МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Инфокоммуникационных технологий

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой к.т.н., доцент
Чежимбаева К.С.
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)
_____ «____» _____**20___г.**
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: «Организация резервных линий связи на объекте газопровода Казахстан-Китай на основе спутниковых систем»

Специальность 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнил(а) Джанибеков Дастан Таиирович РТу 13-3
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Барсаев Г.А инженер 1кат.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание, подпись)

Консультанты:

по экономической части: Гузелбаев Б.И. к.т.н. доцент
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «30» 05 2016 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:
к.т.н, доц. Бикенова А.А
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «01» 06 2016 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:
доцент Гармашова Ю.М.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «03» 06 2016 г.
(подпись)

по технической части: Барсаев Г. А.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «06» 06 2016 г.
(подпись)

Нормоконтролер: доцент Гармашова Ю.М.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «03» 06 2016 г.
(подпись)

Рецензент: Королева Е.Н.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ «06» 06 2016 г.
(подпись)

Алматы 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Радиотехники и связи
Специальность 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации
Кафедра Инфокоммуникационных технологий

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Студент Джаенбеков Дастан Таштарович
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта „Организация резервной линии связи на объекте газопровода Казахстан-Китай на базе спутниковой системы"

утверждена приказом ректора № 165 от «20» ноября 2015 г.

Срок сдачи законченной работы « 25 » мая 2016 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

Полосе пропускания между УДУ Алматы и остальными ЗССС в Казахстане = 1536 кбит/с.
Полосе пропускания м/у УДУ Алматы и средствами св. связи S=288 кбит/с
Общая пропускная способность УДУ г. Алматы B=1824 кбит/с
КС, КС, УЗРТ = 192 кбит/с.
КС2; КС4; КС7 = 320 кбит/с
УЗРТ КУ = 192 кбит/с

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

Введение
1. Обзор характеристики работы
2. Организация резервной линии связи на объекте газопровода Казахстан-Китай на основе спутниковых систем.
3. Расчет энергетики спутниковой линии.
4. Безопасность жизнедеятельности.
5. Бизнес план
Заключение
Список литературы

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Схема синхронизации установленная на компрессорных станциях КС-1
2. Схема системы управления сети
3. Схема системы спутниковой связи VSAT для данного объекта
4. Схема системы дистанционного мониторинга
5. Схема системы видеоконференции
6. Схема аварийной радиосвязи
7. Структурный чертеж мобильной сети системы VSAT
8. Расчет энергетического потенциала линии связи
9. БЖД, БП

Рекомендуемая основная литература

1. Развитие сетей подвижной связи в мире: тенденции, перспективы // Замиров З.Р., Исаев А.Ф. Аскарулин Р.Р. Сот. связь стандарты 3 SG-M. Жоренков.
2. Картаев В.Г. Сети подвижной связи. - М.
3. Эл-ка связи. Учебник для вузов Ю.С. Сергеев, М.А. Горелик, В.Н. Холодов и др. под ред. Сергеева
4. Основы эл-ки и техника мобильной связи. Под ред. Горелик М.А., Голубицкого Е.А. М. Радиосвязь

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экономика	Тузенбаев Б.И.	21.01-30.05.16	
БЖД	Кирилов С.А.	29.04-01.06.16	
Тех. часть	Барсаев Т.А.	15.11.15-25.05.16	
ВТ	Гармашова Ю.А.	03.06.16	
НК	Гармашова Ю.А.	03.06.16	

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
	Введение	18.01.2015	выполн.
1.	Обзор характеристики р-на	25.01.2015	выполн.
1.1.	Конструкция от-ров СПТС	01.02.2016	выполн.
1.2	Требов-я к от-рам СПТС	08.02.2016	выполн.
	магистрального газопровода		
2.	Отслеживание резервных линий	15.02.2016	выполн.
	связи на объекте газопровод		
	Казахстан-Китай на основе		
	спутниковых систем.		
2.1.	Описание проекта	22.02.2016	выполн.
2.2.	Эксплуатационные требования	29.02.2016	выполн.
3	Расчет энергетики	01.03.2016	выполн.
	спутниковых линий	11.03.2016	выполн.
3.1.	Расчет спутниковых линий	14.03.2016	выполн.
	Южно-Казахстанской обл-ти	21.03.2016	выполн.
	(Шымкент)-Алматы.	21.03.2016	выполн.
4.	Безопасность жизнедятель-	04.04.2016	выполн.
	ности		
4.1.	Анализ условий труда	11.04.2016	выполн.
4.2	Технические решения обес-	18.04.2016	выполн.
	печения безопасности жиз-		
	недеятельности.		
5	Бизнес-план.	25.04.2016	выполн.
5.1.	Обзор	02.05.2016	выполн.
5.2.	Характер проекта	10.05.2016	выполн.
5.3	Продукт	16.05.2016	выполн.
5.4	Организационный план.	23.05.2016	выполн.
	Заключение	25.05.2016	выполн.

Дата выдачи задания «7» декабря 2015 г.

Заведующий кафедрой _____ к.т.н., доцент Чежимбаева К.С.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____ Барсаев Г.А.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению
студент _____ Дюшембеков Д. П.
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Ұсынылып отырған жоба Қазақстан – Қытай газқұбырын орнату сұрақтары болып табылады. Жалпы магистралдық құбыр 1300км қашықтықты құрайды. Магистралдық линиядан Алматы қаласындағы орталық басқару диспетчеріне дейін 70 км талшықты оптика кәбілі тартылған. Жобада қажетті есептер резервті линия үшін келтірілген.

Сонымен қатар қызметкерлердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін және технологиялық жабдықтарға қызмет жасау сұрақтары қарастырылған және жобаның экономикалық тиімділігі есептелген.

Аннотация

Предложенный проект является вопросом строительство газопровода «Казахстан-Китай». Общая протяженность магистрального трубопровода составляет 1300км. От магистральной линии до Центрального диспетчерского управления в г. Алматы будет проложен волоконно-оптический кабель длиной 70км. В проекте приведены соответствующие расчеты для резервной линии.

А так же рассмотрены вопросы для обеспечения безопасности персонала, обслуживающего технологическое оборудование и рассчитан экономическую эффективности проекта.

Abstract

The proposed project is a matter of construction of the pipeline "Kazakhstan-China". The total length of the main pipeline is 1300 km. From the trunk line to the Central dispatching management in Almaty will be laid fiber-optic cable 70 km. The project shows the relevant calculations for backup paths.

And reviewed the questions to ensure the safety of personnel equipment and calculated the economic efficiency of the project.

Содержание

Введение 8
1 Обзор характеристики района 9
1.1 Концепция организации СПТС 13
1.2 Требования к организации СПТС магистрального газопровода 14
1.3 Требования к организации транспортного сегмента СПТС МГ 15
1.4 Требования к организации оперативно-технологической связи МГ 16
1.5 Линейно-кабельные сооружения СПТС 17
1.6 Выбор и обоснование типа применяемого оптико-волоконного кабеля и материалов ВОЛС 19
1.7 Линейно-контрольный пункт (шелтер) 21
1.8 Система волоконно-оптической связи 22
1.9 Система спутниковой связи 23
1.10 Система речевой коммутации 27
1.11 Система видеоконференции 29
1.12 Беспроводная система аварийной телекоммуникационной связи 33
1.13 Система громкоговорящей - связи 34
1.14 Система электропитаний и заземлений 37
1.15 Внутриплощадочная закладка кабеля и проводка 37
1.16 Необходимость проектного решения 38
2 Организация резервной линии связи на объекте газопровода Казахстан-Китай на основе спутниковой системы 39
2.1 Описание проекта 39
2.2 Эксплуатационные требования 40
2.3 Характеристика сети 40
2.4 Расчет энергетического потенциала лини связи 43
2.5 Внешний блок (ODU) (включая РЧ-передатчик и малошумящий усилитель) 44
2.6 Основные характеристики системы передачи 46
2.7 Функциональные возможности семейства терминалов SkyEdge VSAT 48
3 Расчет энергетики спутниковой линии 50
3.1 Расчет спутниковой линии Южно-Казахстанской области (Шымкент) - Алматы 50
3.2 Определение полосы частот, необходимой для передачи одной несущей, модулированной кодированным ЦС 55
3.3 Построение диаграммы уровней на участке «вверх» и «вниз» спутниковой линии 60
3.4 Оценка мешающего воздействия электрического эха 63
4 Безопасность жизнедеятельности 73
4.1 Анализ условий труда 73
4.2 Технические решения обеспечения безопасности жизнедеятельности 79

5 Бизнес - план 85
5.1 Обзор 85
5.2 Характер проекта 86
5.3 Продукт 86
5.4 Организационный план 87
5.5 Финансовые потребности 87
5.6 Вывод по бизес плану 93
Заключение 94
Список литературы 95
Приложение А Структурная схема линии связи между Алматой до КС1 97
Приложение Г Справка антиплагиата
Приложение Д Электронная версия ДП и демонстрационные видеоматериалы (CD-R)
Приложение Е Раздаточные материалы (формат А4 – листов 10)

Введение

Газопровод Казахстан-Китай является частью газопровода «Средняя Азия- Китай», начальная точка находится на границе Казахстана и Узбекистана, МГ заканчивается в Хоргосе на территории Китая. Длина магистрали 1304 км, по всей трассе устанавливаются 10 технологических узлов, в том числи 7 компрессорных станций, 1 конечная станция, 2 узла пуска и приема очистных устройств (УЗПОУ) предварительных. Итого 60 крановых узлов по трассе, из них 32 крановых узла с RTU. При этом в городе Алматы планируется предусмотреть ЦДУ (Центр диспетчерского управления) и ТОО “Азиатский Газопровод”. Три РЭУ (ремонтно-эксплутационные участки) и три УТГ (Управление по транспортировке газа) данных объектов будут совместно созданы возле компрессорных станций КС2, КС4 и КС7 соответственно.

Передовая СУ SCADA внедрена в газопровод, включая ручное управление, дистанционное управление и станционное управление. По трассе будет расположена передовая система связи, чтобы удовлетворять потребностям эксплуатации и управлении газопровода многосторонней связью. Комплексная система связи данного объекта предоставляет органам всех ступеней по газопроводу, компрессорным станциям и крановым узлам с RTU голос, данные, видео и другие операции связи. Чтобы удовлетворить потребностям эксплуатации газопровода, система связи должна состоять из следующих подсистем[1]:

– линейных сооружений волоконно-оптического кабеля, передача информации по волоконно-оптическому кабелю, спутниковая связь, речевая коммутация,

– видеонаблюдение, видеоконференция и сеть служебных данных, чтобы предоставить эксплуатации газопровода комплексные средства связи, в том числе голос и видео.

Есть возможность одновременной доставки информации на неограниченное количество терминалов сети. Совершенный модуль оптимизации трафика в сочетании с широкими возможностями системы управления и контроля NMS обеспечивает заказчику абсолютную власть над сетевыми ресурсами. ом центральную для каждого конкретного заказчика станцию можно установить абсолютно в любом, даже самом удаленном населенном пункте, поскольку технология не требует ее привязки к центральной станции компании в каком либо областном городе. Все вышеперечисленное и объясняет привлекательность VSAT SkyEdge для широкого потребителя, включая малый и средний бизнес.

Данный дипломный проект посвящен для организации резервной линии связи на объекте газопровода Казахстан-Китай на основе спутниковой системы для информационной сети.

1 Обзор характеристики района

Изыскания трассы магистрального газопровода «Казахстан-Китай» проведены согласно акту выбора трассы на территории Южно-Казахстанской, Джамбульской и Алматинской областей.

Согласно проведенных изысканий проведено комплексное изучение природных условий района строительства газопровода для получения исходных данных, обеспечивающих разработку технически правильных и наиболее экономически целесообразных решений при проектировании и строительстве трассы.

Инженерно-геодезические изыскания для строительства МГ выполнены в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

Проектируемая трасса газопровода начинается от юго-западной границы Казахстана с Узбекистаном (N41°16′43.8″, E 66°42′2.6″), в 30-40 км севернее озера Айдаркуль, в 180 км северо-западнее п.Шардара. Протягивается полосой в северо- восточном направлении вдоль существующего газопровода Газли-Шымкент-Алматы, пересекая при этом р.Сырдарью, обходит г.Шымкент с юго-восточной стороны. Далее в северо-восточном направлении обходит г.Тараз, идет по левобережью р. Курагаты, около п. Татты через Жамбылскую область. Проходит через с.Карасу, на востоке проходит через реки Махань, Оирад, Шу, и с юго-востока огибает г.Шу, затем трасса поворачивается на восток, проходит через Шу-Илийскую гору, через п.Отар до границы между Жамбылской и Алматинской областями, далее по Алматинской области до п. Узынагаш и г. Алматы. Достаточно длительное расстояние трасса направлена на восток, проходит через р. Или и заканчивается на границе Казахстана и Китая (на юге порта Хоргос).

Начинаясь от границы с Узбекистаном, трасса газопровода проходит через пески Кызылкум, идет в северо-восточном направлении по бугристым пескам Кызылкумов, пересекает широкую Сырдарьинскую долину, пересекает юго-восточную часть хребта Каратау, обходит с юго-восточной стороны пески Мойынкумы, заканчивается на левобережье р.Курагаты у п.Татты Жамбылской области. Трасса проходит, в основном, по холмисто-увалистым равнинам, иногда огибая или пересекая невысокие гривки сопок, невысокие отроги гор, с выходом коренных пород на дневную поверхность. Далее трасса проходит по Юго-восточной стороне песков Мойынкум, рельеф бугристый, затем, через хребет Киндтаса и Отар, и до п.Узунагаш рельеф ровный. До п.Карай в основном бугристая поверхность, частично являющаяся южным краем песков Мойынкум. Начиная с с. Карай и до с. Килика и поселка Масака - аллювиальная равнина Заилийского хребта и его разветвленной части (хребет Баколидабаро, Секретас и Армары), территория достаточно широкая и ровная. 30 км от с.Килика и п.Масака – это участок аллювиальной равнины долины р. Или. По правому берегу р.Или до г.Хоргос, в основном встречаются бугры, между которыми застаивается вода. Это способствует росту камыша, что не удобно для проезда транспорта.

В геологическом разрезе полоса трассы проектируемого газопровода представлена в основном лессовидными супесчано-суглинистыми грунтами, песками мелкими и пылеватыми, реже средними и гравелистыми, местами глинами, а также галечниковым и щебенистым грунтами. На отдельных участках трассы газопровода залегают коренные породы палеозойского возраста, такие как сланцы, песчаники, известняки, конгломераты и брекчии. С поверхности почти на всей протяженности трассы эти отложения перекрыты почвенно-растительным слоем мощностью 0.1-0.4 м.

Таблица 1.1 - Геология трассы проектируемого газопровода Казахстан-Китай

№ п/п	Километр маршрута, км	Наименование пунктов	Описание грунтов	Длина, км
1	1 0,0 – 112,0	Граница Казахстана и Узбекистана до левогоборта дол. р.Сыр-Дарья	Песчаные грунты,	112,0
2	112,0 – 125,0	Долина р. Сыр-Дарья	Суглинистые грунты, ниже - песчаные, водонасыщенные	13,0
3	125,0 – 144,0	Переход через пески Изакудук	Песчаные, барханныеотложения	19,0
4	144,0 – 170,0	Пески Изакудук-п.Таскудук	Песчаные отложения, ниже суглинки	26,0
5	170,0 – 216,0	п.Таскудук – ж/д «Ташкент – Арысь»	Суглинистые грунты свключением щебня	46,0
6	216,0 – 264,0 ж/д -	«Ташкент – Арысь» а/д «Шымкент-Ташкент»	Суглинки, нижещебенистые грунты	48,0
7	264,0 – 291,0 а/д	а/д «Шымкент-Ташкент» - ж/д «Шымкент – Ленгер»	Суглинки	264,0 – 291,0
8	291,0 – 315,0 ж/д	«Шымкент – Ленгер»– п. Аккала	Галечные грунты	24,0
9	315,0 – 320,0 п.	Аккала - с. Ак-Су и р.Машат	Сглинки	24,0
10	328,0 – 332,0	Переход через долину р.Машат	Коренные породы – конгломераты, галечные грунты	4,0
11	332,0 – 335,0	р. Машат – ж/д «Москва-Алматы»	Суглинки	3,0
12	335,0 – 346,0	ж/д «Москва-Алматы» – с. Сас-Тобе – п. Кереит	Суглинки	11,0
13	346,0 – 388,0	п. Калинено - п.Шакпакбаба	Галечные грунты с суглинистым покровом	42,0
14	388,0 – 390,0	п.Шакпакбаба -	Галечные грунты с	

		хребет Боралдайтау	суглинистым покровом	2,0
15	390,0 – 400,0	Переход через хребет Боралдайтау	Коренные породы, известняки	10,0
16	400,0 – 432,0	Пребет Боралдайтау – перевал Куюк	Галечные грунты с суглинистым покровом	32,0
17	432,0 – 443,0	Переход через перевал Куюк	Порфириты	11,0
18	443м – 476,0	От перевала Куюк до пересечения с ж/д «Тараз-Каратау»	Галечные грунты с суглинистым покровом	33,0
19	476,0 – 550,0	ж/д «Тараз-Каратау» до п. Акыртобе	Галечники, перекрытые супесями	74,0
20	550,0 – 600,0	п. Акыртобе-ст. Луговая(Кулан)	Суглинки	50,0
21	600,0 – 720,0	Ст. Луговая(Кулан) – г.Шу	Суглинки	120,0
22	720,0 – 750,0	г. Шу - р.Теректы	Галечные грунты с суглинистым покровом	30,0
23	750,0 – 800,0	Теректы - северо-западные отроги Кендыктасских гор	Галеч. отложения песчаники, галечные грунты коренные породы (гнейсы, туфы)	50,0
24	800,0 – 943,0	Долина Копа - п.Узунагаш	Суглинки	143,0
25	943,0 – 983,0	п. Узунагаш – п. Караой	Суглинки	40,0
26	983,0 – 1002,0	п. Караой – пересечение с а/д Алматы-Семей	Пески разнозернистые	29,0
27	1002,0 – 1043,0	а/д Алматы-Семей -с. Акбастау	Суглинистые отложения с включением гравия и гальки	41,0
28	1043,0 – 1060,0	с. Акбастау – МТФ свх Авангард	Суглинки, подстилаемые щебенистыми грунтами с глубины	17,0
29	1060,0 – 1113,0	МТФ свх Авангард – п. Масак	Суглинки, в кровле – галечники	53,0
30	1113,0 – 1140,0	п. Масак – п. Борандасу	Суглинки	47,0
31	1140,0 – 1213,0	п. Борандасу – с. Актобе (р. Шарын)	Супесчаные отложения с залеганием грунтовых вод	53,0
32	1213,0 – 1233,0	с. Актобе – зим. Бурумбай	Суглинки	20,0

33	1233,0 – 1244,0	зим. Бурумбай – зим. Сарпулдак	Песчаные отложения с включением гравия и гальки, с близким расположениием грунтовых вод	11,0
34	1244,0 – 1267,0	зим. Сарпулдак – с. Жидели	Суглинки	23,0
35	1267,0 – 1300,0	с. Жидели – зим. Алтынколь	Пески разнозернистые	33,0

В проекте предусматривается строительство 3 РЭУ, 3 УТГ и 7 вахтовых поселков, расположенных в непосредственной близости с компрессорными станциями. РЭУ и УТГ располагаются в непосредственной близости с компрессорными станциями: КС-2 “Керейт”, КС-4 “Кулан; КС-7 “Чилик”. Вахтовые поселки располагаются в непосредственной близости с КС. Ниже приводится описание районов строительства КС.

КС-1

Проектируемая компрессорная станция КС-1 “Алимтау” находится на 169 км магистрального газопровода в Сарыагашском районе Южно-Казахстанской области, приблизительно в 12 км северо-восточнее пос. Алимтау. Участок строительства представляет собой слегка волнистую, пустынную равнину - у подножья хребта Бельтау, имеющую общий уклон с востока на запад. Территория строительства входит в зону жарких сухих пустынь с присущими для них почвенно-растительными ассоциациями.

КС-2

Проектируемая компрессорная станция КС-2 “Керейт” находится на 342 км магистрального газопровода в Тулькубасском районе Южно-Казахстанской области, приблизительно в 3 км северо-восточнее пос. Алимтау. Участок строительства представляет собой слегка волнистую, пустынную равнину - у подножья хребта Бельтау, имеющую общий уклон с востока на запад. Территория строительства входит в зону жарких сухих пустынь с присущими для них почвенно-растительными ассоциациями.

КС-3

Проектируемая компрессорная станция КС-3 “Айша-Биби” находится на 447 км магистрального газопровода в Жамбылском районе Жамбылской области, приблизительно в 8 км юго-восточнее пос. Айша-Биби. Участок строительства представляет собой равнину и пашни - урочище Чальдала. Территория строительства входит в зону равнин с присущими для них почвенно-растительными ассоциациями.

КС-4

Проектируемая компрессорная станция КС-4 “Кулан” находится на 583 км магистрального газопровода в районе Турара Рыскулова Жамбылской области, приблизительно в 13 км западнее пос. Кулан, вдоль железной дороги

Москва - Алматы. Участок строительства представляет собой слегка волнистую, пустынную равнину – у подножья Киргизского хребта, имеющую общий уклон с юга на север. Территория строительства входит в зону равнин с присущими для них почвенно-растительными ассоциациями.

КС-5

Проектируемая компрессорная станция КС-5 “Шу” находится на 725 км

магистрального газопровода в Шуском районе Жамбылской области, приблизительно в 7 км восточнее города Шу. Участок строительства представляет собой равнину и пашни. Территория строительства входит в зону равнин, его рельеф ровный с частичной неровностью.

КС-6

Проектируемая компрессорная станция КС-6 “Отар” находится на 869 км магистрального газопровода в Жамбылском районе Алматинской области, приблизительно в 20 км восточнее пос.Отар. Участок строительства представляет собой равнину - урочище Копа. Территория строительства входит в зону равнин с присущими для них почвенно-растительными ассоциациями.

КС-7

Проектируемая компрессорная станция КС-7 “Чилик” находится на 1108 км магистрального газопровода в Енбекшиказахском районе Алматинской области, приблизительно в 3 км севернее пос. Шелек. Участок строительства представляет собой предгорье горы Бокайдынтау. Рельеф поверхности равнинный, частично бугрист (Соединение структурные схемы приведены а Приложение А).

1.1 Концепция организации СПТС

Концепция организации сети производственно – технологической связи (СПТС) магистральных газопроводов включает в себя инсталляцию систем связи с внедрением современных методов обслуживания и управления. Эта задача решается с помощью организации сети связи соответствующей структуре управления предприятием.

Технологическая связь представляет собой сложное техническое сооружение, состоящее из огромного числа элементов. Так как технологическая связь рассчитывается на длительный срок работы (десятки лет) при бесперебойной работе каналов связи, то ко всем элементам линейно-кабельного оборудования, в первую очередь к кабелям и кабельной арматуре, входящей в линейный тракт передачи сигналов, предъявляются высокие требования[1-14].

Управление газопроводом Казахстан - Китай осуществляется из центра диспетчерского управления ЦДУ г. Алматы (согласно технических условий).

Предусматривается возможность поэтапного внедрения и режима его работы в цифровых системах. Сеть предлагаемой технологической связи будет иметь возможность гибкой адаптации к изменяющимся ситуациям управления.

