокращения:

16APSK – 16-ичная амплитудная и фазовая манипуляция;

32APSK – 32-ичная амплитудная и фазовая манипуляция;

8PSK – 8-арная фазовая манипуляция;

ACM – адаптивное кодирование и модуляция;

ASI – асинхронный последовательный интерфейс;

AWGN – аддитивный белый Гауссов шум;

BB – основная полоса;

BC – обратная совместимость;

Примечание: Следующие относятся к системе, допускающей частичный прием потока приемниками DVB-S.

BCH – Бозе-Чаудхури-Хоквенгем множественная коррекция ошибок двоичного блочного кода;

BER – коэффициент битовой ошибки;

$B_s$  – полоса пропускания частотного слота;

BS – служба вещания;

BSS – спутниковая вещательная служба;

BW – полоса пропускания (при -3 дБ) транспондера;

CBR – постоянная скорость передачи битов;

CCM – постоянное кодирование и модуляция;

CNI – отношение несущей к шуму + помехи;

CRC – циклический контроль избыточности;

D – десятичная система счисления;

DD – Направленное Решение;

DEMUX – DEMUltipleXer (демультиплексор);

DF – поле данных;

DNP – удаленные нулевые пакеты;

DSNG – цифровой спутниковый сбор новостей;

DTH – направление к дому;

DTT – цифровое наземное телевидение;

DVB – проект цифрового видеовещания;

DVB-S – система DVB для спутникового вещания, указанная в EN 300 421 [2];

DVB-S.2 – система DVB-S.2, как указано в настоящем документе;

EBU – европейский вещательный Союз;

EN – европейская норма;

FDM – мультиплекс с частотным разделением;

FEC – прямое исправление ошибок;

FIFO – первый вход и первый выход;

FSS – фиксированная спутниковая служба;



GF – поле Галуа;  
GS – общий Поток;  
HDTV – телевидение высокой четкости;  
HEX – шестнадцатеричное представление;  
HP – высокий приоритет;  
IBO – ввод назад;  
IF – промежуточная частота;  
IMUX – входной мультиплексор-фильтр;  
IRD – встроенный декодер приемника;  
IS – интерактивная служба;  
ISCR – временная привязка входного потока;  
ISI – идентификатор входного потока;  
ISSY – синхронизатор входного потока;  
ISSYI – индикатор синхронизатора входного потока;  
ITU – международный телекоммуникационный союз;  
LDPC – проверка четности низкой плотности (коды);  
LNB – низкий уровень шума блока;  
LP – низкий приоритет;  
LSB – младший бит;  
MIS – множественный входной поток;  
MPE – инкапсуляция по нескольким протоколам;  
MSB – старший бит;

Примечание : В DVB-S. 2 MSB всегда передается первым.

NBC – не-обратная совместимость;  
MUX – MUltipleX (мультиплексор);  
NA – непригодный;  
OBO – выход назад;  
OCT – восьмеричная запись;  
OMUX – выходной мультиплексор-фильтр;  
NP – нулевые пакеты;  
NPD – удаление нулевых пакетов;  
PER – частота ошибок пакетов;  
PID – идентификатор пакета;  
PL – физический уровень;  
PLL – контур фазовой автоподстройки частоты;  
PLS – сигнализация физического уровня;  
PS – профессиональная услуга;  
PSK – фазовая манипуляция сдвигом;  
PRBS – псевдослучайная двоичная последовательность;  
QEF – свободные Квази ошибки;  
QPSK – четвертичная фазовая манипуляция;  
RF – радиочастотный;