1.2 Требования к организации СПТС магистрального газопровода

Настоящие требования предъявляются при служебной производственно-технологической связи (СПТС) магистрального газопровода (МГ).

– Структура СПТС должна соответствовать административной структуре и специфике управления МГ;

– СПТС должна обеспечивать необходимым объемом и качеством связейподразделения МГ в соответствии с “Правилами технической эксплуатации МГ” с учетом развития техники связи и возможности расширения предоставляемых услуг абонентам;

– СПТС МГ должна учитывать структуру взаимоувязанной сети связи (ВСС) РК, возможность рационального совместного функционирования и требования по гибкости, качеству и надежности, предъявляемые к ВСС;

– По принятой классификации, СПТС МГ является сетью связи ограниченного пользования. Присоединение ограниченного пользования к сетям общего пользования должно осуществляться в соответствии с “Положением о порядке присоединения сетей электросвязи к сетям электросвязи общего пользования и порядке регулирования пропуска телефонного графика по сетям электросвязи общего пользования РК”.

СПТС МГ может включать в себя три сегмента: транспортный, технологический и коммерческий.

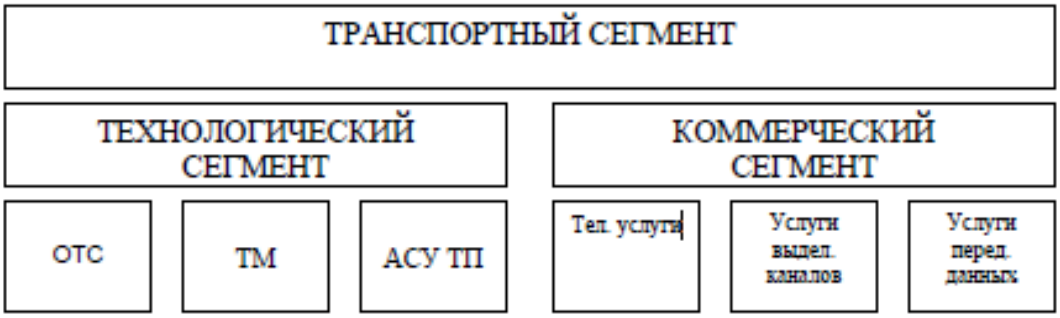


Рисунок 1.1 – Сегменты СПТС

Транспортный сегмент представляет собой магистральную цифровую коммутационную сеть связи (МЦКСС), построенную на базе волоконно-оптических линий передачи, каналов спутниковой связи, систем передачи синхронной иерархии и является магистральной первичной сетью.

Технологический сегмент состоит из первичной сети оперативно-технологической связи, построенной на оборудовании систем передач, и вторичных сетей технологических связей, построенных на цифровом коммутационном оборудовании и оборудовании доступа.

Коммерческий сегмент должен строиться на избыточной емкости транспортного сегмента и оборудовании доступа и обеспечивать полный спектр современных телекоммуникационных услуг.

СПТС МГ должна содержать линии передачи и оборудование, позволяющие наращивать объем связей и количество предоставляемых услуг абонентам.

1.3 Требования к организации транспортного сегмента СПТС МГ

Транспортный сегмент СПТС МГ представляет собой совокупность типовых физических цепей, типовых каналов передачи и сетевых трактов, образованную на базе сетевых узлов, сетевых станций, оконечных устройств первичной сети и соединяющих их линий передачи.

− Транспортный сегмент СПТС МГ должен обеспечивать потребности вторичных сетей электросвязи в типовых каналах передачи и сетевых трактах.

− Транспортный сегмент СПТС МГ должен соответствовать административной и топологической структуре МГ.

− Пропускная способность магистрального сегмента СПТС должна определяться с учетом потребностей технологического и коммерческого сегментов, а также с учетом обеспечения технологического взаимодействия с сетью общего пользования (ОП).

− Транспортный сегмент СПТС МГ должен обеспечивать возможность существенного увеличения пропускной способности для внедрения новых технологий и предоставления пользователем вторичных сетей новых услуг, требующих широкополосных каналов (например, для развития широкополосных цифровых сетей интегрального обслуживания (ШЦСИО), АСУ ТП, электронного документооборота по корпоративной сети).

− Цифровая первичная сеть магистрального сегмента СПТС МГ включает в себя центральный Транспортный сетевой узел (ЦМСУ), магистральные сетевые узлы (МСУ) и линии передачи, их соединяющие.

− На магистральном сегменте СПТС МГ могут использоваться, в зависимости от среды распространения, кабельные, радиорелейные и спутниковые линии передачи (ЛП). Основным видом среды распространения являются оптические волокна, на которых организуются системы передачи.

− Линии передачи магистрального сегмента могут быть построены на радиальном и кольцевом принципах. Для магистрального сегмента СПТС МГ предпочтительным является принцип резервирования с двойным кольцом, обеспечивающий более высокую надежность.

− В перспективе, сетевые узлы магистрального сегмента СПТС МГ должны быть объединены в кольцевые структуры для обеспечения устойчивости при повреждениях оптического кабеля и выходе из строя элементов оборудования.

− Резервирование волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП) может осуществляться по спутниковым системам передачи (ССП), которые обеспечивают организацию каналов и трактов с необходимыми параметрами.

− Необходимая пропускная способность магистрального сегмента СПТС МГ может быть обеспечена одной или несколькими системами передачи.

− Транспортный сегмент СПТС МГ должен иметь систему управления для поддержки заданных показателей надежности и качества.

− Взаимодействие существующих аналоговых систем передачи (АСП) и

Цифровых СП магистрального сегмента СПТС МГ должно осуществляться на уровне трактов и каналов. Однако, необходимо максимально возможно исключать двойные цифро-аналоговые и аналого-цифровые переходы, так как они снижают эффективность цифровой техники и увеличивают затраты на строительство и эксплуатацию.

− Транспортный сегмент СПТС МГ должен образовывать единую транспортную среду, позволяющую передавать и оперировать стандартными потоками Е1, имеющую единую систему управления сетью, обеспечивающую стандартные интерфейсы для подключения.

Технологическое взаимодействие сетей может осуществляться в виде:

− использования свободного канального ресурса одной сети в интересах создания другой (аренда каналов, трактов);

− использования канального ресурса одной сети для повышения надежности другой (создания обходных резервных путей);

− использования совместного канального ресурса сетей в условиях чрезвычайных ситуаций и в особый период.

1.4 Требования к организации оперативно-технологической связи МГ

Оперативно-технологическая связь (ОТС) строится на основании рекомендаций отраслевого стандарта.

− Принимая во внимание стратегическое значение МГ аппаратура ОТС должна быть сертифицирована в РК, сеть ОТС должна представлять собой ведомственную сеть, организованную в пределах линейно-производственных участков независимо от другой связи.

− Сеть ОТС строится по двух уровневой структуре – верхней и нижней. Нижний уровень ОТС формируется в пределах линейно-производственных участков, верхний – в пределах всего МГ. Нижний уровень охватывает участки, содержащие не более 50 пунктов ОТС;

− Нижний уровень формируется с помощью транспортного оборудования голосовые каналы ОТС на объекты МГ организуются по оборудованию систем передачи;

− Верхний уровень строится с помощью автоматических телефонных станций диспетчерской централизации (ДЦ), которые располагаются на узлах связи (УС) где есть выделение голосовых каналов ОТС от магистральной СПТС;

− В цифровой сети ОТС может организовываться резервная цепь, для образования так называемого «пространственного кольца», по другому кабелю или через спутниковый канал. На первом этапе, когда проложена одна линия СПТС, основная и резервная цепи формируются в одном кабеле, то есть образуется так называемое «плоское кольцо»;

− Перспективным является организация сети ОТС по волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС);

− Управление сетью ОТС осуществляется распорядительными станциями расположенных в центрах ДЦ, рекомендуется полное дублирование распорядительных станций;

− Организация абонентских окончаний по оптической линии связи, соединяемых с коммутационной станцией ОТС, производится с помощью плат соответствующих абонентских интерфейсов для оборудования сети доступа, при применении оборудования SDH устанавливается дополнительное коммутационное оборудование;

− В качестве абонентских устройств сети ОТС преимущественно должны использоваться прямые телефоны, аналоговые телефонные аппараты с импульсным или DTMF набором, а также цифровые телефоны ISDN. Допускается использование в качестве абонентских устройств сети ОТС телефонных аппаратов VoIP.

В соответствии с регламентом работы МГ каждому абоненту сети ОТС должна устанавливаться категория доступности, определяющая разрешенные и запрещенные соединения в системе ОТС.

1.5 Линейно-кабельные сооружения СПТС

Проектируемая линия технологической связи на участке «Граница Узбекистана и Казахстана - Хоргос» проходит по территории 3 областей (Алматинской, Жамбульской и Южно-Казахстанской) - по землям районов. Проектируемый волоконно- оптический кабель прокладывается вдоль проектируемого газопровода с левой стороны по ходу продукта.

На структурной схеме трассы волоконно-оптического кабеля KCGP-BD-E-TEDW - 0036 даны расстояния между крановыми узлами (КУ), между компрессорными станциями (КС) и общая длина трассы. Проектом предусматривается волоконно- оптическая линия связи (ВОЛС) с прокладкой волоконно-оптического кабеля связи 24 ОВ в полиэтиленовой трубе диаметром 40 мм., толщиной стенки 3,5 мм. в отдельной траншее на расстоянии 9м от газопровода. Прокладка ВОК в полиэтиленовой трубе имеет ряд преимуществ:

− унификация конструкции и применение небронированных кабелей. Кроме очевидных преимуществ унификация применения легких небронированных кабелей расширяет круг возможных поставщиков, развивает конкурентную среду и способствует снижению цен;

− увеличение номинальной строительной длины ОК (при тех же размерах барабанов) уменьшение суммарных оптических потерь в сростках, количества муфт, а следовательно повышение надежности линий в целом;

− возможность осуществления «наложенного проектирования» т.е. одновременное последовательное создание линий относящиеся к разным сетям (магистральной, внутризоновой, местной, ведомственной);

− возможность более рационального использования финансовых ресурсов т.к. значительная часть – стоимость ОК может быть сдвинута по времени относительно начала строительных работ и приближена к началу эксплуатации.

Основные преимущества при строительстве:

− увеличение строительного сезона, прокладка кабеля осуществляется независимо от промерзания грунта при температуре до -100С;

− исключение повреждений при прокладке, при использовании пневмопрокладки кабель подвергается нормированным механическим воздействиям, исключены специальные рывки, а так же перемотки на переходах и пересечениях.

Преимущества при эксплуатации:

− сокращение времени восстановления, т.к. имеется возможность быстрой замены строительной длины ОК без уточнения места повреждения и проведения ремонтно-восстановительных работ на поврежденном кабеле;

− полная замена кабеля после 25 лет эксплуатации без больших строительных затрат, так как срок эксплуатации полиэтиленовой трубы 40 лет;

− возможность постоянного или периодического контроля состояния трассы путем проверки герметичности канала;

− преимущества при реконструкции, модернизации и развития кабельной сети;

− исключение больших объемов земляных работ при ремонте, оплаты права перехода, повреждения сельхоз угодий.

Передача информации по ВОЛС имеет целый ряд достоинств перед передачей по медному кабелю. Поэтому стремительное внедрение в информационные сети именно оптических линий связи является следствием преимуществ, вытекающих из особенностей распространения сигнала в оптическом волокне а именно:

− широкая полоса пропускания с чрезвычайно высокой частотой - 1012Гц. Это дает возможность передачи потока информации по одному оптическому волокну – до нескольких терабит в секунду. Большая полоса пропускания - это одно из наиболее важных преимуществ оптического волокна над медной или любой другой средой передачи информации;

− малое затухание светового сигнала в волокне: выпускаемое в настоящее время промышленное оптическое волокно имеет затухание 0,2-0,3 дБ на длине волны 1,55 мкм (в расчете на один километр);

− малое затухание и небольшую дисперсию, это позволяет строить участки линий без ретрансляции протяженностью до 100 км и более;

− низкий уровень шумов, который позволяет увеличить полосу пропускания, путем передачи различной модуляции сигналов с малой избыточностью кода, а так же высокая помехозащищенность. Поскольку волокно изготовлено из диэлектрического материала, оно невосприимчиво к электромагнитным помехам со стороны окружающих медных кабельных

систем и электрического оборудования, способного индуцировать электромагнитное излучение (линии электропередачи, электродвигательные установки и т.д.). В много волоконных кабелях также не возникает проблемы перекрестного влияния электромагнитного излучения, присущей много парным медным кабелям;

− высокая защищенность от несанкционированного доступа. Поскольку ВОК практически не излучает в радиодиапазоне, то передаваемую по нему информацию трудно подслушать, не нарушая приема-передачи. Системы мониторинга (непрерывного контроля) целостности оптической линии связи, используя свойства высокой чувствительности волокна, могут мгновенно отключить "взламываемый" канал связи и подать сигнал тревоги. Сенсорные системы, использующие интерференционные эффекты распространяемых световых сигналов (как по разным волокнам, так и разной поляризации) имеют очень высокую чувствительность к колебаниям, к небольшим перепадам давления. Такие системы особенно необходимы при создании линий связи в службах, предъявляющих повышенные требования к защите данных;

− длительный срок эксплуатации. Со временем волокно испытывает

деградацию. Это означает, что затухание в проложенном кабеле постепенно

возрастает. Однако, благодаря совершенству современных технологий производства оптических волокон, этот процесс значительно замедлен, и срок службы ВОК составляет примерно 25 лет. За это время может смениться несколько поколений/стандартов приемо-передающих систем;

− из-за отсутствия искрообразования, оптическое волокно повышает

безопасность сети на нефтеперерабатывающих предприятиях, т. е. при обслуживании технологических процессов повышенного риска. Таким образом, обеспечивается высокая взрыво- и пожаробезопасность коммуникационных линий.

1.6 Выбор и обоснование типа применяемого оптико-волоконного кабеля и материалов ВОЛС

Одним из основных требований, предъявляемых к оптическому кабелю,

является его соответствие внутригосударственным и международным стандартам.

Кабели, предназначенные для задувки в полиэтиленовые трубы, должны иметь внешнюю оболочку из полиэтилена высокой плотности имеющий низкий коэффициент трения по отношению к внутреннему покрытию трубы, достаточную жесткость и стойкость к раздавливанию, выдерживать достаточное растягивающее усилие, возникающее при монтажных работах.

Количество ОВ в применяемых магистральных кабелях варьируется от 2-х до 64-х, в кабеле применяется ОВ следующего типа: тип Е – одномодовое стандартное (рекомендация МСЭ – Т G.652). Типы ОВ указываются соответствующим индексом в трубчатым сердечником (марки ОПС, ОАС и

ОА2), имеет модульную конструкцию, которая содержит диэлектрический ЦСЭ, повив образованный методом правильной односторонней или волновой скрутки и указывается индексом Д в первой позиции кодового обозначения марки кабеля.

Кабель состоит из:

− Диэлектрического ЦСЭ, представляющего собой стержень круглого сечения из стеклопластика, поверх которого может быть наложена пластмассовая оболочка. ЦСЭ может быть обмотан водоблокирующим материалом и/или арамидными нитями. Число элементов в повиве сердечника модульной конструкции должно быть от четырех до двенадцати;

− Оптический модуль представляет собой трубку из полибутилентерефталатных композиций или иных аналогичным по свойствам пластмасс, внутри которой располагается от одного до двадцати четырех ОВ.

Свободное внутреннее пространство трубки должно быть заполнено гидрофобным компаундом. Толщина стенки трубки должна быть не менее 0,3 мм.

− Кордельные заполнители должны быть изготовлены из полиэтилена или иных полимерных материалов;

− Поверх повива должна быть наложена обмотка из текстильных, полимерных нитей или полимерных лент;

− Свободное внутреннее пространство сердечника кабелей должно быть заполнено гидрофобным заполнителем или иными водоблокирующими материалами.

Внешняя оболочка, толщиной не менее 2мм. ОК должен иметь следующие параметры стойкости к механическим воздействиям:

− ОК должны быть стойкими к статическим растягивающим усилиям от 1,5кН;

− ОК должны быть стойким к раздавливающим усилиям от 0,3кН;

− ОК должны быть стойким к многократным изгибам (20циклов) с радиусом равным 20 диаметрам кабеля;

− Диапазон рабочих температур ОК от –40С до +50С;

− Срок службы кабеля, включая срок сохраняемости при соблюдении указаний при эксплуатации и при отсутствии воздействий должен быть не менее 25 лет;

− Кабели не должны содержать опасных или токсичных химических соединений;

− Упаковка кабеля должна соответствовать ГОСТ 18690-82.

Требования к передаточным характеристикам ОК:

− Коэффициент затухания ОВ в строительной длине на длине волны 1,55 мкм должен быть не более 0,22 дБ/км. Метод испытаний должен соответствовать Публикации IEC 793-1-C1A или C1C;

− Хроматическая дисперсия ОВ на длине волны 1,55 мкм должна быть не более 18пс/нм.км (испытания проводятся в заводских условиях). Метод испытаний должен соответствовать рекомендации G.652 ITU-T;

− Погрешность концентричности сердцевины не более 0,8 Мкм;
− Диаметр оболочки 125±1 Мкм;
− Некруглость оболочки не более 2 %;

1.7 Линейно-контрольный пункт (шелтер)

Для размещения оборудования «SCADA» и оборудования систем передач проектом предусмотрена установка линейно-контрольных пунктов (шелтеров- контейнеров) установленных на КУ на расстоянии 5 м от кабеля связи в сторону противоположную от газопровода.

В проекте предусмотрен шелтер-контейнер, установленный на фундамент. Ввод в шелтер должен быть поднят на расстоянии 30 см от уровня земли и находится в стороне, противоположной газопроводу. Ввод в шелтер наземный с защитой кабеля в стальной трубе диаметром 50мм. Кабель заводится на оптический кросс, установленный в 19` стойку в помещении линейно-контрольного пункта.

Контейнер шелтера выполнен в блочно-модульном варианте с размерами 2,5х7,0 м., степень огнестойкости – III.

Наружные ограждающие конструкции блока обеспечивают внутренний температурный режим +200С при наружной температуре -450С.

Блок – модуль устанавливается на монолитные ж/б фундаменты, с распорками выполненные из бетона класса B15W4F100 на сульфатостойком цементе и крепится с помощью анкерных болтов. Площадка под операторную засыпается щебнем толщиной 100мм с уплотнением.

Контейнер шелтера выполнен из двойного металла, наружная отделка оцинкованным сайдингом, между стенками предусмотрен утеплитель толщиной 100мм.

Крыша из оцинкованного профиля, бронированная входная дверь с 2-мя замками, пол деревянный покрытый ленолиумом. Шелтер оборудован электропроводкой, светильниками – 2 шт., системой кондиционирования и обогревателем.

На площадках КУ подача сигнала телемеханики с задвижек на узел связи предусмотрена по кабелю учтенному в разделе «Автоматизация и телемеханика».

Целью данного проекта является обеспечение ежедневной диспетчерской связи, техобслуживания и управления трубопровода. Основной объем проекта в части станции соответствует нижеуказанному:

1. Прокладка волоконно-оптического кабеля, который является средством передачи волоконно-оптической связи.

2. Строительство новых подсистем оптической связи, спутниковой связи, с целью осуществления разносторонней операционной передачи связи по всей трассе;

3. Строительство подсистемы речевой коммутации, видеонаблюдений, видеоконференцсвязи, спутникового телевидения;

4. Завершение комплектации взаимосвязанной связи между центром

диспетчерского управления, управлениями по транспортировке газа и всеми станциями по всей трассе;

5. Описание основных работ по проводке в станциях;

Согласно объему работ, нижеуказанные системы будут описаны в данном документе:

– система волоконно-оптической связи;
– система спутниковой связи;
– система речевой коммутации;
– беспроводная система аварийной телекоммуникационной связи;
– система видеонаблюдения и обнаружения вторжения;
– система видеоконференцсвязи;
– сеть подсистемы служебных данных;
– станционные вспомогательные сооружения связи;
– другие.

1.8 Система волоконно-оптической связи

Оптико-волоконные средства связи имеют высокую скорость передачи, низкий битовый коэффициент ошибок и являются основным каналом для передачи данных в системах телекоммуникации в этом проекте. В проекте строительство газопровода Казахстан-Китай используется 24-волоконный одномодовый оптический кабель, соответствующий стандарту G.652. Кабель связи прокладывается параллельно с газопроводом, в разных траншеях.

Основной системой связи являются волоконно-оптические системы передачи, и для передачи данных в первую очередь выбираются MSTP оборудования. MSTP аппарат (передаточная платформа разных операций) базируется на SDH технологии.

MSTP оборудования имеют следующие преимущества: высокая скорость передачи, высокое качество передачи, совершенную систему управления и способность передавать информацию на большие расстояния. Также имеется IP порт для передачи IP потока с поддержкой Ethernet. MSTP аппараты применяются не только для удовлетворения услуг передачи данных, но также для подключения к услугам, в то же время это соответствует тенденции формирования телекоммуникационной сети, вокруг IP сферы.

С учетом существующих и ожидаемых требований передачи данных для магистрального слоя рекомендуется применять оборудования системы STM-16 (2.5Gbit/s).

Так как объем передающейся информации в системе доступа небольшой и не предвидится его увеличение в ближайшем будущем, то рекомендуется применять оборудования STM-1 (155 Mbit/s). В обязанности оборудования STM-1 входит передача данных до магистрального слоя.

Такой тип структуры сети имеет следующие преимущества:

– Применяемое оборудование STM-16 на магистральном уровне обеспечивает большую ширину полосы пропускания для удовлетворения сегодняшних потребностей.

– Структура двухслойной сети сокращает точки магистрального уровня,

– соответственно снижая вероятность аварийных ситуаций. Таким образом, обеспечивается надежность всей сети.

– Вследствие плохих условий окружающей среды и связанных с этим трудностей обслуживания в необслуживаемых крановых узлах, имеется большая вероятность аварийных ситуаций. Включая эти крановые узлы в систему доступа, мы сокращаем подобную вероятность.

– Включая некоторые необслуживаемые крановые узлы в систему доступа, мы сокращаем количество оборудования, тем самым уменьшая требования к окружающей среде и электропитанию.

С целью сокращения общего объема инвестиций, необходимо разделить оборудование передачи данных на разные группы.

Для нормального хода, обслуживания, ремонта и анализа аварийных ситуации системы связи SDH, синхронизация имеет решающее значение. Система оптической связи по газопроводу Казахстан-Китай является линейной сетью с протяженностью 1304 км, из-за многочисленности узлов, необходимо установить два комплекта синхронизации на компрессорных станциях КС -1 (КЗ) и КС-7 (КЗ) которые находятся близко к конечным точкам газопровода.

Двойная синхронизация, согласно G.811, установленная на компрессорных станциях КС-1(КЗ) и КС-7 (КЗ) обеспечивает синхронизацию сигнала всей системы SDH через порт 2 м/бит, другие узлы получают синхронизирующий сигнал от линейных сигналов. Схема синхронизации приведены на рисунке 1.2. А также схема системы управления сети приведен на рисунке 1.3.

1.9 Система спутниковой связи

В случае неисправности ВОЛС, применяется резервная спутниковая связь VSAT для передачи SCADA и речи. В данном проекте установлены новые наземные станции спутниковых связей с подключением в существующую казахстанскую спутниковую сеть.

Управление и контроль будет вестись с существующего HUB станции. Итого устанавливается 8 станции VSAT, 7 из которых будут установлены в компрессорных станциях и 1 в ЦДУ в г. Алматы.

На территории Казахстана сейчас имеются несколько операторов VSAT.

Например: компания КТС, компания NURSAT, компания ASTEL и д. Среди них компания КТС (KazTransCom) принадлежащий КТО (KazTransOil) наиболее крупный оператор сети VSAT. В стадии проектирования предлагается подключения VSAT сети к компании КТС. При предстоящем осуществлении строительных работ данного проекта выбор лучшего оператора из них будет осуществляться владельцем в соответствии с технической мощностью и эксплуатационным расходами сети VSAT.

На рисунке 1.4 приведена схема системы VSAT для данного объекта.

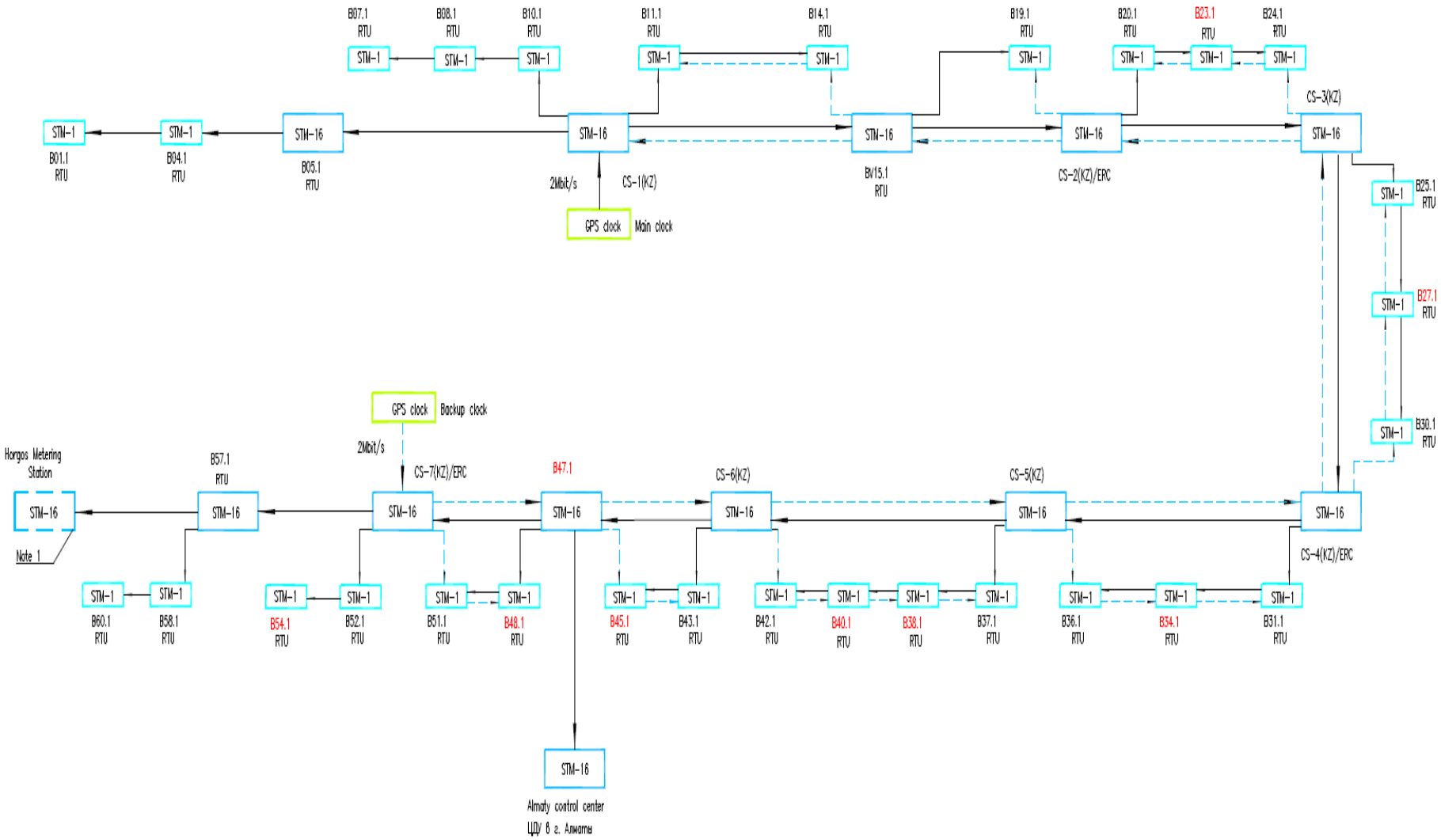


Рисунок 1.2 - Схема синхронизации установленная на компрессорных станциях КС-1(КЗ) и КС-7 (КЗ)

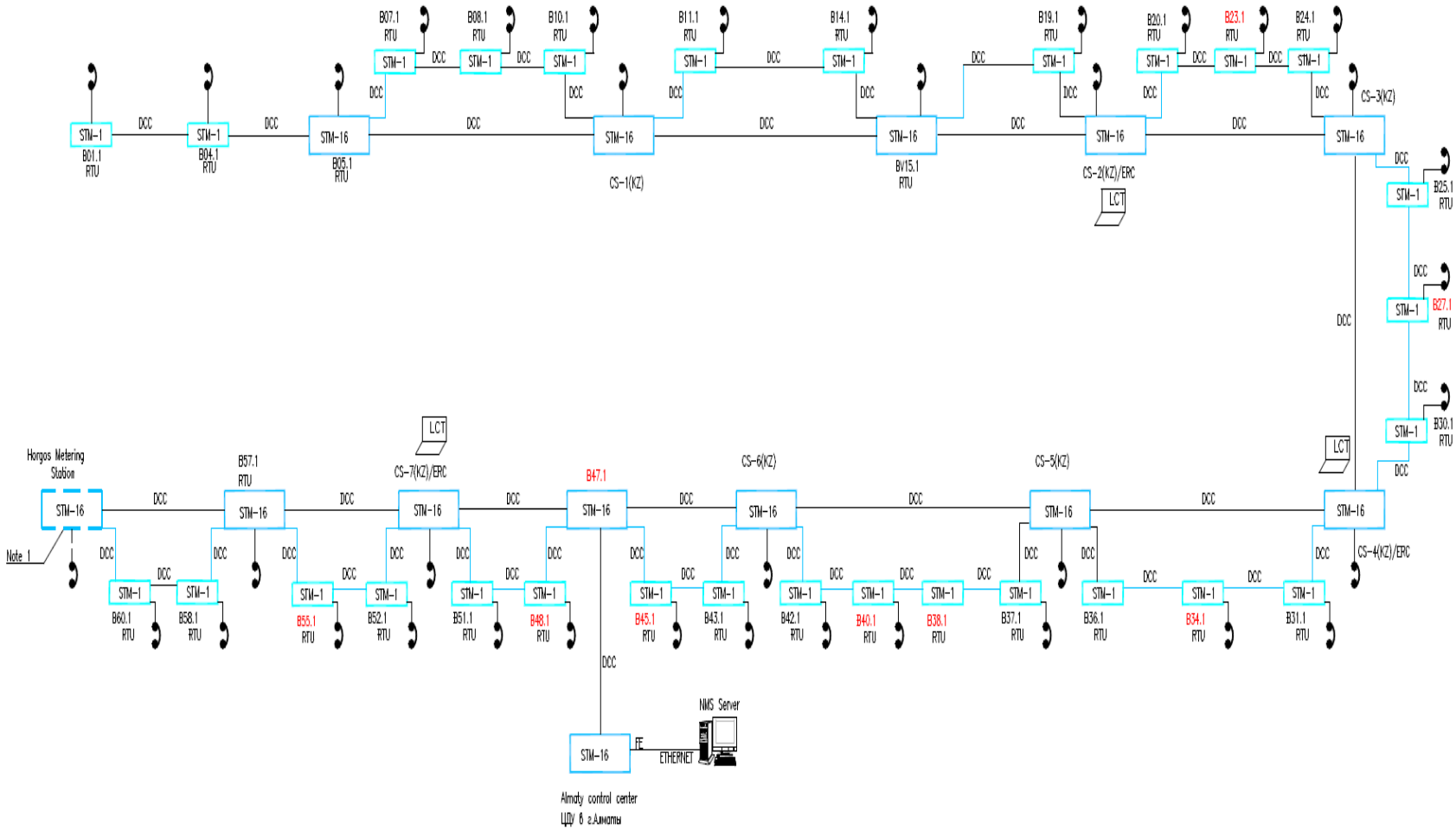


Рисунок 1.3 - Схема системы управления сети

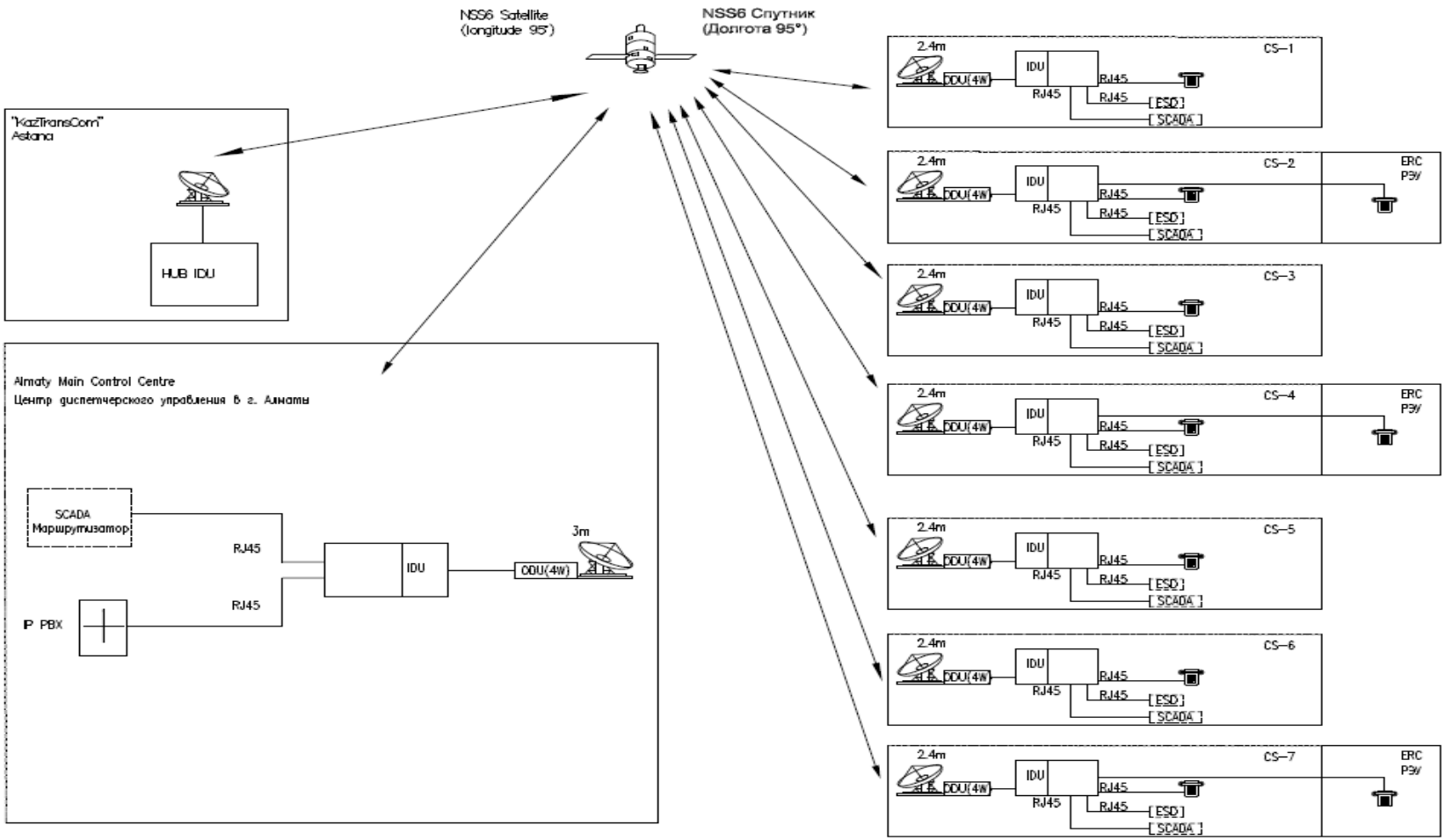


Рисунок 1.4 - Схема системы спутниковой связи VSAT для данного обьекта

1.10 Система речевой коммутации

Речевая коммутация является важной операцией связи для работы газопровода, и в основном предоставляет услуги диспетчерского телефона и служебного телефона.

Необходимо установить диспетчерские телефоны в ЦДУ, и на важных постах производства на разных станциях, для того чтобы оператор мог давать диспетчерские приказы, а также для их использования при чрезвычайных ситуациях. Служебный телефон предоставляет надлежащую услугу связи для повседневной службы и внутреннего телефонирования. В данном объекте, в связи с тем, что производство распределено в различных местах, требования к связи высокие, а местонахождения станций отдаленные, невозможно использовать телефонную сеть общего пользования.

По этой причине необходимо создать широкомасштабную специальную сеть речевой коммутации собственными силами, чтобы обеспечить осуществление бесперебойной связи. В городе Алматы создана специальная сеть речевой коммутации, осуществляющая взаимосвязь с телефонной сетью общего пользования, для того чтобы предоставить обеспечение услуг внешней связи.

Сеть речевой коммутации газопровода должна иметь следующие функции:

– поддержка IP электроцепи в качестве трансляционной электроцепи, в
– соответствии всеобщей тенденции развития трубопроводной связи в направлении IP;
– диспетчерская функция, применение диспетчерского телефона;
– все измерительные станции имеют способность самообмена, и во время перерывов работы трансляционной элеткроцепи, могут обеспечить бесперебойную связь внутрисети.

В настоящее время существует большой выбор коммутационного оборудования, например: цифровые программно-управляемые телефонные станции, коммутаторы нового поколения и IP-PBX. Бесспорно, цифровая техника программно-управляемой коммутации широко используется в течение многих лет, имеет целостную систему критериев и все больше развивается (большое количество заводов-изготовителей, низкая себестоимость аппаратов, широкое использование в общей сети коммутации и разных специальных сетях). Однако, в то же время, оборудование сетей нового поколения и IP-PBX, с быстро развивающимися технологиями IP, постоянно укрепляет свои позиции и становится не менее популярным, благодаря большому количеству функций, простой системе коммутации и большой вместимости. Думается, что в будущем оборудование NGN и IP-PBX будет иметь более широкое применение.

Традиционная TDM используется для связи учрежденческих станций между собой, что не соответствует современной тенденции развития связи в направлении IP.

Поэтому в последние годы на объектах трубопровода использование оборудования аналоговых РВХ сокращается. Коммутационное оборудование сетей нового поколения имеет большую вместимость, многопозиционность и другие особенности, а система коммутации - соответствует системе центральной коммутации, все управления вызовов осуществляются исключительно через сервер коммутации софтсвич, и если связь между станциями и серверами коммутации прерывается, то все функции коммутации также прерываются. В то же время, при малом количестве абонентов, инвестиции представляются неоправданными. IP-PBX, как технология для специальной сети компании, заимствует часть технологии коммутации софтсвича и программно- управляемой коммутации, и применяет дисперсионный контроль и IP - цепь как трансляцию. Всё это приемлемо для создания специальной телефонной сети. Поэтому, для создания широкомасштабной специальной телефонной сети, рекомендуется выбирать IP-PBX оборудование.

Системы мониторинга видеонаблюдение и сигнализации для охраны территории на станциях являются важным компонентом обеспечения безопасности линейной части МГ Казахстан-Китай. Данная система обеспечивает безопасность компрессорных станции и КУ. Также система видеонаблюдении служит надежным средством чтобы знать ситуацию на площадке для персонала ЦДУ, ТОО“Азиатский Газопровод” и УТГ.

Система CCTV использует двухслойный режим управления. Каждая измерительная станция рассматривается как первичный слой наблюдения, который в основном и осуществляет наблюдения. В то время как ЦДУ будет рассматриваться как вторичный слой наблюдения, которые могут управлять камерами согласно по установленным приоритетам путем посещения подсистемы через волоконно- оптические средства связи.

Система по обнаружению вторжения устанавливается в обслуживаемых станциях, система взаимодействует с видеокамерами CCTV, таким образом, увеличивается безопасность на станциях.

Система сигнализации по обнаружению вторжения состоит из главного аппарата, кабеля проводника, спаренных детекторов и электропитания. В данном объекте должны применяться детекторы с более высокой чувствительностью и меньшей вероятностью погрешности. Применяемая техника должна быть технически зрелой (совершенной), широко употребляемой, как например лазерная корреляция, микроволновая корреляция и т. д.

Совместное действие видеонаблюдения с системой сигнализации по обнаружению вторжения позволяет своевременно отображать, своевременно действовать, обеспечивать надежность и уменьшать вероятность погрешности, и таким образом намного повышается эффективность работы по обеспечению безопасности станций.

В данном объекте зоны охраны системы сигнализации по обнаружению

вторжения располагаются на ограждениях компрессорных станций. Каждая пара детектора охраняет один участок стены. По длине участка стены устанавливаются детекторы разного формата, в случаях когда эта длина слишком большая, можно применять эстафетный способ охраны. Схема системы мониторинга местной станции приведена на рисунке 1.5. Схема системы дистанционного мониторинга приведена на рисунке 1.6

1.11 Система видеоконференции

Газопровод Казахстан-Китай пересекает южную часть Казахстана.

Управленческие и производственные подразделения разбросаны по трассе газопровода, устанавливая подсистему видеоконференции, предоставляется простое и наглядное средство связи между ЦДУ и станцией, тем самым, повышая качество управления газопроводом. С помощью данной подсистемы можно организовать видео конференцию между руководством компании, экспертами и операторами. Система видеоконференции имеет функцию дистанционной передачи картин и текста, таким образом можно проводит дистанционное обучение рабочих и служащих.

Система видеоконференции установленная в ЦДУ в Алматы будет отвечать за осуществления контроля всей системы. В ЦДУ надо настроить MCU (устройства управления многопунктовой связью) для MCU администрирования системы. Основная скорость системы 2Mbps, система поддерживает стандарт H.323 и SIP , применяет кодовый протокол H.264, MCU должна поддерживать как минимум 12 двухсторонних интерактивных соединении для видеоконференции одновременно со скоростью 2Mbps.

Схема системы видеоконференции см. рисунок 1.7.

С быстрым развитием Интернета сеть служебных данных уже стала необходимым и превосходящим средством для производства и служебных дел.Совершенствование служебной сети будет предоставлять служащим многообразный сервис, такой как отправка Email, передача документов, внутренние объявления и т. д., и через специальный интерфейс осуществлять взаимную связь по Интернету.

Служебная сеть газопровода Казахстан-Китай с ЦДУ в Алматы обладает совершенными функциями обслуживания сети, способна предоставлять рабочему персоналу ТОО (товарищество с ограниченной ответственностью) “Азиатский Газопровод” надлежащие услуги. Она состоит из двух частей – прикладные услуги и сетевой платформы.

В основном слое должен быть установлен входной маршрутизатор, внешний интерфейс которого через арендуемые специальные линии соединяется с внешним Интернетом, а внутренний – с основным коммутатором. Между маршрутизатором и основным коммутатором должен быть брандмауэр с целью повышения безопасности всей сети.