RO – спад;  
 SDTV – телевидение стандартной четкости;  
 SIS – одинарный входной поток;  
 SNG – спутниковый сбор новостей;  
 SMATV – спутниково-антенное телевидение;  
 SOF – начало кадра;  
 TDM – мультиплекс с временным разделением;  
 TS – транспортный поток;  
 TV – телевидение;  
 TWTA – ламповый усилитель волн;  
 VCM – переменное кодирование и модуляция;  
 $\alpha$  – коэффициент отката;  
 $\gamma$  – соотношение между радиусами созвездий для 16APSK и 32APSK;  
 $c$  – кодовое слово;  
 $C/N$  – отношение мощности несущей к шуму ( $N$ , измеренное в полосе пропускания, равной частоте символов);  
 $C/N+I$  – отношение несущей к шум+помехи;  
 $d_{n_{bch}-k_{bch}-1}, d_{n_{bch}-k_{bch}-2}, d_1, d_0$  – биты избыточности кода BCH;  
 $d(x)$  – BCH код остаток от деления между генераторным полиномом и  $x^{n_{bch}-k_{bch}} m(x)$ ;  
 DFL – длина данных полей;  
 $d_{min}$  – кодовое минимальное расстояние LDPC;  
 $E_b/N_0$  – отношение энергии на информационный бит к мощности одностороннего шума спектральная плотность;  
 $E_s/N_0$  – соотношение между энергией на передаваемый символ и спектральной плотностью мощности одностороннего шума;  
 $f_N$  – частота Найквиста;  
 $f_0$  – несущая частота;  
 $G$  – PLS матрица генератора кода;  
 $g(x)$  – полиномиальный генератор кода;  
 $g_1(x), g_2(x), \dots, g_{12}(x)$  – многочлены для получения полинома генератора кода BCH;  
 $i$  – LDPC код информационного блока;  
 $i_0, i_1, \dots, i_{k_{ldpc}-1}$  – LDPC биты кодовой информации;  
 $H(f)$  – функция передачи частоты RC фильтров;  
 $H_{(n-k) \times n}$  – LDPC матрица проверки четности кода;  
 $I, Q$  – внутрифазные, квадратурные фазовые составляющие модулированного сигнала;  
 $K_{bch}$  – количество битов некодированного блока BCH;  
 $N_{bch}$  – количество битов кодированного блока BCH;  
 $k_{ldpc}$  – количество битов некодированного блока LDPC;  
 $n_{ldpc}$  – количество битов кодированного блока LDPC;  
 $\eta$  – эффективность PLFRAMING;

$\eta_c$  – эффективность кода;  
 $\eta_{MOD}$  – количество передаваемых битов на символ созвездия;  
 $\eta_{tot}$  – Спектральная эффективность системы;  
 $m$  – информация кодового слова BCH;  
 $m(x)$  – полиномиальное кодовое сообщение BCH;  
 $m_{n_{bch}-k_{bch}-1}, m_{n_{bch}-k_{bch}-2}, m_1, m_0$  – биты кодовой информации BCH;  
 $M$  – количество модулированных символов в SLOT;  
 $p_0, p_1, \dots, p_{k_{ldpc}-1}$  – LDPC биты четности кода;  
 $P$  – количество символов пилота в пилотном блоке;  
 $q$  – константа зависящая от скорости кода для кодов LDPC;  
 $\Theta$  – угол отклонения в иерархических созвездиях;  
 $R_m$  – внутрисполосная пульсация (dB);  
 $R_s$  – Частота символов, соответствующая двусторонней полосе пропускания Найквиста модулированного сигнала;  
 $R_u$  – полезная скорость передачи битов на входе системы DVB-S.2;  
 $S$  – количество слотов в XFECFRAME;  
 $T_s$  – период символа;  
 $UPL$  – длина пакета пользователя;

## Список литературы

- 1 ETSI TS 102 005: "Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of video and audio coding in DVB services delivered directly over IP" – New York: 2019. – 185 p.
- 2 M. Eroz, F.-W. Sun and L.-N. Lee, "DVB-S.2 Low Density Parity Check Codes with near Shannon Limit Performance", submitted to IJSC – California: 2018. – 63 p.
- 3 ETSI EN 300 468: "Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems" – California: 2018. – 97 p.
- 4 A. Morello, R. Rinaldo, M. Vazquez-Castro, "DVB-S.2 ACM modes for IP and MPEG unicast applications", submitted to IJSC – Georgia: 2019. – 203 p.
- 5 Воробьев М.С. Основы цифрового телевизионного вещания - М.: 2002.
- 6 Громыко А.Н. Наземные и космические системы связи и телерадиовещания - М.: 2000
- 7 В.Л. Банкет, О.В. Бондаренко. Современные телекоммуникации. - М.: Технологии и экономика, 2003.
- 8 Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи. М.: 2006.
- 9 Зубарев Ю.Б. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы. - М.: 2001
- 10 Смирнов А.В. Основы цифрового телевидения, М., 2001
- 11 Закон Республики Казахстан «О телерадиовещании» от 24 ноября - 2015.
- 12 Указ Президента Республики Казахстан от 18 августа 2006 года № 163 «О Концепции развития конкурентоспособности информационного пространства Республики Казахстан на 2006 - 2009 годы».
- 13 Папаев С.Т. Охрана труда - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – с. 400.
- 14 Охрана труда на предприятиях связи: Учебник для вузов /Н. И. Баклашов, Н.Ж. Китаева, Н.А. Короткова, А.А. Шемарина/ Под ред. Н.И. Баклашова. – М.: Радио и связь, 1985. – 280 с., ил.
- 15 Менеджмент предприятий электросвязи: Учебник для вузов/Е.В. Демина, Н.П. Резникова, А.С. Добронравов, В.В. Макаров. - М.: Радио и связь, 2005.
- 16 Волков И.М., Грачева М.В. Проектный анализ: Учебник для вузов.- М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998.