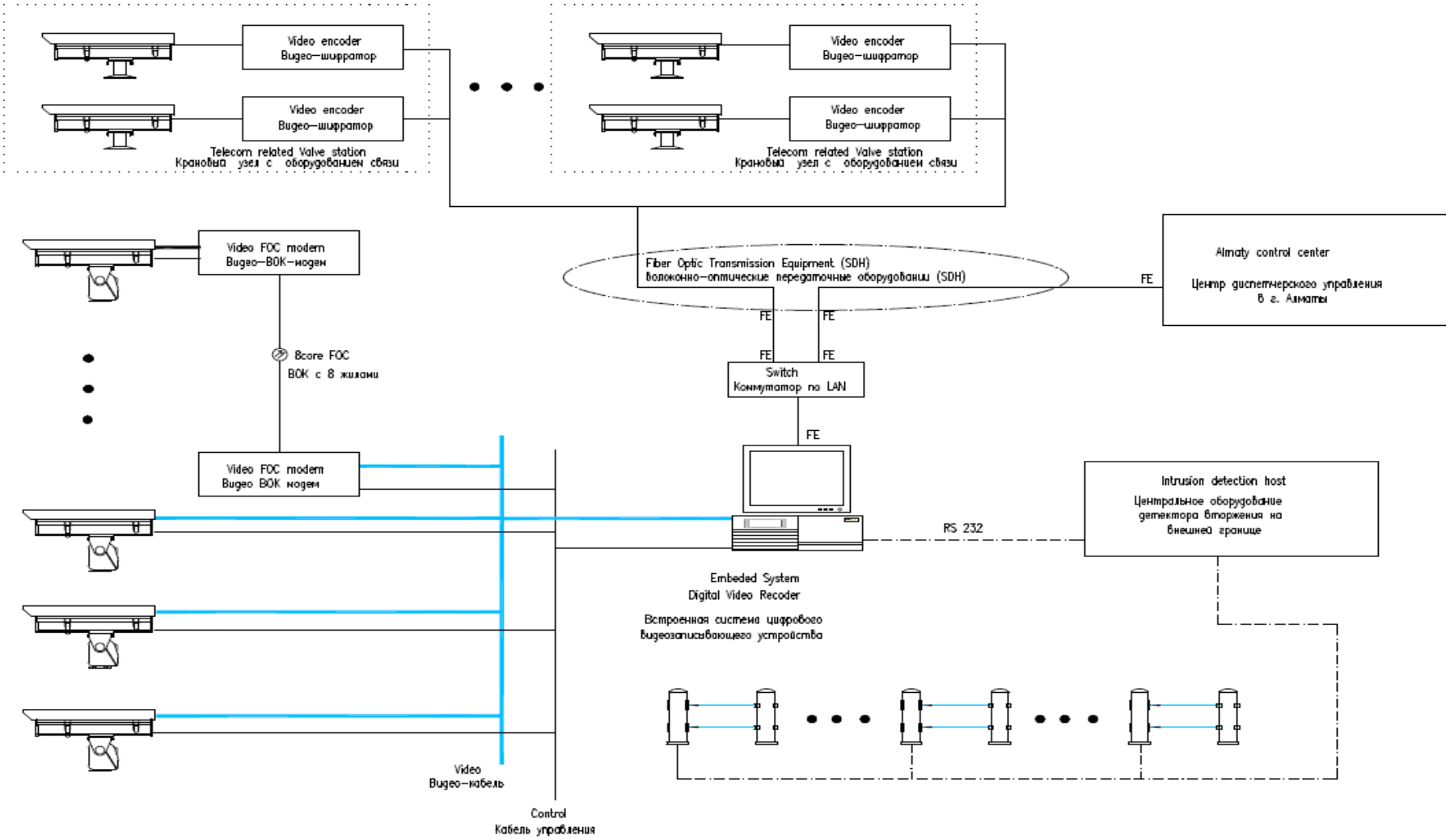


Рисунок 1.5 - Схема системы мониторинга местной станции

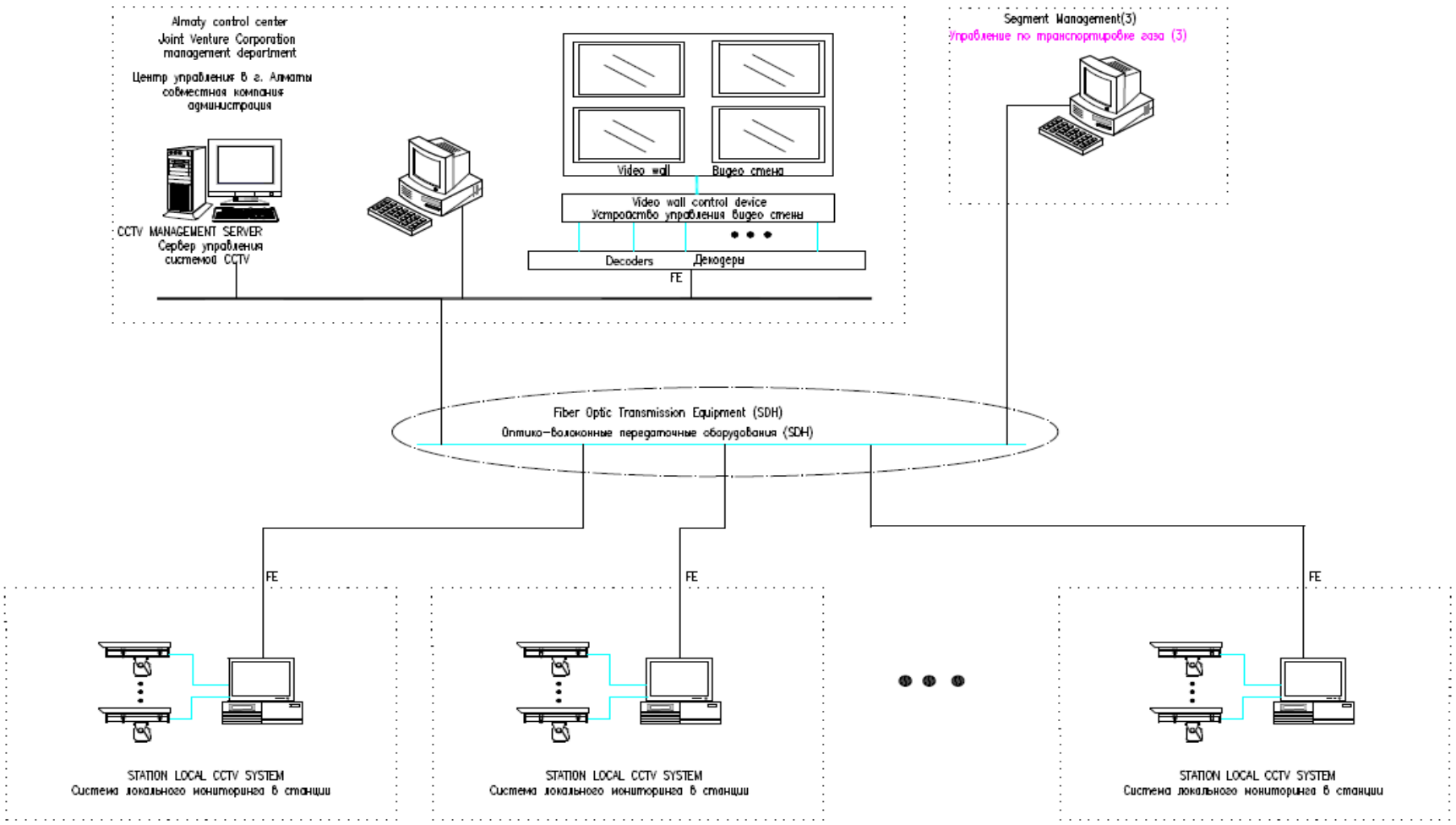


Рисунок 1.6 - Схема системы дистанционного мониторинга

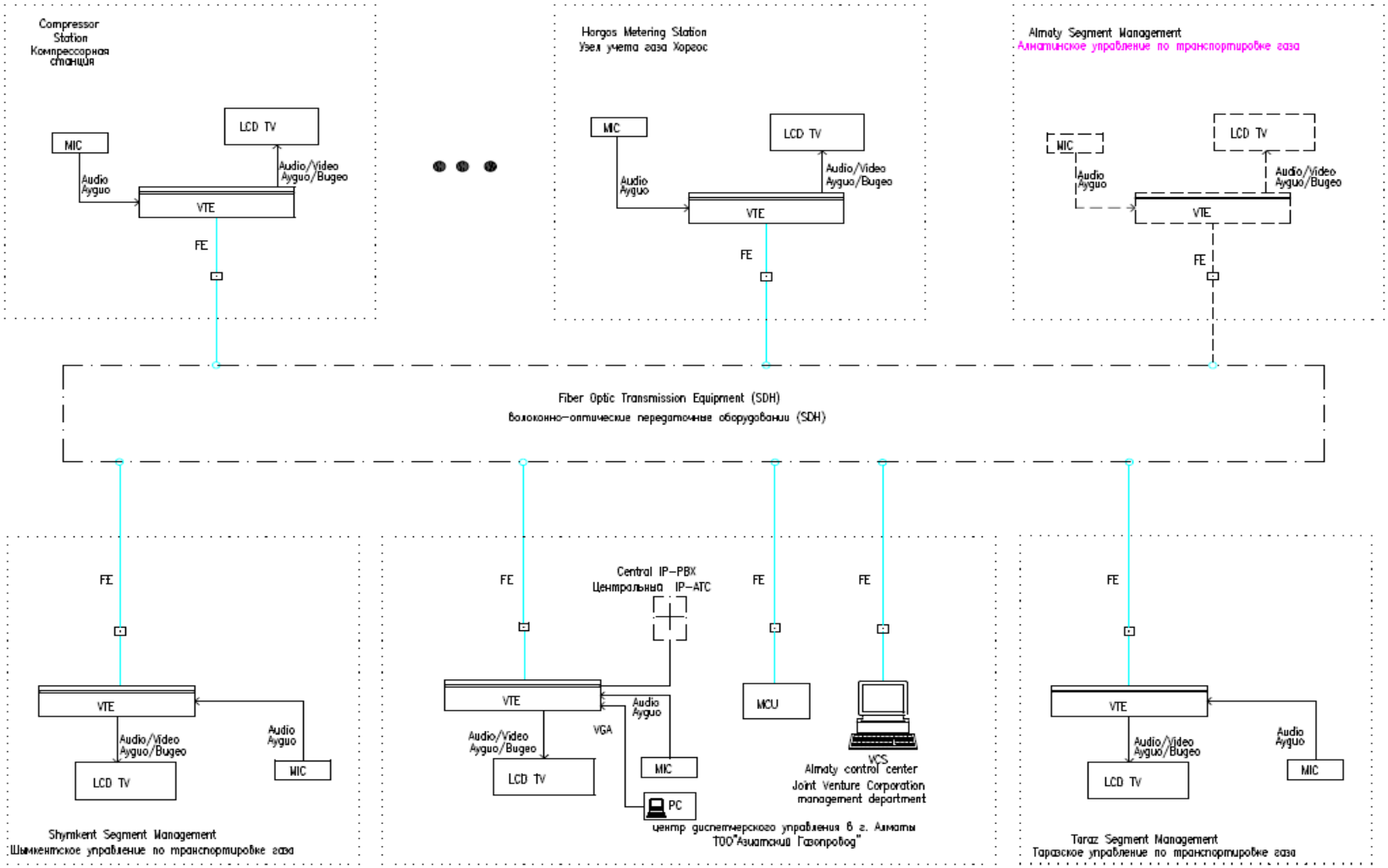


Рисунок 1.7 - Схема системы видеоконференции

В ЦДУ установлены Web-сервер, Email–сервер и Proxy сервер для предоставления услуг внутренней информации, отправке Email, соединении с внешними сетями и т. д.

Сеть служебных данных газопровода Казахстан-Китай представляет собой расширенную сеть. УТГ, РЭУ и станции по трассе газопровода нуждаются в канале передачи данных на большие расстояния, чтобы осуществить связь с центром сети в Алматы.

Станции и узлы газопровода соединяются с Алматы при помощи специальных линий Ethernet сети, предоставленных системой оптической связи, при этом ширина полосы не менее 10Mbps;

1.12 Беспроводная система аварийной телекоммуникационной связи

Применяется для гарантии безопасности эксплуатации газопровода и обеспечения телекоммуникационной связи между внешними работниками или патрульным отрядом и ближайшей эксплуатационной станцией или центром управления[5-6].

Беспроводная система в основном обеспечивает радиосвязь для патрульных отрядов или аварийно-ремонтных бригад, и имеет следующие характеристики:

– Внутри и вокруг компрессорной станции имеется беспроводная радиосвязь, необходимая между ремонтными бригадами и диспетчерскими или офисными помещениями.

– При ежедневном патрулировании вдоль линии газопровода, патрульная команда имеет ограниченную голосовую связь.

– При аварийно-ремонтных работах на площадке, между ремонтной

– бригадой и ЦДУ будет неограниченная голосовая связь, но так как случаи аварийного ремонта газопровода происходят редко, то такая беспроводная связь концентрируется на короткое время, а в остальное время она не используется.

– Беспроводная связь не должна ограничиваться местностью и должна

– иметь возможности использования в любом месте.

– Беспроводная связь не должна нарушаться сбоями в системе

– оптоволоконной передачи. Она должна иметь самостоятельную аварийную функцию осуществления связи.

С развитием современных телекоммуникационных технологий, есть несколько видов использования беспроводной связи для газопровода, но у всех из них есть свои достоинства и недостатки. Согласно вышеуказанным требованиям, необходимо выбрать цельную систему, скомбинировав радиосистему с автоматическим перераспределением каналов, коротковолновую рацию и автомобиль аварийной связи. Беспроводная связь проекта строительства газопровода Казахстан-Китай должна покрывать весь газопровод и гарантировать связь между внешним рабочим персоналом и каждой станцией или управляющей организацией в любое время и в любом

месте. Коротковолновая рация служит для патрульных групп, а автомобиль аварийной связи предоставляет, когда необходимо, мультисервисную беспроводную связь.

Таблица 1.2 – Данные по требованию

№	Требования по связи	Предложение
1	Радиосвязь на станции и прилегающей территории	Радиосистема с автоматическим перераспределением каналов
2	Беспроводная связь для патрульных отрядов вдоль магистрали газопровода	Коротковолновая рация
3	Связь для аварийно-ремонтных работ на поле	Автомобиль аварийной связи

Более того, радиосистема с автоматическим перераспределением каналов служит для обеспечения постоянной голосовой связи на прилегающих к станции территориях.

Коротковолновые рации и транспортное средство для связи в аварийных ситуациях имеет большое количество преимуществ, таких как защита от повреждении, высокая маневренность, гибкость и удобство в организации сети, кроме того, для нее не требуется строительство сложных, дорогостоящих зданий отдельных от FOT и VSAT сетей, а также она не только отвечает повседневным требованиям по беспроводной связи, но и действует в качестве аварийного средства связи в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

1.13 Система громкоговорящей - связи

Для удовлетворения требований оповещений, громкоговорящая связь будет установлена на всех технологических станциях для рабочей и аварийной связи. Система громкоговорящей-связи состоит из 4-х частей: микрофон, оборудование по усилению и обработке сигнала, кабели и громкоговоритель. Громкоговорящая-связь будет действовать на технологической станции и в офисах.

Система громкоговорящей-связи используется при производственно-управленческом вещаний и аварийном вещаний.

1. Производственно-управленческое вещание будет использована на технологической станции и в офисах. Оно применяется при оперативно-производственном планирований.

2. Аварийное вещание может быть использована для управления в эвакуации людей и при пожаротушения. Аварийное вещание имеет абсолютный приоритет в системе громкоговорящей-связи. Громкоговорители будут работать в соответствии с сигналом оповещения аварийного сигнала,

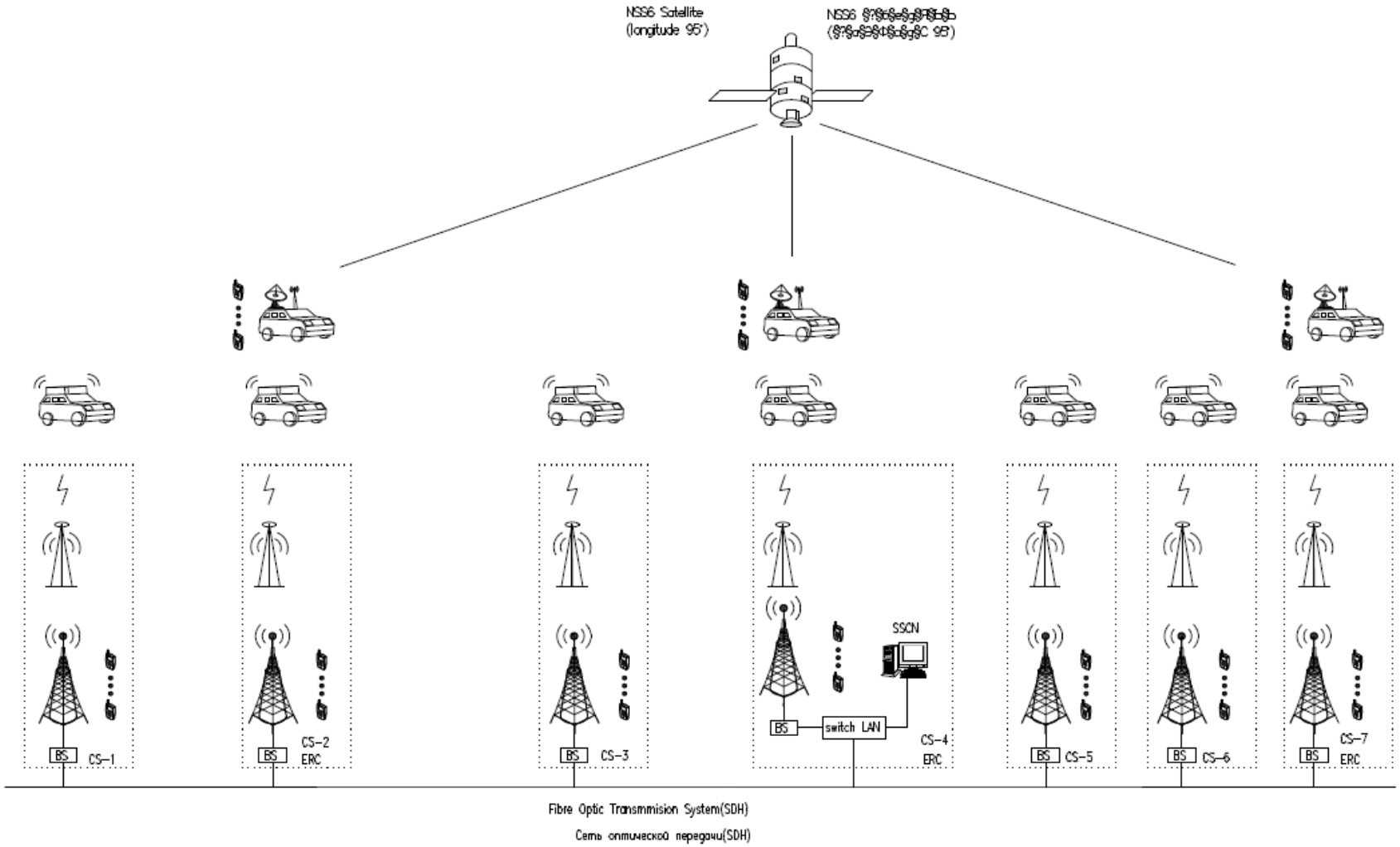


Рисунок 1.8 - Схема системы радиосвязи

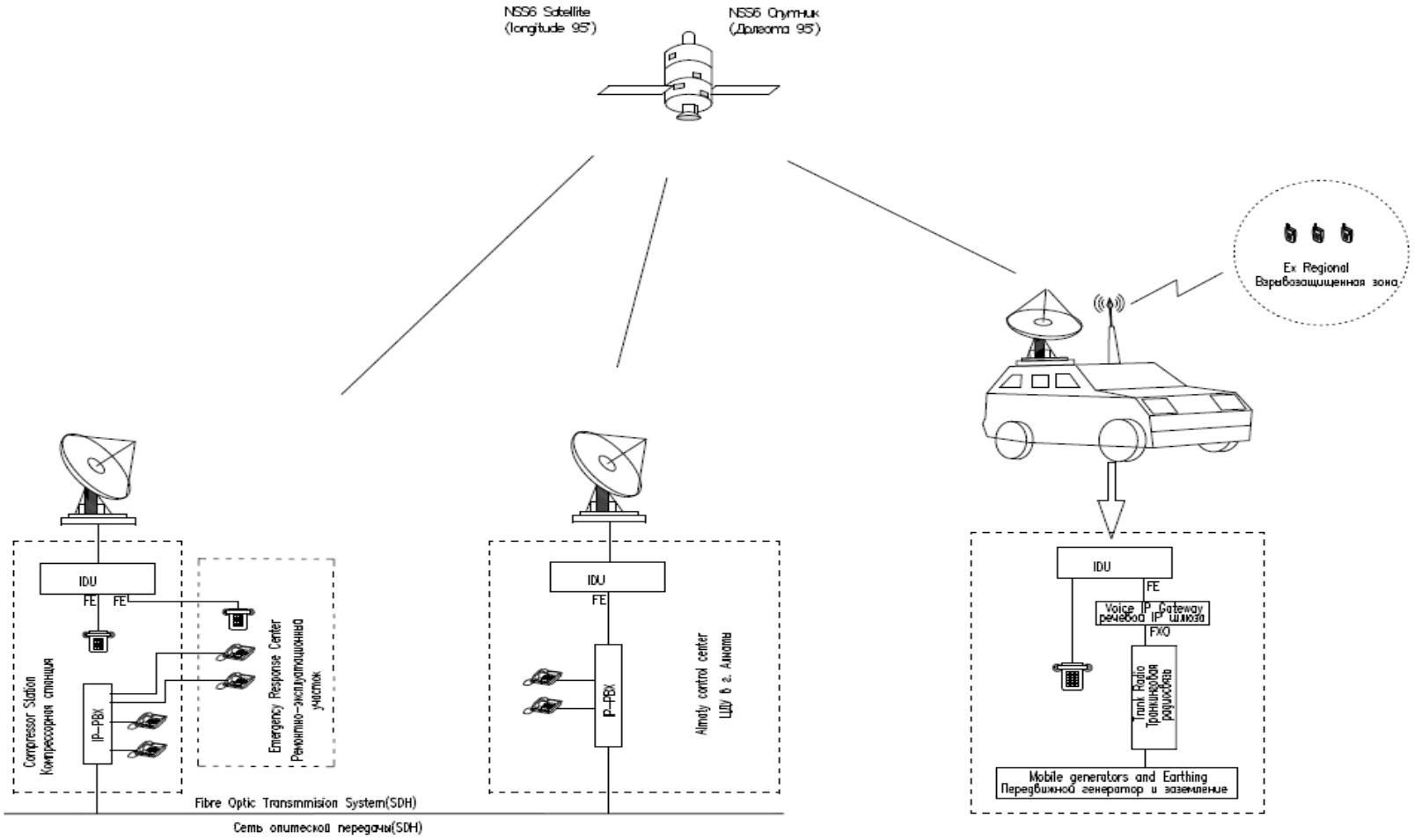


Рисунок 1.9 - Схема аварийной радиосвязи

включая включение громкоговорителей которые были в состоянии "выключено", и все громкоговорители в данной территории будут работать на полную мощность. На рисунке 1.8 приведена схема системы громкоговорящей системы. Для поддержания культурной жизни персонала в вахтовых посёлках и в ТОО “Азиатский Газопровод” будет построена телевизионная система. Из-за того, что на территории каждой технической станции МГ невозможно принимать сигнал от локальной телевизионной сети, источник сигнала для вахтовых посёлков и ТОО “Азиатский Газопровод” будет приниматься от системы спутникового телевидения.

Система спутникового телевидения используется на объекте газопровода Казахстан-Китай. В вахтовых посёлках, ТОО “Азиатский Газопровод” будут построены две телевизионные системы: одна система принимает программы от спутника “Hot Bird 7A at 13.0°E" для удовлетворения требований казахстанских работников, другая система принимает сигнал от спутника “China sat 6B at 115.5°E" для удовлетворения требования китайских работников.

1.14 Система электропитаний и заземлений

В качестве главного источника энергии на узлах линейных частей МГ Казахстан- Китай используется паровой генератор, и имеется запасной дизельный генератор. UPS оборудования предназначены для оборудования коммуникации, включая главный источник питаний и поддержка питанием во время эксплуатации батареи. Для средств связи это надежное снабжение беспрерывным источником энергии. Поэтому для средств связи, которые поддерживают AC 220V осуществляется прямое питание от UPS. Для оборудования, которое поддерживает вход энергии от DC -48V необходимо установить преобразователь энергии, затем осуществляется питание от UPS.

В КУ с ДУ, средства связи снабжаются энергией непосредственно от CCVT. Виды заземления средств связи данного проекта принимают способы комплексных заземлений, следовательно, на рабочих местах средств связи для
заземления и молниезащиты совместно используется один модуль заземления.

Рабочее заземление системы средств связи принимает способ одного точечного заземления, взятого от самых близких заземляющих сборных ниток; для кожуха оборудования отдельно проводится предохранительное заземление от заземляющих сборных ниток.

На площадке сопротивление заземления системы комплексного заземления составляет ≤1Ω; На узле RTU сопротивление заземления системы комплексного заземления составляет ≤4Ω.

1.15 Внутриплощадочная закладка кабеля и проводка

Проводка в сооружениях данного проекта включает в себя: укомплектованную систему проводки и проводку системы спутникового телевидения.

6.11.1 Укомплектованная система проводки. Укомплектованная проводка означает соединение оконечных устройств с центральными устройствами. Которые включают в себя главный кросс, горизонтальный кросс, горизонтальный кабель, информационные розетки в каждых рабочих блоках и необходимый шлейф. Стандарт горизонтальных кроссов, горизонтальных кабелей и информационных розеток должен соответствовать выше пятой категории для удовлетворения текущих и будущих требований.

Внутри зданий в каждом рабочем блоке (смотря на площадь комнаты) устанавливаются две стандартные не экранирующие информационные розетки RJ45 выше пятой категории, которую можно использовать для передачи голоса или служебных данных. В качестве горизонтального кросса применяется кросс быстрого соединения выше пятой категории, для коммутационных кабелей между горизонтальными кроссами с информационными розетками используется кабель одновременно для передачи данных и звуков. Коммутационные кабели закладываются на кабельных лотках или в желобах. Для главного кросса применяется кросс третьей категории соединенный зажимом, для соединения с кабелями IP-PBX потребителя.

По требованию главные кроссы, сетевые коммутаторы и горизонтальные кроссы соединяются шлейфами и таким образом терминальные средства каждого рабочего блока соединяются с IP-PBX или с сетевыми коммутаторами.

6.11.2 Телевизионный кабель. Сигналы телевизионного изображения передаются по коаксиальным кабелям, коаксиальный кабель выходящий от шкафа системы спутникового телевидения закладывается по кабельному лотку и доводится до каждой комнаты, где стоит телевизор, дальше он проходит по металлическим шлангам до ящиков предварительно заложенных в коридорном потолке, далее он проходит по предварительно заложенным стальным трубам скрытым на стене до телевизионной розетки. Между металлическим линейным бункером и металлической трубой должно иметься сплошное проводниковое соединение, и на обоих концах должно быть установлено рабочее заземление.

1.16 Необходимость проектного решения

1) Исходя из потребности и практики объекта, необходимо выбрать безопасную, надежную, передовую и соответствующую систему связи;

2)Отстаивая принцип стандартизованного проектирования, согласовывается тип и интерфейс, для того чтобы обеспечить регулирование производства и высококачественные услуги связи для трубопровода;

3) Для целей единого планирования, необходимо целесообразно использовать ресурсы, и оптимизировать сетевую конструкцию, для того чтобы достигнуть оптимального отношения цена/качество.

4) В отношении систематической интеграции, целесообразно применять новую технику, для того чтобы способствовать комбинированной работе системы и уменьшить общие инвестиции в проект.

5) Сделать выбор соответствующего оборудования.

6) Привести необходимые расчеты.

А также рассмотреть вопросы по технике безопасности и составить экономическую эффективность.

2 Организация резервной линии связи на объекте газопровода Казахстан-Китай на основе спутниковой системы

2.1 Описание проекта

Протяженность газопровода Казахстан-Китай составляет 1304 км, включая 7 компрессорных станций, 2 УЗРГ (узлы замера распределения газа) и Центральный диспетчерский узел в Алматы (ЦДУ в Алматы). Станции VSAT должны быть установлены на УЗРГ на границе Казахстана и Узбекистана, Казахстана и Китая, КС1, КС2, КС4, КС6, КС7 и ЦДУ в Алматы.

Станции VSAT будут установлены для резервирования каналов передачи данных и голосовых сообщений системы SCADA/ESD в случае неисправности волоконно-оптических систем связи.

Система VSAT должна работать в диапазоне частот «Ku» (передача 14,00 - 14,75 ГГц; прием 10,97-12,75 ГГц) и должна быть спроектирована для функционирования в топологии гибридной сети (Звезда/полносвязность) для организации каналов передачи данных системы SCADA и ESD, а также для организации дуплексных голосовых каналов:

– В системе VSAT должна применяться технология многостанционный доступ с временным разделением каналов (TDMA) для организации дуплексных канала системы SCADA и ESD.

– В системе VSAT должна применяться технология многостанционный доступ с временным разделением каналов (TDMA) для организации дуплексных голосовых каналов. Передача голосовых сообщений между любыми 2 станциями VSAT должна осуществлять в 1 (один) спутниковый скачок.

Таблица 2.1- Координаты широты и долготы каждой станции

Станция	Долгота	Широта
ЦУА	76°54 ' 20.26" E	43°14'25.35" N
УЗРГ на границе Казахстана и Узбекистана	67°27 ' 3.535 " E	41°29 ' 12.25 " N
КС1	68°29 ' 5.665 " E	41°47 ' 37.44 " N
КС2	70°4 ' 7.14 " E	42°36 ' 14.43 " N
КС4	72°39 ' 19.52 " E	42°58 ' 45.91 " N
КС6	75°30 ' 48.77 " E	43°29 ' 16.69 " N
КС7	78°18 ' 2.39 " E	43°38 ' 16.68" N

2.2 Эксплуатационные требования

Канал передачи данных для системы SCADA трубопровода и канал передачи голосовых сообщений должны соответствовать данным, указанным в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Конфигурация каналов передачи данных и голосовых сообщений

№	Станция	Данные системы SCADA и ESD, (кбит/с)	Голосовые сообщения, (кбит/с)	Итого, (кбит/с)
1	ЦДУ Алматы	1152	21 х 32 = 672	1824
2	КС1	128	2 х 32 = 64	192
3	КС2	256	2 х 32 = 64	320
4	КС4	256	2 х 32 = 64	320
5	КС6	128	2 х 32 = 64	192
6	КС7	256	2 х 32 = 64	320
7	УЗРГ КУ	128	2 х 32 = 64	192
8	Транспортное средство аварийной связи КС2	0	3 х 32 = 96	3 х 32 = 96
9	Транспортное средство аварийной связи КС4	0	3 х 32 = 96	3 х 32 = 96
10	Транспортное средство аварийной связи КС7	0	3 х 32 = 96	3 х 32 = 96

Для реализации передачи данных системой SCADA и ESD, система VSAT должна обеспечить каналы передачи данных между ЦУА и всеми прочими станциями VSAT.

Система VSAT должна быть сопряжена с системой IP-АТСв ЦУА с интерфейсом RJ45. Система VSAT на других станциях должна быть сопряжена с отдельным IP-телефонами через интерфейс RJ45.

2.3 Характеристика сети

Система VSAT должна быть соединена с существующей сетью VSAT КазТрансКом (КТК). Система VSAT должна работать под управлением головной станции системы VSAT сети VSAT КТК[6-8].

Вся система VSAT должна быть лицензированной или ратифицированной соответствующими органами, и затем успешно введена в эксплуатацию. Технические данные сети VSAT КТК указаны в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Технические данные сети VSAT КТК

Головная станция	
Производство оборудования	iDirect Co.
Местоположение	Астана
Диапазон частот	поддиапазон частот «Ku»
Антенна	7.6 м
Спутник	NSS-6

Участок NSS-6 на среднем востоке указан на рисунке 2.1.

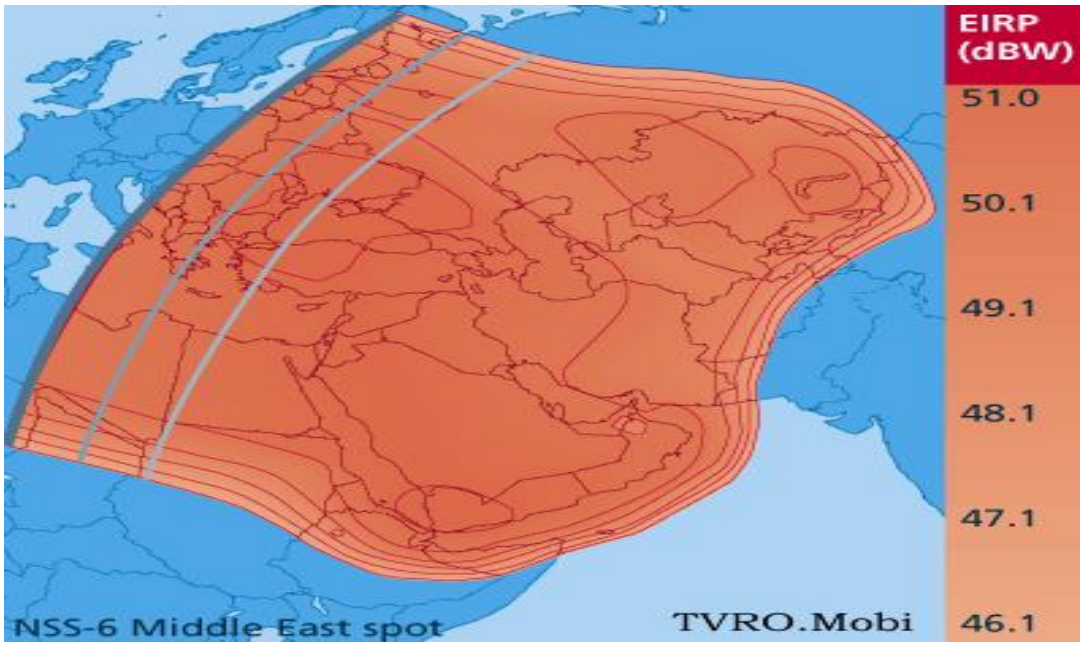


Рисунок 2.1 - Участок NSS-6 на среднем востоке

Система VSAT должна работать в диапазоне частот «Ku» (передача 14,00 - 14,75 ГГц; прием 10,95-12,75 ГГц) и должна быть спроектирована для функционирования в топологии гибридной сети (Звезда/полносвязность) для организации каналов передачи данных системы SCADA и ESD, а также для организации дуплексных голосовых каналов.

– В системе VSAT должна применяться технология многостанционный доступ с временным разделением каналов (TDMA) для организации дуплексных канала системы SCADA и ESD.

– В системе VSAT должна применяться технология многостанционный доступ с временным разделением каналов (TDMA) для организации дуплексных голосовых каналов. Передача голосовых сообщений между любыми 2 станциями VSAT должна осуществлять в 1 (один) спутниковый скачок.

Схема системы передачи системы VSAT указана на чертеже ниже:

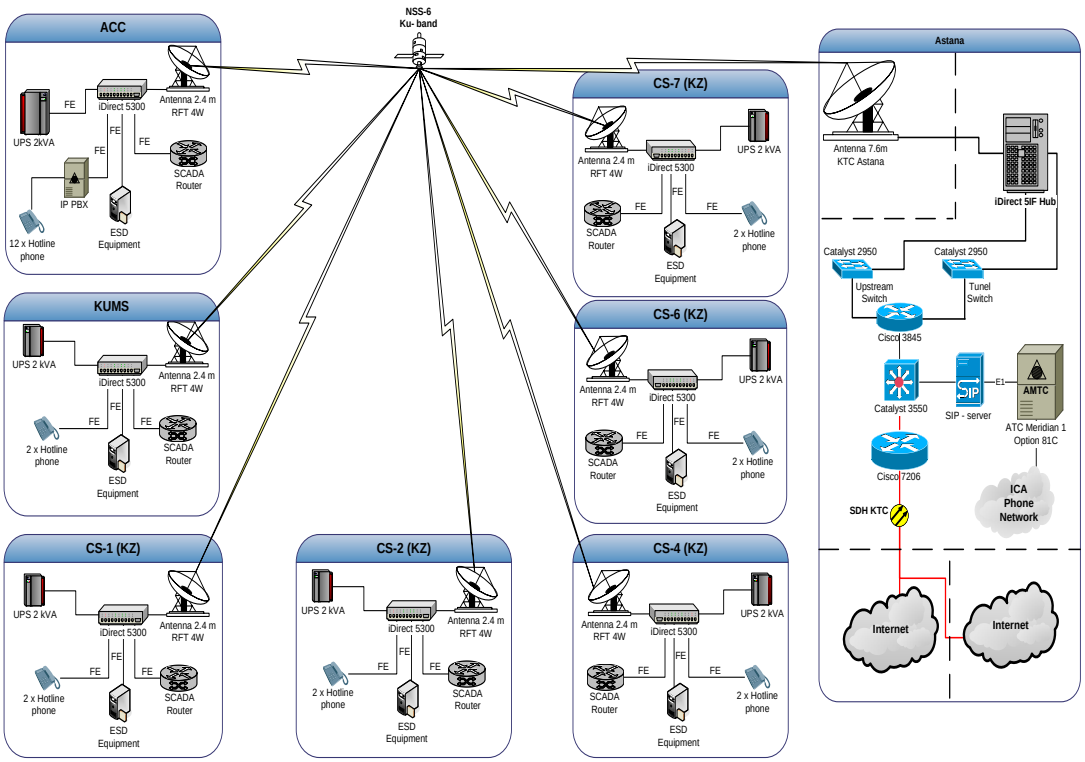


Рисунок 2.2 - Структурный чертеж сети системы VSAT (станция в ЦДУ)

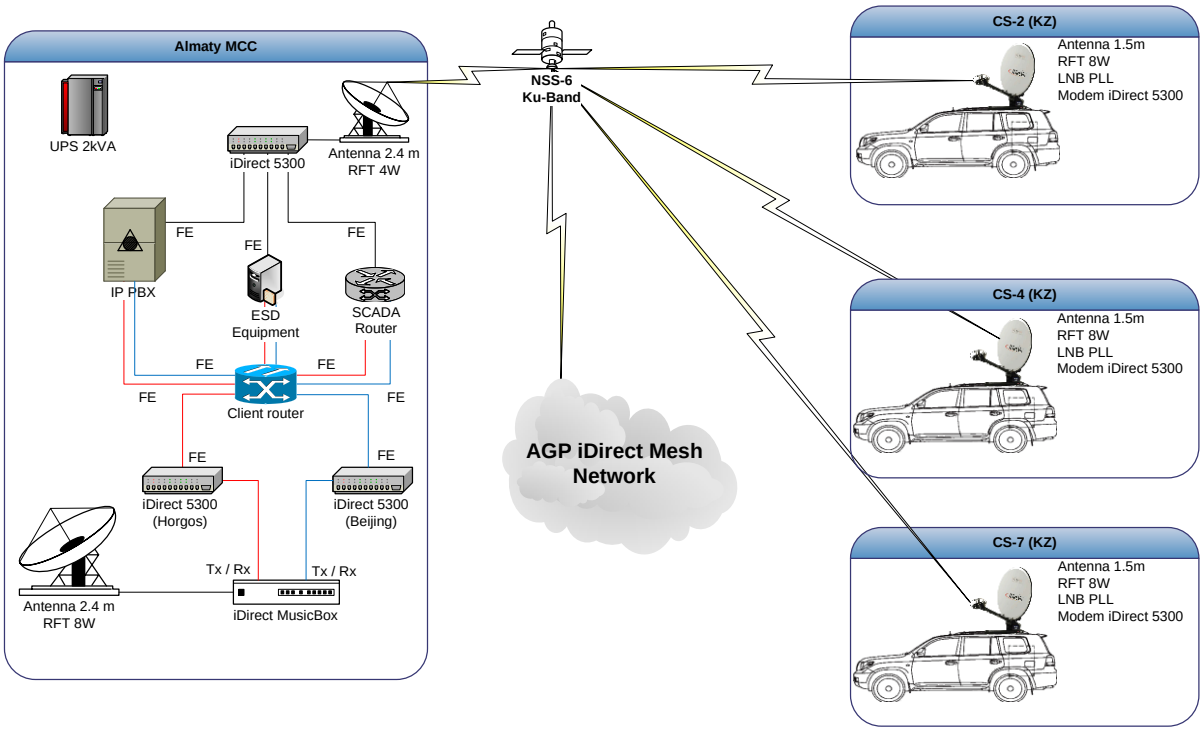


Рисунок 2.3 - Структурный чертеж мобильной сети системы VSAT (средство аварийной связи в ЦДУ)

2.4 Расчет энергетического потенциала лини связи

Расчет пропускной способности и емкости сети, необходимые для работы системы VSAT, выполняются согласно требованиям к сервисам, указанных таблице 7.2-1, посредством двух приложений: iNPT (iDirect Network Planing Tool) и NSS LBT (NSS Link Budget Calculation).

На основе этих вычислений была выбрана конфигурация оборудования VSAT, указанного в разделе Техническая Спецификация.

Прямая коррекция ошибок (FEC) является технологией кодирования данных.

Значения FEC для оборудования iDirect:

– Для Входящего канала (Нисходящий поток): 0.793;
– Для Исходящего канала (Восходящий поток): 0.66.

Модуляции оборудования iDirect:

– Для Входящего канала (Нисходящий поток): 8PSK;
– Для Исходящего канала (Восходящий поток): QPSK.

Защитный коэффициент: 1.2.

Пропускная способность VSAT сети представлена ниже:

Полоса пропускания между ЦДУ Алматы и остальными ЗССС в Казахстане:

$$S = 1152\ (SCADA + ESD) + 384\ (12*32) = 1536\ \text{кбит/с}.$$

Полоса пропускания между ЦДУ Алматы и средствами аварийной связи:

$$S= 288\ (3\times3\times32) = 288\ \text{кбит/с}.$$

Общая пропускная способность ЦДУ Алматы:

$$B=1536 + 288 = 1824\ \text{кбит/с}$$

Полоса пропускания VSAT станций в Казахстане:

$$\text{КС1, КС2, УЗРГ} = 128\ (SCADA) + 2*32 = 192\ \text{кбит/с}$$

$$\text{КС 2, КС 4, КС 7} = 128\ (SCADA) + 2*32 = 320\ \text{кбит/с}$$

На основании расчетов iNPT для работы системы VSAT потребуется, спутниковая емкость приблизительно равная 3.61 МГц.

Основное оборудование

Каждая ЗССС системы VSAT состоит из следующего оборудоавния, но не ограничивается этим:

- спутниковая антенна (включая монтажный комплект и пр.);
- система обогрева спутниковой антенны;
- внутренний блок (IDU);

- внешний блок (включая РЧ-передатчик и малошумящий усилитель) (ODU);
- интерфейсные платы;
- местный рабочий терминальный интерфейс (интерфейс входа/выхода);
- шкаф;
- соединительный и монтажный материал;
- специальные инструменты и запасные части;
- опора для спутниковой антенны (должна быть спроектирована и сконструирована, конструкция опоры зависит от условий места установки спутниковой антенны).

2.5 Внешний блок (ODU) (включая РЧ-передатчик и малошумящий усилитель)

Рабочая частота:
Прием: 10.95 - 11.70 ГГц;
Передача: 14.00 - 14.50 ГГц.
– Выходная мощность (при точке сжатия в 1 дБ): 4 Вт/+36 дБм.
– Линейный коэффициент усиления: 56 дБ.
– Диапазон промежуточной частоты: 950 – 1450 МГц.
– Входная мощность: 220 В ± 10% переменного тока.

Для каждой VSAT станции, включающей внешний РЧ-передатчик и малошумящий усилитель, должно быть получено разрешение на доступ к системе VSAT от соответствующего регулирующего органа на территории РК.

Внутренний блок (IDU):
– Диапазон промежуточной частоты: 950 – 1700 МГц.
– Режим модуляции и демодуляции: QPSK/8PSK.
Прямое исправление ошибок (FEC):
– Прямой канал (Downstream): ТРС 0.879, 0.793, 0.533.
– Обратный канал (Upstream): ТРС 0.793, 0.66, 0.533.
Скорость передачи информации:
Прямой канал (Downstream): 128 кбит/с – 18 Мбит/с.
Обратный канал (Upstream): 64 кбит/с – 4,2 Мбит/с.
- Интерфейсный порт: 10/100Base-T (коннектор RJ-45).
- Входное напряжение: 220 В ±10% переменного тока

Спутниковая антенна

Рабочая частота:
- Прием: 10.70 - 12.75 ГГц.
- Передача: 13.75 - 14.50 ГГц.
- Поляризация: линейная, ортогональная
- Коэффициент усиления (±0.2 дБ):
- Передача: 48.9 дБ при 14,25 ГГц
- Прием: 47.4 дБ при 11,95 ГГц

3 дБ ширина луча:
- Передача: 0.59° при 14,3 ГГц
- Прием: 0.71° при 12,0 ГГц
Шумовая температура антенны:
- 55°K (10° El)
- 46°K (20° El)
- 45°K (30° El)
Кросс-поляризация антенны:
- 30 дБ по оси
- 26 дБ контур 0,5 дБ
Интерфейс линии питания:
- Передача: WR75
- Прием: WR75
- Диапазон регулирования по высоте: 10°-90° непрерывная точная регулировка.
- Диапазон регулирования по азимута: 360° непрерывно точная регулировка, ±12°.
Ветровая нагрузка:
- Эксплутационная: 80 км/ч
- Максимальная: 200 км/ч
Атмосфера: соль, загрязняющие средства, встречающиеся на побережье и в промышленных зонах.

Спутниковая антенна и вспомогательное оборудование должны быть устойчивыми и надежными, и должны соответствовать требованиям по окружающей среде.

Система анти - обледенения антенны. Система анти - обледенения спутниковой антенны будет устанавливаться в целях уменьшения воздействия неблагоприятных погодных и климатических условий (интенсивный дождь, снегопад, обледенение) на качество предоставляемого сервиса. Система анти - обледенения будет снабжена устройством автоматического контроля, включения/выключения системы в зависимости от условий внешней среды.

Частота ошибок по битам:

- Общее время, когда средняя частота битовых ошибок BER превышает величину $1x10^{-6}$, проверенную за минуту, должно быть менее 2 % возможного времени в любой месяц.
- Общее время, когда средняя частота битовых ошибок BER превышает величину $1x10^{-3}$, проверенную за секунду, должно быть менее 0,03 % возможного времени в любой месяц.
– Количество секунд с ошибками должно быть меньше чем 1,6 % возможного времени в любой месяц.

Среднее время безотказной работы (MTBF). Спутниковая система VSAT должна иметь доступность не менее 99,5%. Время отказа системы, измеренное в часах и целых минутах - это период времени, в который

система не может выполнять работу, вследствие отказа любой части аппаратного и (или) программного обеспечения, составляющего систему.

Защита от опасных радиоволн. Оборудование системы VSAT функционирует нормально при нижеуказанной напряжённости электрического поля:

Таблица 2.4 – Защита от опасных радиоволн

Максимальная напряженность	Частотный диапазон
140 дБ (мкВ/м)	14 кГц – 35 МГц
120 дБ (мкВ/м)	35 МГц – 1 ГГц
100 дБ (мкВ/м)	В пределах области частот чувствительности приёмника

2.6 Основные характеристики системы передачи

СП SDH соединяют высококачественную передачу цифровой информации и процессы автоматизированного управления, контроля и обслуживания сети в рамках единого целого. Внедрение ЭВМ в аппаратуру повысило надежность и достоверность передачи информации по сети, снизило эксплуатационные затраты, автоматизировало функции контроля, управления и обслуживания сети (Operation, Administration, Managment, OAM). SDH рассчитывается на транспортирование как сигналов, действующих PDH большей части действующей аппаратуры, так и сигналов новых широкополосных служб и систем: ATM и B-ISDN .

Современная цифровая первичная сеть строиться на основе трех основных технологий: плезиохронной иерархии (PDH), синхронной иерархии (SDH) и асинхронного режима переноса (передачи) (ATM). Из перечисленных технологий только первые две в настоящее время могут рассматриваться как основа построения цифровой первичной сети. Каналы цифровой первичной сети с пропускной способностью до 140 Мбит/с создаются в рамках иерархии PDH (таблица 1.1), каналы с большой пропускной способностью создаются в рамках технологии SDH (таблица 1.2). Иерархии PDH и SDH взаимодействуют через процедуры мультиплексирования и демультиплексирования потоков PDH в системы SDH.

В системе SDH производиться синхронное мультиплексирование/демультиплексирование, которое позволяет организовать непосредственный доступ к каналам PDH, которые передаются в сети SDH. Это довольно важное и простое нововведение в технологии привело к тому, что в целом технология мультиплексирования в сети SDH намного сложнее, чем технология в сети PDH, усилились требования по синхронизации и параметрам качества среды передачи и системы передачи, а так же увеличилось количество параметров, существенных для работы сети.

Таблица 2.5 - Скорости передачи системы SDH.

Уровень SDH	Скорость передачи, Мбит/с
sub-STM-1 (STM-0)	51.840
STM-1	155.520
STM-1	622.080
STM-1	1244.160
STM-1	1866.240
STM-1	2488.320

Следует так же отметить, что SDH дает возможность прямого доступа к каналу 2048 кбит/с за счет процедуры ввода/вывода потока E1 из трактов всех уровней иерархии SDH. Канал E1 является основным каналом, используемым в сетях цифровой телефонии, ISDN и других вторичных сетях, вследствие чего операторы сетей SDH практически не заинтересованы в проведении измерений на всех уровнях иерархии PDH.

Достижения современной техники коммутации и передачи привели к тому, что возникла необходимость в создании современной цифровой транспортной сети или системы. Транспортная система (ТС) – это инфраструктура, объединяющая ресурсы сети, выполняющие функции транспортирования. При транспортировании выполняются не только перемещение информации, но и автоматизированное и программное управление сложными конфигурациями (кольцевыми и разветвлёнными), контроль, оперативное переключение и другие сетевые функции. ТС является базой для всех существующих и планируемых служб, для интеллектуальных, персональных и других перспективных сетей, в которых могут использоваться синхронный или асинхронный способы переноса информации.

Транспортная система СЦИ – органическое соединение информационной сети и системы контроля и управления SDH. Нагрузкой информационной сети СЦИ могут быть сигналы существующих сетей ПЦИ, а также сигналы новых служб и сетей связи. Аналоговые сигналы предварительно преобразовываются в цифровую форму с помощью имеющегося на сети оборудования.

В информационной сети СЦИ четко выдерживается деление по функциональным слоям. Сеть содержит три топологически независимых слоя (каналы, тракты и среда передачи), которые подразделяются на более специализированные слои. Каждый слой выполняет определённые функции и имеет точки доступа. Они оснащены собственными средствами контроля и управления, что минимизирует усилия при ликвидации аварий и снижает их влияние на другие слои. Функции слоя зависят от физической реализации нижнего обслуживающего слоя. Каждый слой может создаваться и совершенствоваться независимо.

В информационной сети используются принципы контейнерных перевозок. Благодаря этому сеть SDH достигает универсальных возможностей транспортирования разнородных сигналов. В транспортной системе SDH перемещаются не сами сигналы нагрузки, а новые цифровые структуры – виртуальные контейнеры, в которых размещаются сигналы нагрузки, подлежащие транспортировке. Сетевые операции с контейнерами выполняются независимо от содержания. После доставки на место и выгрузки сигналы нагрузки обретают исходную форму. Поэтому транспортная система SDH является прозрачной.

Создание сетевых конфигураций, контроль и управление отдельными станциями и всей информационной сетью осуществляется программно и дистанционно с помощью системе обслуживания SDH.

В слое среды передачи самыми крупными структурами SDH являются синхронные транспортные модули (STM), представляющие собой форматы линейных сигналов. Для создания высокоскоростных линейных сигналов используется синхронное мультиплексирование.

2.7 Функциональные возможности семейства терминалов SkyEdge VSAT

VSAT выступает в роли удаленного терминала сети. HUB системы SkyEdge может работать с различными типами терминалов одновременно. Каждый терминал в семействе поддерживает передачу данных и/или передачу голоса и взаимодействует с серверами HUB (DPS, VPP/MGW), с NMS, и при необходимости, с другими терминалами. Таким образом, современные двухсторонние спутниковые терминалы SkyEdge предлагают беспрецедентное многообразие конфигураций. Диапазон терминалов включает:

- SkyEdge Pro;
- SkyEdge IP;
- SkyEdge Call;
- SkyEdge Gateway;
- SkyEdge DVB-RCS.

SkyEdge Pro - многофункциональная платформа для передачи интерактивных данных, широкополосного IP и серийных протоколов, общественной и корпоративной телефонии, на единой платформе. Этот универсальный терминал имеет три слота расширения для установки дополнительных карт.

Высокопроизводительный терминал SkyEdge Pro является правопреемником продуктов DialAw@y IP и Skystar Advantage. Он имеет очень низкое энергопотребление (типично меньше 20 Ватт) и дополнительные механизмы энергосбережения и может работать от солнечных панелей или дизельгенераторов – идеален для сельской местности. Терминал SkyEdge Pro поддерживает все IP возможности предыдущего продукта Skystar 360E и функциональные возможности широкого набора IP функций терминала SkyEdge IP.

Терминал SkyEdge Pro поддерживает традиционную передачу голоса компании Gilat, которая может работать в режиме «star», «multi-star» и «mesh» с двумя возможными стандартными кодеками сжатия голоса: G.729 (8 Кбит/с) и G.723 (6.4 Кбит/с). Этот терминал поддерживает передачу факсимильных сообщений и передачу данных в режиме Dialup для таксофонов.

SkyEdge IP это высокоскоростной IP маршрутизатор, позволяет передавать интерактивные широкополосные IP данные, поддерживает асинхронные приложения и многоадресную доставку данных. С поддержкой стандарта DVB и обширными IP функциями этот терминал идеален для бизнеса любого масштаба, требующего чрезвычайно высокой производительности в обоих каналах передач данных (Outbound и Inbound) для мультимедийных приложений, высокоскоростной доставки больших файлов и высокоскоростного WEB доступа. Терминал SkyEdge IP поддерживает все IP функции системы Skystar 360E, включая RIP, IRDP, DHCP, NAT, IGMP, IP prioritization, ACL. Опционально поддерживаются асинхронные приложения через серийный встроенный порт. Благодаря улучшенной вычислительной мощности он превосходит своего предшественника и может обеспечить скорость передачи данных в канале Inbound до 2 Мбит/с (burst rate), и поддерживает гораздо большее количество подсоединенных компьютеров. Терминал SkyEdge IP имеет программный модуль, обеспечивающий шифрование трафика.

Улучшенный, благодаря ЖКИ дисплею и кнопкам навигации, интерфейс взаимодействия с пользователем облегчает процесс установки и обслуживания терминала. Настройка терминала может быть проведена без какого-либо дополнительного оборудования, состояние терминала и результаты самотестирования могут быть представлены с помощью ЖКИ дисплея.

SkyEdge Call превосходит другие терминалы по телефонным функциям и создан для поддержки сельской телефонии (USO) и правительственных проектов. Этот терминал предлагает телефонные возможности, включающие высококачественную передачу голоса, передачу факсимильных сообщений и данных по принципу Dialup, а также ряд дополнительных возможностей. Вместе с беспрецедентным накопленным опытом и ноу-хау, унаследованным от системы DialAw@y компании Gilat, а также благодаря применению новых методов модуляции, улучшающих использование спутникового ресурса, компания Gilat создала идеальный терминал для сельских проектов и нужд телефонии.

Этот терминал поддерживает все телефонные функции продукта DialAw@y в топологии звезда «star». Он поддерживает традиционную телефонию (Native Telephony) с двумя или одной телефонной линией для передачи голоса и факсимильных сообщений и поддержки таксофонов. Вместе с очень низким энергопотреблением (типично меньше 20 Ватт) и дополнительными механизмами энергосбережения терминал SkyEdge Call

может работать от солнечных панелей или дизель генераторов и идеален для сельской местности.

SkyEdge Gateway платформа предоставления транковых решений. Терминал поддерживает цифровую телефонию и передачу данных, по требованию через выделенные каналы «mesh». Терминал SkyEdge Gateway обеспечивает сопряжение с ТСОП для корпоративных клиентов и правительственных организаций. Соединяет Ваши телефонные станции, базовые станции сотовой связи, корпоративные LAN/WAN. Поддерживает видеоконференции и высокоскоростные приложения.

Терминал SkyEdge Gateway является правопреемником системы FaraWay. Он укомплектовывается набором карт расширения, которые позволяют предоставлять полный канал E1 для телефонных приложений. Для передачи данных он поддерживает IP в режиме PAMA и в режиме DAMA, с предопределенными скоростями и базируясь на IP адресе. Обычно, терминал укомплектовывается картой «MESH» для поддержки полносвязной топологии.

SkyEdge DVB-RCS— Улучшенное решение стандарта, этот терминал соответствует требованиям стандарта и предназначен для передачи широкополосных IP данных и поддержки многоадресных приложений.

Этот терминал поддерживает синхронизацию PCR и конфигурацию на основе таблиц в канале Outbound, режим резервирования RCS с короткими пакетами, модуляцию QPSK в канале Inbound. Терминал работает с линейными ODU, что позволяет использовать модуляцию QPSK. Линейный ODU может принимать любую опорную частоту от терминала. Терминал DVB-RCS также полностью совместим с системой SkyEdge таким образом, сеть использующая эти терминалы может работать в режиме собственной разработки компании Gilat, а позже переконфигурирована (путем загрузки через спутник, программного обеспечения с HUB) для работы в режиме DVB-RCS.

3 Расчет энергетики спутниковой линии

3.1 Расчет спутниковой линии Южно-Казахстанской области (Шымкент) - Алматы

Рассчитаем расстояния от земных станций до бортового ретранслятора по формуле[1-14]:

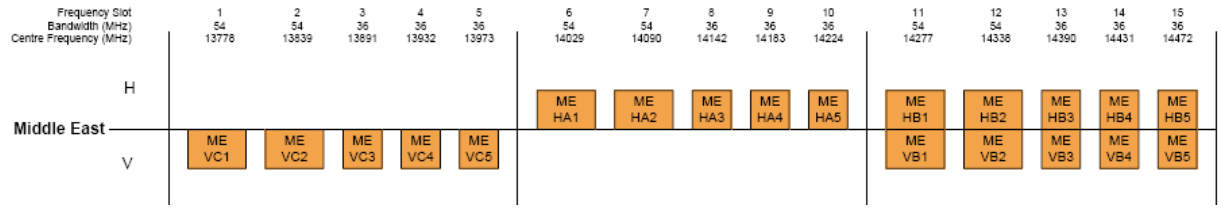
$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos\varphi}, \qquad (3.1)$$

где $\cos\varphi = \cos\xi \cos\beta$,

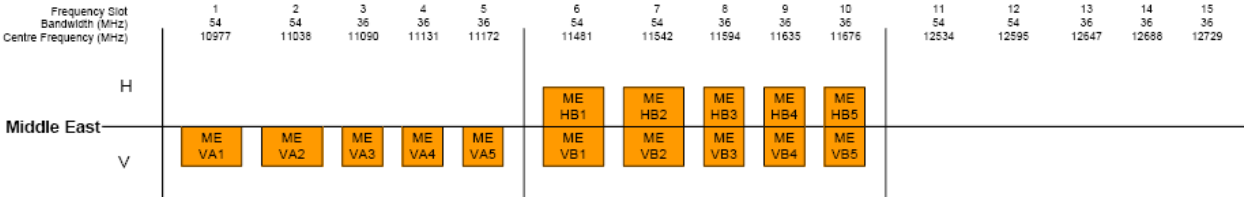
где ξ - широта наземной станции,

β- разность долгот спутника и земной станции,

d - расстояние от земной станции до спутника, км.



а)



б)

Рисунок 3.1 - Частотный план ИСЗ NSS-6: а)Uplink frequencies; б) Downlink frequencies

Расчитаем спутниковую линиюШымкент – Алматы.

Рассчитаем расстояния от земных станций до бортового ретранслятора по формуле (3.1):

для Алматы:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 43°15' \cdot \cos(95° - 76°57')} =$$

$$= 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot 0{,}728 \cdot 0{,}315} = 37480\ км,$$

Для Шымкента:

$$d = 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot \cos 42°20' \cdot \cos(95° - 69°38')} =$$

$$= 42644\sqrt{1 - 0{,}2954 \cdot 0{,}7393 \cdot 0{,}904} = 38206\ км.$$

Далее рассчитаем угол места и азимут на спутник с земных станций по следующим формулам:

$$Азимут = 180° - arctg\left(\frac{tg\beta}{\sin\xi}\right), \qquad (3.2)$$

$$Угол\ места = arctg\left(\frac{\cos\beta \cdot \cos\xi - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2\beta + \cos\beta \cdot \sin\xi}}\right), \qquad (3.3)$$

где $\beta = \gamma - \delta$,

γ - долгота подспутниковой точки, грд;

δ - долгота земной станции, грд;

ξ - широта земной станции, грд.

Далее рассчитаем угол места и азимут на спутник с земных станций по формулам 3.2 и 3.3. Подставляя исходные данные в формулы (3.2) и (3.3), получим:

для Алматы:

$$\beta = \gamma - \delta = 95° - 76°57' = 18°03' = 0{,}315$$

$$Азимут = 180° - arctg\left(\frac{tg18°03'}{\sin 43°15'}\right) = 154{,}66°,$$

$$Угол\ места = arctg\left(\frac{\cos 18°03' \cdot \cos 43°15 - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2 18°03' + \cos 18°03' \cdot \sin 43°15}}\right) = 32{,}045°,$$

для Шымкента:

$$\beta = \gamma - \delta = 95° - 69°38' = 25°22' = 25{,}37$$

$$Азимут = 180° - arctg\left(\frac{tg\,25°22'}{\sin 42°20'}\right) = 114{,}84°,$$

$$Угол\ места = arctg\left(\frac{\cos 25°22' \cdot \cos 42°20' - 0{,}15126}{\sqrt{\sin^2 25°22' + \cos 25°22' \cdot \sin 42°20'}}\right) = 30{,}14°.$$

Далее рассчитаем затухание энергии сигнала, в свободном пространстве: для этого выберем для расчетов транспондер ME HA1/ME VA1, центральные частоты этого транспондера - 14029 МГц на прием и 10977 МГц на передачу.

Затухание энергии сигнала в свободном пространстве рассчитывается по формуле 3.4.

Для Алматы затухание энергии сигналов в свободном пространстве за счет расхождения фронта волны на пути распространения Земля - спутник (f = 14029 МГц, λ= 0,021 м) будет равно:

$$L\uparrow = 20\lg\left(\frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 37480 \cdot 10^3}{0{,}021}\right) = 206{,}855\ дБ,$$

а на пути распространения спутник - Земля (f = 10977 МГц, λ =0,027 м) равно:

$$L\downarrow = 20\lg\left(\frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 37480 \cdot 10^3}{0{,}027}\right) = 204{,}724 дБ.$$

Аналогично рассчитываем затухание для ЗССС в Шымкенте. Подставляя в формулу (3.4) исходные данные, получаем затухание на линии Земля спутник:

$$L\uparrow = 20\lg\left(\frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 38206 \cdot 10^3}{0{,}021}\right) = 207{,}178\ дБ,$$

а на линии спутник - Земля:

$$L\downarrow = 20\lg\left(\frac{4 \cdot 3{,}14 \cdot 38206 \cdot 10^3}{0{,}027}\right) = 204{,}995\ дБ.$$

Для дальнейших расчетов необходимо, вычислить коэффициенты усиления антенны спутника в направлении на ЗС Алматы и Шымкент.

Вычислим усиление антенны спутника в направлении на Алматы:

$$G_{пер\ б} = 50 - 24{,}1 + 2 = 27{,}9 дБ;$$

на Шымкент:

$$G_{пер\ б} = 50 - 24{,}1 + 2 = 27{,}9 дБ;$$

Произведем расчет дополнительного затухания при распространении радиоволн в атмосфере по формуле 3.7.

для Алматы (азимут = 154,662°, угол места = 32,045°):

$$L_a = 1\ дБ;\ L_n = 1\ дБ;\ L_g = 7\ дБ;\ L_H = 2\ дБ;$$

тогда:

$$L_{доп} = 1 + 1 + 7 + 2 = 11 дБ;$$

для Шымкента (азимут = 144,84°, угол места = 30,14°)

$$L_a = 1\ дБ;\ L_n = 1\ дБ;\ L_g = 7\ дБ;\ L_H = 2\ дБ;$$

$$L_{доп} = 1 + 1 + 7 + 2 = 11 дБ;$$

Дополнительное затухание при распространении вниз будет отличаться от затухания при распространении луча вверх на малую величину, которой можно, пренебречь, поэтому для удобства расчетов примем $L\uparrow_{доп} = L\downarrow_{доп}$.

Расчет проведен с помощью программы С++. Результаты показаны на рисунке, которые представлены ниже.

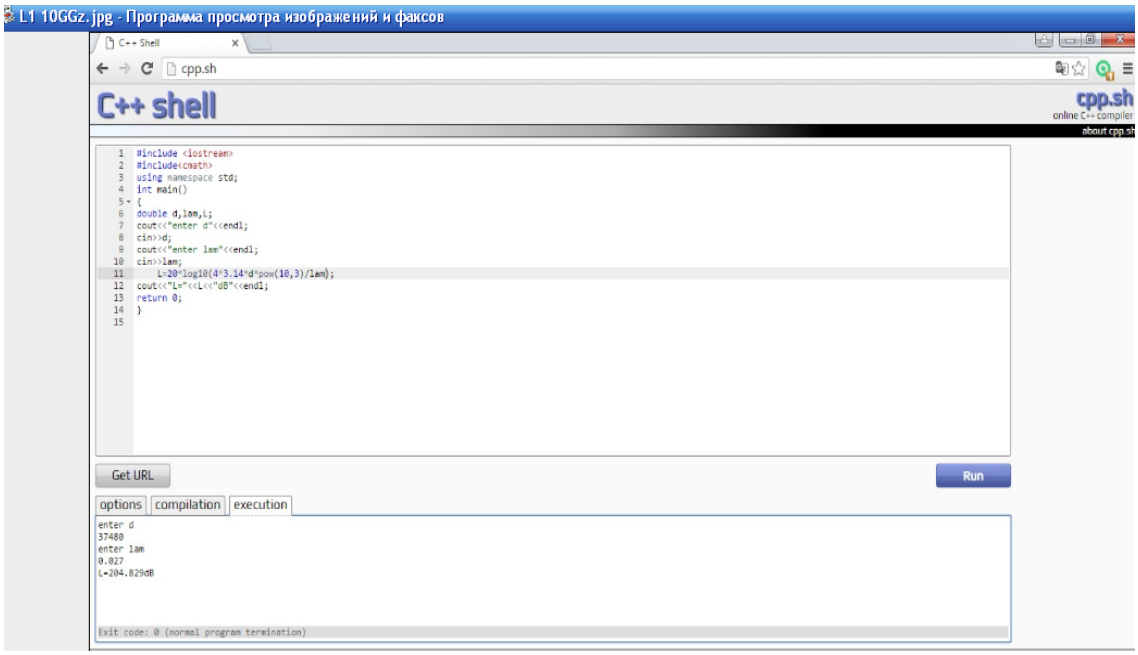


Рисунок 3.1- Полученный результат

C++ Shell

cpp.sh

C++ shell

cpp.sh
online C++ compiler

about cpp.sh

```
1  #include <iostream>
2  #include<cmath>
3  using namespace std;
4  int main()
5  {
6  double d,lam,L;
7  cout<<"enter d"<<endl;
8  cin>>d;
9  cout<<"enter lam"<<endl;
10 cin>>lam;
11     L=20*log10(4*3.14*d*pow(10,3)/lam);
12 cout<<"L="<<L<<"dB"<<endl;
13 return 0;
14 }
15
```

Get URL

Run

options | compilation | execution

```
enter d
37480
enter lam
0.021
L=207.011dB
```

Exit code: 0 (normal program termination)

C++ Shell

cpp.sh

C++ shell

cpp.sh
online C++ compiler

about cpp.sh

```
1  #include <iostream>
2  #include<cmath>
3  using namespace std;
4  int main()
5  {
6  double d,lam,L;
7  cout<<"enter d"<<endl;
8  cin>>d;
9  cout<<"enter lam"<<endl;
10 cin>>lam;
11     L=20*log10(4*3.14*d*pow(10,3)/lam);
12 cout<<"L="<<L<<"dB"<<endl;
13 return 0;
14 }
15
```

Get URL

Run

options | compilation | execution

```
enter d
38206
enter lam
0.027
L=204.995dB
```

Exit code: 0 (normal program termination)

Рисунок 3.3 – Полученный результат

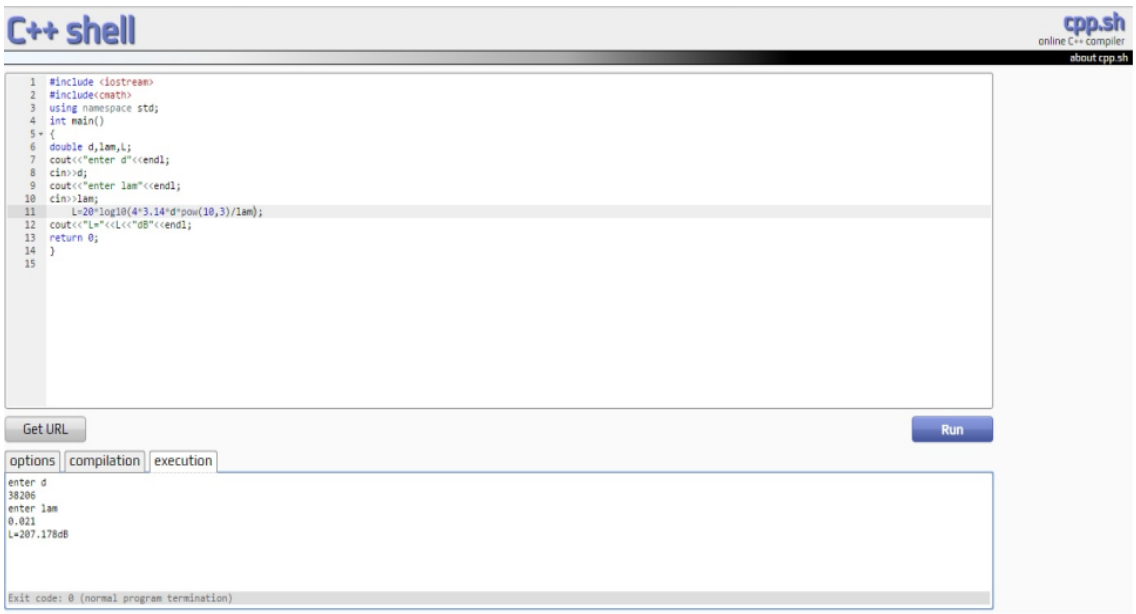


Рисунок 3.4 – Полученный результат

3.2 Определение полосы частот, необходимой для передачи одной несущей, модулированной кодированным ЦС и отношением несущая/шум на выходе приемной ЗС, требующееся для обеспечения коэффициента ошибок 10^{-7} и 10^{-3}

Структурная схема преобразователя скорости цифрового потока приведена на рисунке 2.4

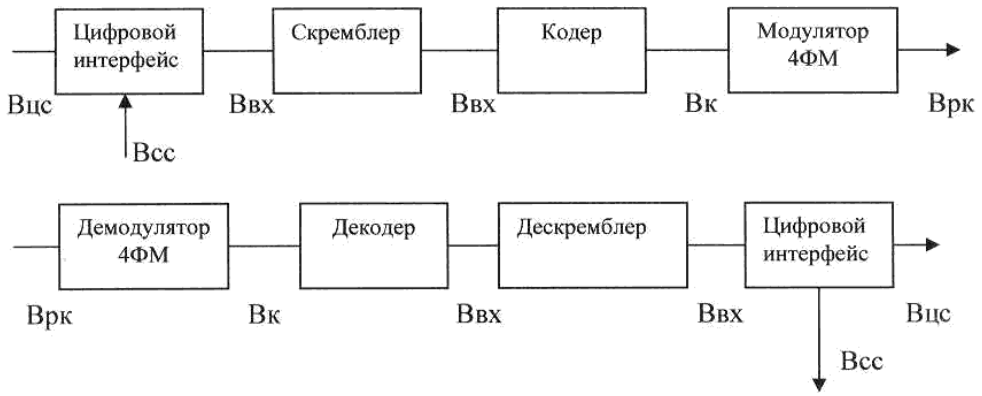


Рисунок 3.5 - Структурная схема преобразователя скорости цифрового потока

На рисунке применены следующие обозначения:
$B_{цс}$ – скорость входного информационного потока,
$B_{сс}$ – скорость цифрового потока канала служебной связи,
$B_{вх}$ – скорость входного потока,
$B_{к}$ – скорость кодированного цифрового потока,
$B_{рк}$ – результирующая скорость передачи в радиоканале.

Полоса, занимаемая сигналом, находится из выражения:

$$П_c = B_{рк} \cdot (1+\alpha),\ \text{Гц} \qquad (3.4)$$

где α - коэффициент скругления спектра.

Скорость передачи в радиоканале находится из соотношения:

$$B_{рк} = \frac{B_к}{\log_2 M}\ \text{бит/с}, \qquad (3.5)$$

где М= 4– коэффициент модуляции.

Скорость кодированного цифрового потока:

$$B_к = \frac{B_{вх}}{R}\ \text{бит/с}, \qquad (3.6)$$

Так как скорость передачи невысока (1024<1544 бит/с), то к сигналу не будут добавлены сигналы служебной связи (96 кбит/с).

Скорость кодированного цифрового потока:

$$B_к = \frac{1024}{3/4} = 1365{,}3\ \text{кбит/с}$$

Скорость передачи в радиоканале:

$$B_{рк} = \frac{1365{,}3}{\log_2 4} = 683{,}7\ \text{кбит/с}$$

Полоса, занимаемая сигналом:

$$П_c = 683{,}7 \cdot (1+0{,}3) = 889{,}8\ \text{кГц}$$

Полоса частот с учетом интервалов расфильтровки находится из выражения:

$$П_1 = (1{,}1...1{,}3) \cdot П_c\ \text{Гц}, \qquad (3.7)$$

$$П_1 = 1{,}2 \cdot 889{,}8 = 1067{,}8\ \text{кГц}$$

Рассчитаем соотношение несущая/шум для двух значений коэффициента ошибки -10^{-3} и 10^{-7}. Меньшее значение коэффициента ошибки соответствует условиям отсутствия осадков – «ясное небо» и является достоверным в период готовности в течение более 10% любого месяца. Значение 10^{-3} соответствует условиям наличия осадков – «ухудшение погоды» и является достоверным в период готовности в течение более 0,03% любого месяца.

При расчетах энергетики ССС полагают, что спектральная плотность мощности (СПМ) шумов и помех N_0 распределена равномерно в рабочей полосе частот. В связи с этим отношение несущая-шум определяется из следующих соотношений:

Отношение несущая-шум в полосе частот $П_c$:

$$Q = P_c / P_ш, \quad q = 10 \cdot \lg Q,\ \text{дБ} \quad P_ш = N_0 \cdot П_c. \qquad (3.8)$$

Отношение энергии несущей, приходящийся на один бит:

$$H = E_б / N_0, \quad h = 10 \cdot \lg H, \text{дБ} \quad E_б = P_c \cdot T_б, \; T_б = 1 / B_{вх}, \quad (3.9)$$

Отношение несущая-СПМ шума:

$$Q_f = P_c / N_0 \text{ Гц}, \qquad q_f = 10 \cdot \lg Q_f \text{ дБ}, \qquad (3.10)$$

В результате подстановки получаем:

$$q_f = h + 10 \cdot \lg B_{вх}, \quad q = q_f - 10 \cdot \lg П_c, \quad h = q + 10 \cdot \lg(P_c / B_{вх}). \quad (3.11)$$

Требуемое значение для обеспечения заданной достоверности h на входе демодулятора приемной ЗС определяется из таблицы 2.3. Данные приведены для модуляции 4ФМ, декодирования по алгоритму Витерби и учитывают погрешности аппаратурной реализации.

Таблица 3.1 – Зависимость достоверности на входе демодулятора приемной ЗС от скорости модуляции при различных коэффициентах ошибок

Коэффициент ошибок Кош	$h_{доп}$, дБ		
	R=1/2	R=3/4	R=7/8
10^{-3}	4.1	5.2	6.2
10^{-6}	6.0	7.5	8.6
10^{-7}	6.6	8.2	9.3
10^{-8}	7.1	8.7	10.2

Чтобы обеспечить требуемое отношение q_f в конце СЛС, состоящей из участка «вверх»(↑) и участка «вниз» (↓), необходимо учесть запас. На участке ↑ энергетический потенциал обеспечить легче, поэтому коэффициент энергетического запаса **а** на этом участке выбирают больше: **а**=5…10 (для расчета возьмем а=6), а на участке ↓ коэффициент энергетического запаса **в** рассчитывают из соотношения: **в**=**а**/(**а**-1) и распределяют требуемое отношение q_f по участкам:

$$q_f \uparrow = q_f + 10 \cdot \lg(a) \text{ дБГц}, \qquad (3.12)$$

$$q_f \downarrow = q_f + 10 \cdot \lg(в) \text{ дБГц},$$

Рассчитаем отношение несущая-СПМ шума для участков «вверх» и «вниз»:

При К=10^{-3} отношение энергии несущей, приходящиеся на один бит, берется из таблицы 4.1 и составляет h=5,2дБ. Тогда по формулам 2.16-2.18 рассчитаем требуемые параметры:

$$q_f = 5,2 + 10 \cdot \lg 1120 \cdot 10^3 = 65,7 \text{ дБГц},$$

$$q = 65,7 - 10 \cdot \lg 970,7 \cdot 10^3 = 5,8 \text{ дБ},$$
$$q_f \uparrow = 65,7 + 10 \cdot \lg(6) = 73,5 \text{ дБГц},$$
$$q_f \downarrow = 65,7 + 10 \cdot \lg(\frac{6}{5}) = 66,5 \text{ дБГц},$$

Полученные результаты сведем в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Значения отношение несущая-СПМ шума для участков «вверх» и «вниз

Коэффициент ошибок $К_{ош}$	R=3/4 $h_{доп}$, дБ	Q_f, дБ	q, дБГц	$q_f\uparrow$, дБГц	$q_f\downarrow$, дБГц
10^{-3}	5.2	65.7	5.8	73.5	66.5
10^{-7}	8.2	68.7	8.8	76.5	69.5

3.2.1 Рассчитаем максимально возможное количество несущих, передаваемых в одном стволе ретранслятора ССС и определим мощность передатчика КС на одну несущую в многосигнальном режиме. Выбрать подходящий ствол и передающую антенну, составить план частот для выбранного ствола. Выбрать конфигурацию сети.

Количество несущих, которое можно передать в одном стволе:

$$n = [\Pi_{ств} / \Pi_1], \tag{3.13}$$
$$n = [36 \cdot 10^6 / 1067,8 \cdot 10^3] = 33,$$

Мощность передатчика при многостанционном доступе с частотным разделением каналов мощность передатчика не должна превышать значения:

$$P_{1кс} = \frac{P_{п.кс.}}{n_{пот} \cdot k} \text{ Вт}, \tag{3.14}$$

где к – коэффициент недоиспользования мощности передатчика в многосигнальном режиме. (к=3..5)

$$P_{1кс} = \frac{34}{3 \cdot 4} = 2,8 \quad \text{Вт},$$

Диапазон частот, на котором работает СЛС - 14/11 ГГц. Этой частоте соответствует 12 ствол спутника «Экспресс»(рисунок 3.6). На рисунке 3.7 показана схема подключения стволов спутника к антеннам. Передающая антенна имеет диаграмму направленности не меньшую (5*5), чем антенна КС (0,9*3), что необходимо для организации многостанционного доступа.

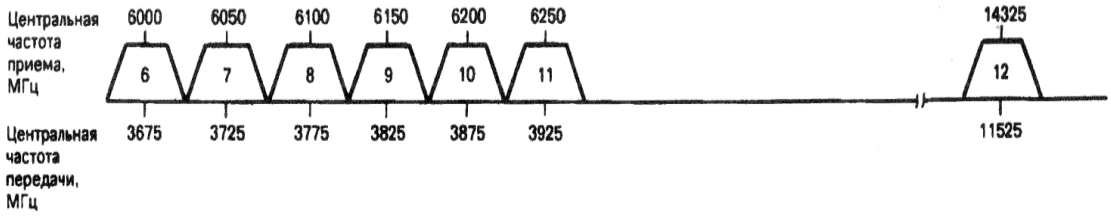


Рисунок 3.6 – Ствол спутника Экспресс

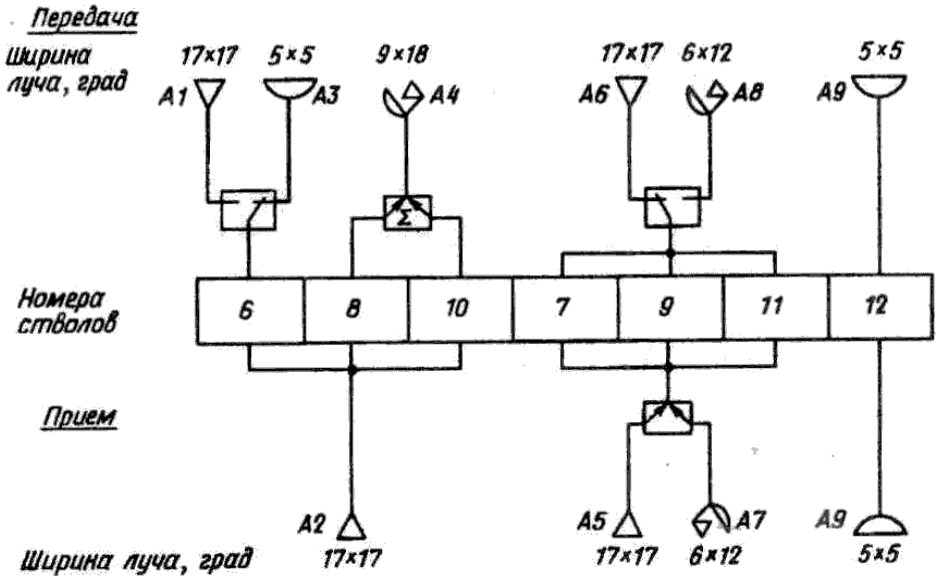


Рисунок 3.7 - Схема подключения стволов спутника к антеннам

Проведем расчет частотного плана:

$$П_c = 970,7 кГц$$

$$П_1 = 1067,8 кГц$$

$$\Delta f_{защ} = 1067,8 - 970,7 = 97,1 кГц$$

Проверим выполнение неравенства:

$$П_c \cdot n + (П_1 - П_c) \cdot (n+1) \le П_{ств}, \qquad (3.15)$$

$35,3 \le 36 МГц,$ - это соответствует оптимальному размещению несущих внутри ствола.

Частотный план изображен на рисунке 3.8.

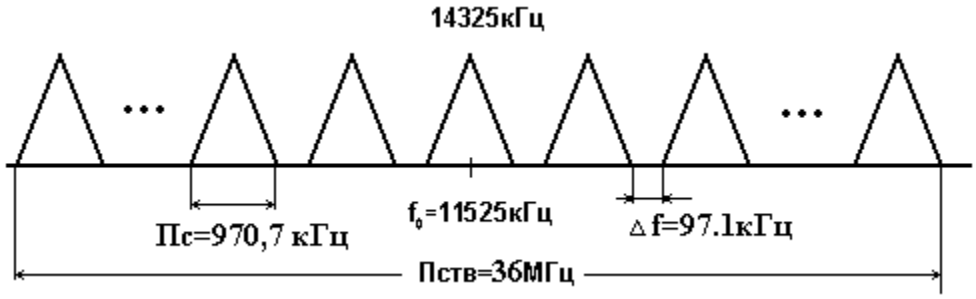


Рисунок 3.8 - Частотный план

3.3 Построение диаграммы уровней на участке «вверх» и «вниз» спутниковой линии

Расчет диаграммы уровней:

На участке «вверх» определим уровень мощности сигнала на входе приемника КС для пяти потоков, передаваемых каждой ЗС:

$$p_{с.вх.кс} = 10 \cdot \lg P_{цзс.п} - a_{ф.пд.пзс} + g_{пд.цзс} - L_{p\uparrow} + g_{пр.кс} - a_{ф.пр.кс} \text{ дБВт}, \quad (3.16)$$

Для

$$K_{ош} = 10^{-7} : p_{с.вх.кс} = 10 \cdot \lg 65,4 - 2 + 52,3 - 211,1 + 30 - 0,5 = -113,1 \text{ дБВт}$$

Для

$$K_{ош} = 10^{-3} : p_{с.вх.кс} = 10 \cdot \lg 32,7 - 2 + 52,3 - 211,1 + 30 - 0,5 = -116,2 \text{ дБВт}$$

Для определения отношения сигнал-шум рассчитаем уровень мощности шума на входе приемника КС:

$$p_{ш.вх.кс} = 10 \cdot \lg(\kappa \cdot T_{\Sigma кс} \cdot П_c) \text{ дБВт}, \quad (3.17)$$

$$p_{ш.вх.кс} = 10 \cdot \lg(1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 1465,5 \cdot 970,7 \cdot 10^3) = -137,1 \text{ дБВт},$$

$$q_{вх.кс} = p_{с.вх.кс} - p_{ш.вх.кс} \quad \text{дБ}, \quad (3.18)$$

Для

$$K_{ош} = 10^{-7} \qquad q_{вх.кс} = -113,1 + 137,1 = 24 \text{ дБ},$$

Для

$$K_{ош} = 10^{-3} \qquad q_{вх.кс} = -116,2 + 142,4 = 26,2 \text{ дБ},$$

Отношение сигна-шум на участке «вниз»:

$$p_{с.вх.хзс} = p_{кс.п} - a_{ф.пд.кс} + g_{п.кс} - L_{p\downarrow} + g_{пр.хзс} - a_{ф.пр.хзс} \quad \text{дБВт}, \quad (3.19)$$

Для

$$K_{ош} = 10^{-7} \quad p_{с.вх.хзс} = 9,24 - 1 + 40,7 - 210,7 + 37,3 - 0,5 = -124 \text{ дБВт},$$

Для

$$K_{ош} = 10^{-3} \quad p_{с.вх.хзс} = 9,24 - 1 + 40,7 - 210,7 + 34,3 - 0,5 = -127 \text{ дБВт},$$

$$p_{ш.вх.хзс} = 10 \cdot \lg(\kappa \cdot T_{\Sigma хзс} \cdot П_c) \text{ дБВт}, \quad (3.20)$$

$$p_{ш.вх.кс} = 10 \cdot \lg(1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 488,5 \cdot 970,7 \cdot 10^3) = -141,8 \text{ дБВт}$$

$$q_{вх.хзс} = p_{с.вх.хзс} - p_{ш.вх.хзс} \text{ дБ}, \qquad (3.21)$$

Для

$$K_{ош} = 10^{-7} \qquad q_{вх.хзс} = -125 + 141{,}8 = 16{,}8 \text{ дБ}$$

Для

$$K_{ош} = 10^{-3} \qquad q_{вх.хзс} = -127 + 141{,}8 = 14{,}8 \text{ дБ}$$

Далее рассчитаем результирующее отношение сигнал-шум:

$$Q_{вх.кс} = 10^{0{,}1 \cdot q_{вх.кс}} \qquad Q_{вх.хзс} = 10^{0{,}1 \cdot q_{вх.хзс}} \qquad (3.22)$$

Для

$$K_{ош} = 10^{-7} \qquad Q_{вх.кс} = 10^{0{,}1 \cdot 24} = 251{,}2 \qquad Q_{вх.хзс} = 10^{0{,}1 \cdot 16{,}8} = 39{,}8$$

Для

$$K_{ош} = 10^{-3} \qquad Q_{вх.кс} = 10^{0{,}1 \cdot 26{,}2} = 398{,}1 \qquad Q_{вх.хзс} = 10^{0{,}1 \cdot 14{,}8} = 25$$

Результирующее отношение:

$$Q_{вх} = \frac{Q_{вх.кс} \cdot Q_{вх.хзс}}{Q_{вх.кс} + Q_{вх.хзс}}, \qquad (3.23)$$

Для

$$K_{ош} = 10^{-7} \qquad Q_{вх} = \frac{251{,}2 \cdot 39{,}8}{251{,}2 + 39{,}8} = 34{,}4,$$

Для

$$K_{ош} = 10^{-3} \qquad Q_{вх} = \frac{398{,}1 \cdot 25}{398{,}1 + 25} = 23{,}5,$$

в децибелах:

$$q_{вх} = 10 \cdot \log Q_{вх} \text{ дБ}, \qquad (3.24)$$

Для

$$K_{ош} = 10^{-7} \qquad q_{вх} = 10 \cdot \log 34{,}4 = 15{,}4 \text{ дБ},$$

Для

$$K_{ош} = 10^{-3} \qquad q_{вх} = 10 \cdot \log 23{,}5 = 12{,}7 \text{ дБ},$$

Далее найдем значение $q_{вх}{}^{0}$, которое учитывает наличие только тепловых шумов:

$$q_{вх}{}^{0} = q_{вх} - \Delta q_{вх} \text{ дБ}, \qquad (3.25)$$

где $\Delta q_{вх}$=2..5 дБ – энергетический запас на неидеальность тракта распространения сигнала:

для

$$K_{ош} = 10^{-7} \quad q_{вх}{}^{0} = 10{,}4 \text{ дБ, а для } K_{ош} = 10^{-3} \quad q_{вх}{}^{0} = 7{,}7 \text{ дБ}$$

По рисунку 3.9 определим вероятность ошибки в тракте.

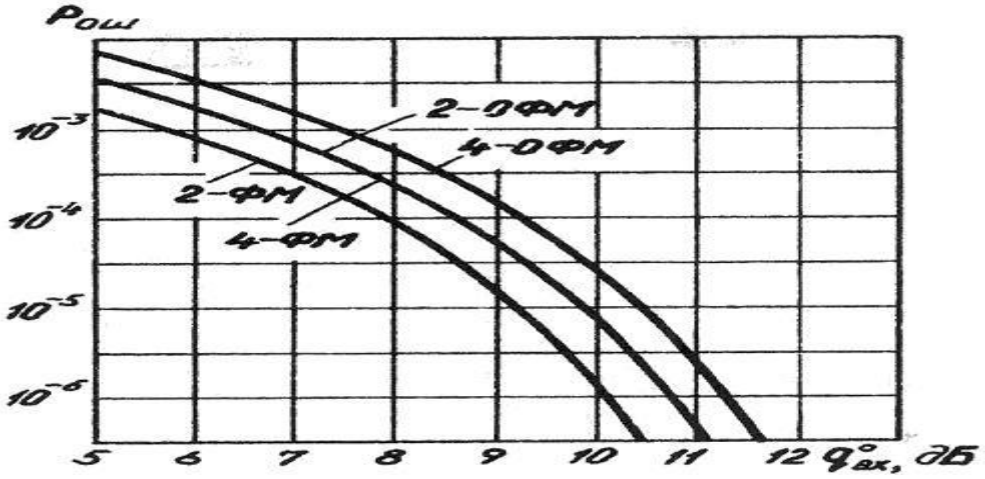


Рисунок 3.9 – Кривые помехоустойчивости идеального приема цифровых сигналов

Она соответствует заданным и составляет $K_{ош} = 10^{-3}$ и $K_{ош} = 10^{-7}$. Диаграмма уровней представлена на рисунке 310. На ней показано:
участок «вверх»:

точка 1 $p_{цзс.п} = 18,2$ дБВт,

точка 2 $p_{цзс.п} - a_{ф.пд.пзс} = 16,2$ дБВт,

точка 3 $p_{цзс.п} - a_{ф.пд.пзс} + g_{п.цзс} = 68,5$ дБВт,

точка 4 $p_{цзс.п} - a_{ф.пд.пзс} + g_{п.цзс} - L_{p\uparrow} = -142,6$ дБВт,

точка 5 $p_{цзс.п} - a_{ф.пд.пзс} + g_{п.цзс} - L_{p\uparrow} + g_{пр.кс} = -112,6$ дБВт,

точка 6 $p_{цзс.п} - a_{ф.пд.пзс} + g_{п.цзс} - L_{p\uparrow} + g_{пр.кс} - a_{ф.пр.кс} = -113,1$ дБВт,

- участок «вниз»:

точка 7 $p_{кс.п} = 9,24$ дБВт,

точка 8 $p_{кс.п} - a_{ф.пд.кс} = 8,24$ дБВт,

точка 9 $p_{кс.п} - a_{ф.пд.кс} + g_{п.кс} = 49$ дБВт,

точка 10 $p_{кс.п} - a_{ф.пд.кс} + g_{п.кс} - L_{p\downarrow} = -161,8$ дБВт,

точка 11 $p_{кс.п} - a_{ф.пд.кс} + g_{п.кс} - L_{p\downarrow} + g_{пр.хзс} = -124,5$ дБВт,

точка 12 $p_{кс.п} - a_{ф.пд.кс} + g_{п.кс} - L_{p\downarrow} + g_{пр.хзс} - a_{ф.пр.хзс} = -124$ дБВт.

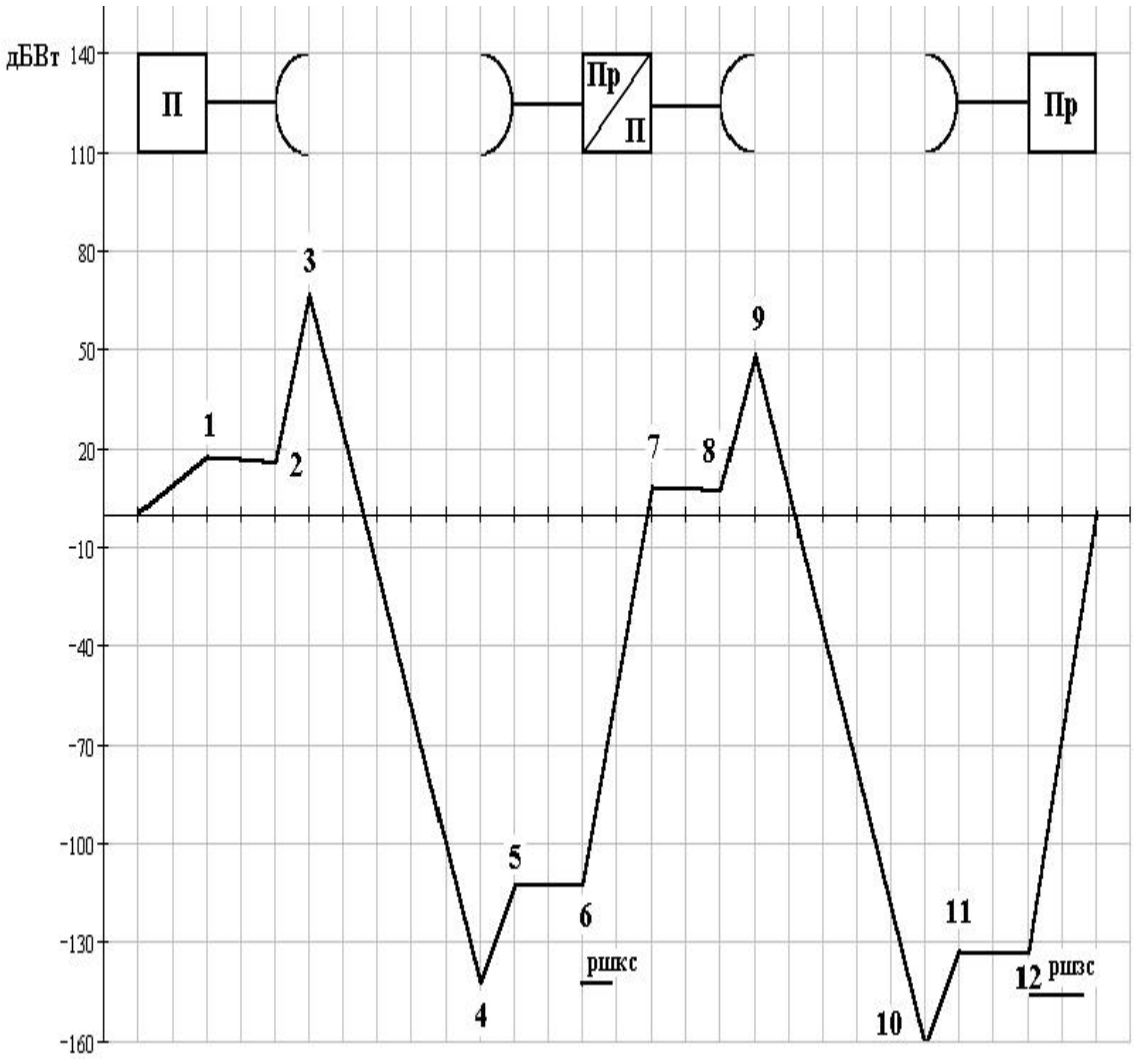


Рисунок 3.10 – Диаграмма уровней

3.4 Оценка мешающего воздействия электрического эха

Эффект электрического эха традиционно считается не самым удобным фактором с точки зрения описания и оценки степени мешающего воздействия.

Изначально степень мешающего воздействия токов электрического эха было принято оценивать минимальным затуханием эхосигналов, при котором их мешающее воздействие можно считать допустимым. Позднее затухание трансформировалось в эквивалент затухания по громкости, а еще позднее - в скорректированный эквивалент затухания, учитывающий разницу в восприятии громкости обычных звуков и эхосигналов. Параллельно проводились исследования по оценке степени мешающего воздействия эффекта электрического эха по различным субъективным критериям с использованием методов мнений (MOS), заметности, затруднений и др. Многочисленные результаты проведенных исследований легли в основу так называемой Е-модели, в рамках которой в декабре 1998 г. МСЭ ввел в обращение понятие показателя качества телефонной передачи R с акцентом на ее диалоговый характер (conversational

quality), учитывающего совместное воздействие на качество основной группы мешающих факторов, в том числе эхосигналов.

Е-модель была разработана для проектировщиков как инструмент прогнозирования качества телефонной передачи на вновь строящихся сетях. Основные соотношения Е-модели базируются на эмпирических зависимостях и претендуют на адекватность учета показателем *R* мешающего воздействия отдельных факторов в их взаимном влиянии.

Так, уровень шума в канале, с одной стороны, рассматривается как самостоятельный мешающий фактор. В то же время в соотношениях, описывающих мешающее воздействие эффекта электрического эха, учитывается положительный вклад его маскирующего действия на восприятие эхо-сигналов.

Показатель *R,* значение которого может варьироваться в пределах от 0 до 100, при необходимости может быть пересчитан в баллы абонентской оценки MOS по методу мнений:

- $90 < R < 100$ — отличное (best);
- $80 < R < 90$ — хорошее (high);
- $70 < R < 80$ — посредственное (medium);
- $60 < R < 70$ — низкое (low);
- $R < 60$ — плохое (poor) или неудовлетворительное.

Цель моей работы - попытка использовать возможности и свойства показателя *R,* обобщившего накопленный специалистами опыт исследования эффекта электрического эха, для сравнительной оценки степени мешающего воздействия эхосигналов на говорящего и слушающего абонентов.

Значение *R* может быть вычислено в виде:

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_e + A, \qquad (3.26)$$

где R_0- исходное значение показателя качества, характеризующее только отношение сигнал/шум в телефонном канале;

I_s- показатель, характеризующий снижение качества телефонной передачи, вызванное влиянием факторов, проявляющихся в той или иной степени синхронно с речевыми сигналами, таких, как искажения (шум) квантования, неоптимальный уровень местного эффекта, низкий уровень громкости;

I_d - показатель, характеризующий мешающее воздействие факторов, связанных с задержкой распространения сигналов, в том числе эхосигналов, на говорящего и слушающего абонентов;

1_e - показатель, учитывающий использование в соединении дополнительного оборудования, допускающего заметное для абонентов ухудшение качества передачи речи, главным образом, оборудования статистического и интерполяционного сжатия речевых сигналов;

A -показатель, позволяющий учесть положительный эффект от предоставления дополнительных возможностей (таких, как мобильность соединения, связь с труднодоступными районами, многосторонний разговор и др.), компенсирующих для абонента снижение качества телефонной передачи, вызванное другими факторами.

Показатель I_d, описываемый выражением

$$I_d = I_{dte} + I_{dle} + I_{dd}, \qquad (3.27)$$

где I_{dte}- показатель, характеризующий мешающее воздействие эхосигналов на говорящего абонента (эха говорящего);

I_{dle}- показатель, характеризующий мешающее воздействие эхосигналов на слушающего абонента (эха слушающего);

I_{dd}- показатель, характеризующий мешающее действие «чистой» задержки), обеспечивает возможность линейного эквивалентного независимого учета вклада мешающего воздействия эхосигналов на говорящего и слушающего абонентов в общее значение показателя *R*.

Таким образом, показатели I_{dte} и I_{dle} могут служить базой для сравнительного анализа мешающего воздействия эха говорящего и эха слушающего.

Поскольку МСЭ призывает к осторожности использования оценок, полученных с помощью Е-модели (мотивируя это возможным нарушением свойства аддитивности воздействия отдельных мешающих факторов), при проведении исследования принимаются следующие ограничения:

$$T_r = 2T;\ T_a = T, \qquad (3.28)$$

где *T* -среднее время распространения сигнала в одном направлении от говорящего абонента до точки отражения;

T_a- абсолютное время распространения сигнала между абонентами;

T_r- задержка сигнала по петле, образованной каналом ТЧ и двумя эхотрактами.

Эти ограничения выводят за рамки исследования концевую задержку сигнала в эхотракте.

Кроме того, принимаются равными значения взвешенного затухания эхотрактов на разных концах канала:

$$WEPL = -20\lg\left[\frac{1}{3200}\int_{200}^{3400} 10^{-\frac{ELP(f)}{20}} df\right], \qquad (3.29)$$

где *ELP (f)* - частотная характеристика переходного затухания оконечной дифференциальной системы канала (или ее эквивалента).

В результате принятия рекомендованных значений ряда факторов и использования математических упрощений выражения для исследуемых показателей приведены к виду:

$$I_{dte} = \left[\frac{R_{0e} - R_e}{2} + \sqrt{\frac{(R_{0e} - R_e)^2}{4} + 100} - 1 \right] (1 - e^{-T}), \qquad (3.30)$$

R_{0e} = -1,5(N_0 – RLR);

RLR = +2дБ - показатель громкости приема телефонного аппарата (ТА);

$$N_0 = 10\lg\left[10^{\frac{N_c}{10}} + 10^{\frac{N_{0s}}{10}} + 10^{\frac{N_{0r}}{10}} + 10^{\frac{N_{f0}}{10}} \right]; \quad (4.30)$$

N_c = -70 дБ - шум телефонного канала;

N_{0s} - шум помещения говорящего абонента в телефонном канале;

$$N_{0s} = P_s - SLR - 100 + 0{,}008(P_s - SLR - RLR - 14)^2; \qquad (3.31)$$

SLR = +8 дБ – показатель громкости передачи ТА;

P_s = 35 дБ - уровень шума в помещении говорящего абонента;

N_{0r} - шум помещения слушающего абонента, пересчитанный в точку нулевого относительного уровня;

$$N_{0r} = RLR - 121 + P_{re} + 0{,}008(P_{re} - 35)^2; \qquad (3.32)$$

P_{re} - эффективный уровень шума помещения слушающего абонента.

$$P_{re} = P_r + 10\lg\left[1 + 10^{(10 - LSTR)/10}\right]; \qquad (3.33)$$

LSTR = 18 дБ – затухание местного эффекта;

P_r = 35 дБ - уровень шума в помещении слушающего абонента;

N_{f0} = -64 + RLR - уровень шума канала на приемной стороне;

$$R_e = 80 + 2{,}5(TERV - 14); \qquad (3.34)$$

$$TERV = TELR - 40\lg\frac{1 + \frac{T}{10}}{1 + \frac{T}{150}} + 6e^{-0{,}3T^2}; \qquad (3.35)$$

TELR = SLR + RLR + WELP – показатель громкости эхосигнала для говорящего абонента;

$$I_{dle} = \frac{R_0 - R_{le}}{2} + \sqrt{\frac{(R_0 - R_{le})^2}{4} + 169}; \qquad (3.36)$$

$$R_0 = 15 - 1{,}5(SLR + N_0); \qquad (3.37)$$

$$R_{le} = 10{,}5(WEPL + 7)(2T + 1)^{-0{,}25}. \qquad (3.38)$$

Приведенные выражения описывают нормальные условия ведения разговора, при которых эхосигналы слушающего абонента обычно затухают в большей степени, чем эхосигналы говорящего абонента.

Сравнительная оценка степени мешающего воздействия эхосигналов на говорящего и на слушающего абонентов требует приведения условий их восприятия к каким-либо единым критериям. С этой целью были проведены исследования для двух вариантов условий восприятия.

Первый вариант заключается в приведении эхо сигналов для говорящего и слушающего абонентов к одинаковому уровню громкости. Нетрудно показать, что при номинальной диаграмме уровней канала в оговоренных ограничениях значение разности между уровнями эхосигналов говорящего и слушающего абонентов

$$\Delta P = WEPL. \qquad (3.39)$$

При проведении исследований значение ΔP учитывается для выравнивания уровней эхосигналов в телефонах говорящего и слушающего абонентов в выражениях для *TELR:*

$$TELR = SLR + RLR + WEPL + \Delta P. \qquad (3.40)$$

Второй вариант заключается в обеспечении одинаковых значений затуханий эхосигналов по сравнению с полезным речевым сигналом. Значение разности затуханий эхосигналов говорящего и слушающего абонентов может быть определено в соответствии с выражением:

$$\Delta A = WEPL - A_г. \qquad (3.41)$$

где $A_г$– значение остаточного затухания.

ΔA аналогичным образом учитывается при в выражении для *TELR:*

$$TELR = SLR + RLR + WEPL + \Delta A. \qquad (3.42)$$

Анализ результатов проведенных исследований дает основание сформулировать следующие выводы:

1. При любых равных уровнях громкости эхосигналы оказывают более сильное мешающее воздействие на слушающего абонента, чем на говорящего, если время распространения сигнала в одном направлении не превышает 30 мс. Этот вывод иллюстрируется представленной на рисунке 3.11 зависимостью показателей I_{dte}и I_{dle} от затухания *WEPL* при Т = 30 мс.

2. При *T* >30 мс всегда можно определить такое значение затухания *WEPL,* при котором эхосигналы равного уровня оказывают одинаковое воздействие на говорящего и слушающего абонентов.

3. Чем выше уровень эхосигнала, тем более заметное мешающее воздействие оказывает он на говорящего абонента по сравнению со слушающим, что иллюстрируется приведенной на рисунке 3.12 зависимостью показателей I_{dte}и I_{dle} от WEPL при *T* = 150 мс.

4. В диапазоне значений от 30 до 200 мс время распространения Т оказывает значительное влияние на разницу в восприятии эхосигналов говорящим и слушающим абонентом; с дальнейшим увеличением времени распространения его влияние постепенно нивелируется. Так, на рисунке 3.13 приведены зависимости показателей I_{dte}и I_{dle} от WEPL для двух значений времени распространения: 25 и 300 мс, а на рисунке 3.14 - для 250 и 300 мс. Аналогичная зависимость для *T* = 400 мс практически совпадает с зависимостью для Т = 300 мс.

5. Результаты, полученные для одинаковых значений затухания эхосигналов по отношению к полезному сигналу, не меняют качественной картины влияния эффекта электрического эха на говорящего и слушающего абонентов. Зависимости, аналогичные приведенным на рисунке 3.15 и рисунке 3.16, полученные при равенстве затуханий, показаны на рисунке 3.17 и рисунке 3.18 соответственно.

Результаты проведенного исследования являются еще одним доказательством наличия эхокомпенсационного механизма в слуховом восприятии человека. Так, эхокомпенсатор, рассчитанный на уверенное подавление эхосигналов, задержка которых может меняться в диапазоне от 0 до 25 мс, обеспечит снижение их мешающего воздействия по отношению к некомпенсируемому эхосигналу слушающего абонента в соответствии с рисунке 6.1. Необходимость привлечения мозгом дополнительных ресурсов для подавления эхосигналов, приходящих с большей задержкой, объясняет наличие зависимости в разнице восприятия эхосигналов говорящим и слушающим абонентом в диапазоне времени распространения от 30 до 200 мс.

Снижение и дальнейшее практически полное исчезновение такой зависимости при *T* >300 мс может быть объяснено исчерпанием дополнительных ресурсов, которые могут быть использованы мозгом для целей компенсации восприятия собственной речи. При этом эхо остается неподавленным, его мешающее воздействие стабилизируется и приближается к мешающему воздействию эха слушающего.

Расчёт параметров сети VoIP рассчитаны с применеием Маткаде.

$$n := \frac{1}{20 \cdot 10^{-3}} = 50$$

$$V := \frac{64 \cdot 10^{3}}{8} = 8 \times 10^{3}$$

$$h := 8 \cdot 10^{3} \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 160$$

$$hñóìì := 160 + 8 + 12 + 20 = 200$$

$$Nï := 50 \cdot 30 \cdot 10 \cdot 480 = 7.2 \times 10^{6}$$

$$\tau := \frac{1}{8278 + \frac{1 + 0.2}{2 \cdot 0.005}} = 1.191 \times 10^{-4}$$

$$\beta := \frac{1}{\tau} = 8.398 \times 10^{3}$$

$$\rho := 8278 \tau = 0.986$$

$$\tau 2 := \frac{\rho \cdot 0.5}{8278} = 5.954 \times 10^{-5}$$

$$\beta 2 := \frac{1}{\tau 2} = 1.68 \times 10^{4}$$

$$tad := \frac{\tau 2 \cdot (1 + 0.2)}{2 \cdot (1 - 8278 \tau 2)} = 7.044 \times 10^{-5}$$

$$\phi := \beta 2 \cdot 160 \cdot 8 = 2.15 \times 10^{7}$$

$$Nñåê := \frac{Nï}{3600} = 2 \times 10^{3}$$

$$\tau 3 := \frac{1}{Nñåê + \frac{1 + 0.2}{2 \cdot 0.005}} = 4.717 \times 10^{-4}$$

$$\rho 2 := Nñåê \cdot \tau 3 = 0.943$$

$$Nïîò := Nï \cdot 0.02 = 1.44 \times 10^{5}$$

$$Id := Idte + Idle + Idd$$

$$Tr := 2T$$

$$Ta := T$$

$$WEPL := -20\log\left(\frac{1\int_{200}^{3400} 10^{\frac{-ELP(f)}{20}}\,df}{3200}\right)$$

$$ELP(f) := 10\cdot f$$

$$Idte(WEPL) := \left[\sqrt{100 + \frac{(R0e - Re(WEPL))^2}{4}} - 1 + \left(\frac{R0e - Re(WEPL)}{2}\right)\right]\cdot\left(1 - e^{-T}\right)$$

$$R0e := -1.5(N0 - RLR)$$

$$RLR := 2$$

$$N0 := \log\left(10^{\frac{Nc}{10}} + 10^{\frac{N0s}{10}} + 10^{\frac{N0r}{10}} + 10^{\frac{Nf0}{10}}\right)$$

$$Nc := -70$$

$$N0s := Ps - SLR - 100 + 0.008(Ps - SLR - RLR - 14)^2$$

$$SLR := 8$$

$$Ps := 35$$

$$N0r := RLR - 121 + Pre + 0.008(Pre - 35)^2$$

$$Pre := Pr + 10\log\left[1 + 10^{\frac{(10-LSTR)}{10}}\right]$$

$$LSTR := 18$$

$$Pr := 35$$

$$Nf0 := -64 + RLR$$

$$Re(WEPL) := 80 + 2.5(TERV(WEPL) - 14)$$

$$TERV(WEPL) := TELR(WEPL) - 40\log\left(6e^{-0.3T^2} + \frac{1 + \frac{T}{10}}{1 + \frac{T}{150}}\right)$$

$$TELR := SLR + RLR + WEPL$$

$$Idle(WEPL) := \sqrt{169 + \frac{(R0 - Rle(WEPL))^2}{4}} + \frac{R0 - Rle(WEPL)}{2}$$

$$R0 := 15 - 1.5(SLR + N0)$$

$$Rle(WEPL) := 10.5(WEPL + 7)(2T + 1)^{-0.25}$$

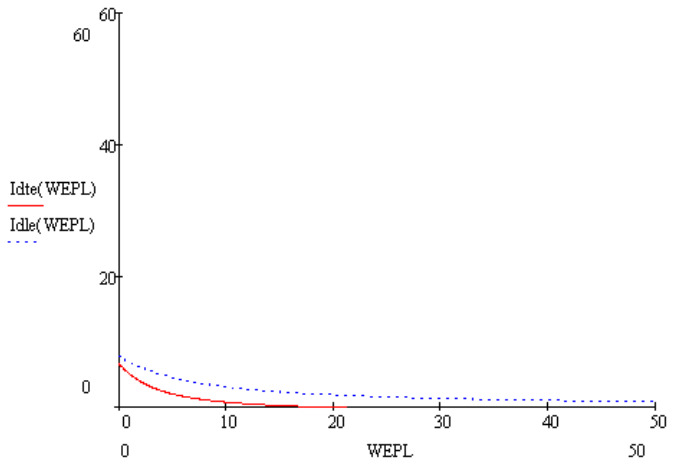


Рисунок 3.11

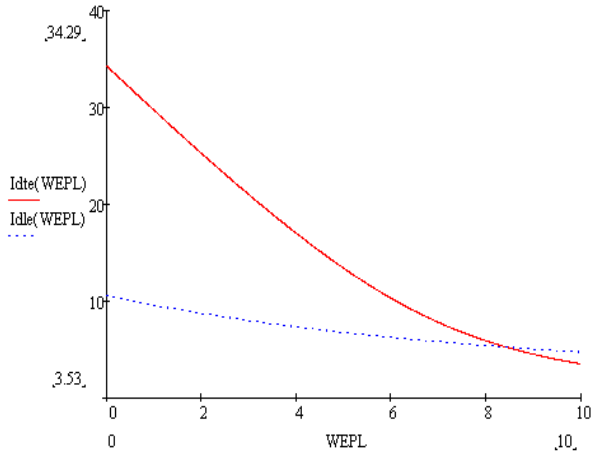


Рисунок 3.12

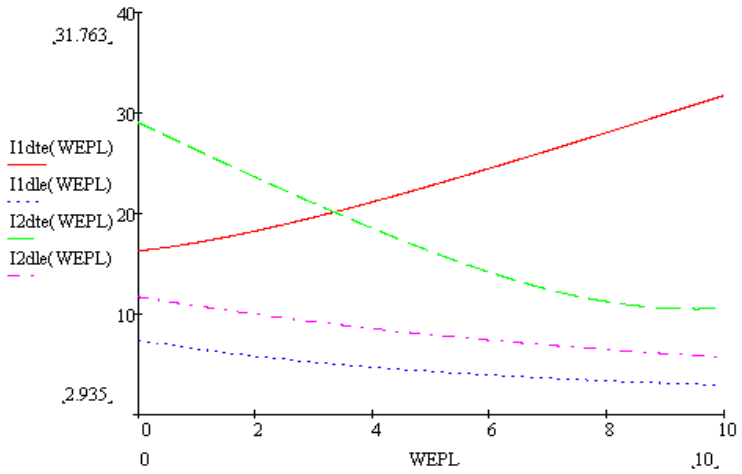


Рисунок 3.14

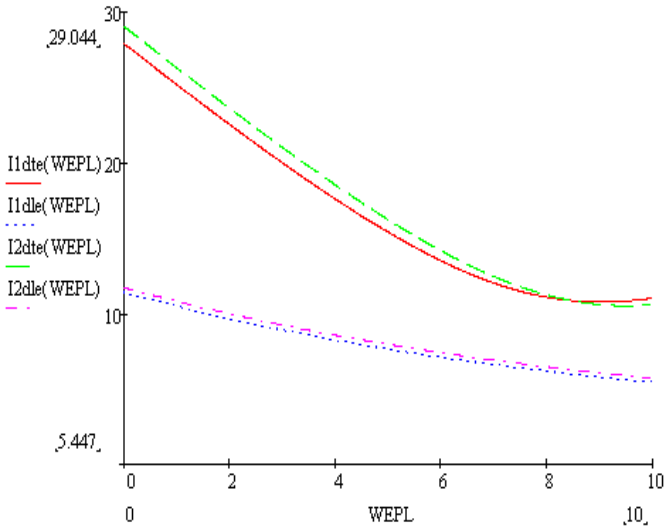


Рисунок 3.15

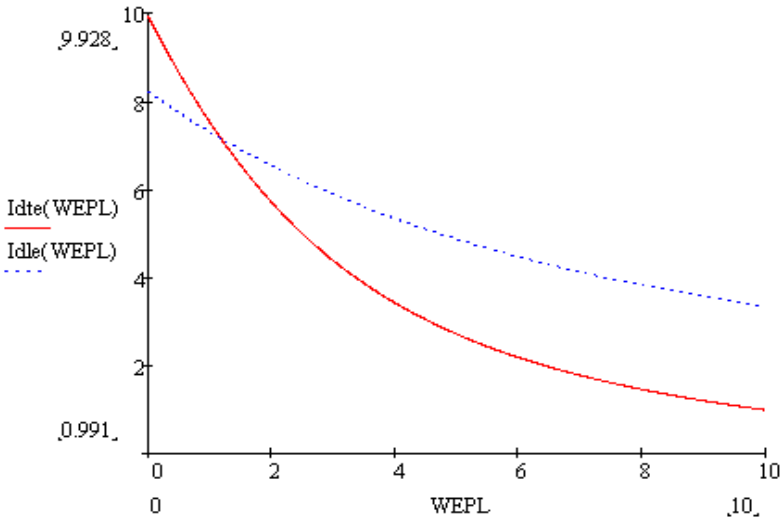


Рисунок 3.16

$T := 60$

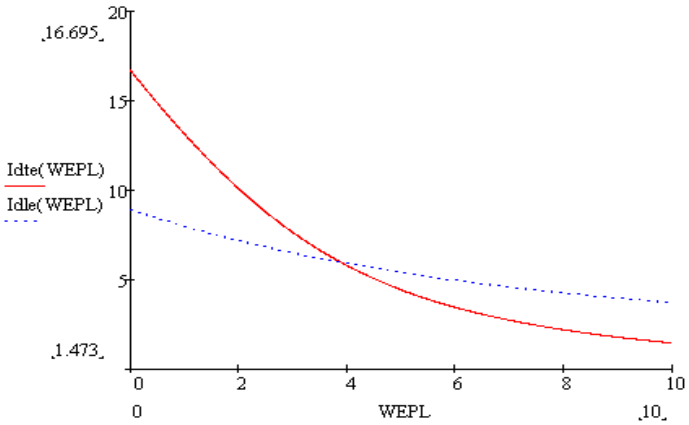


Рисунок 3.17

4 Безопасность жизнедеятельности

4.1 Анализ условий труда

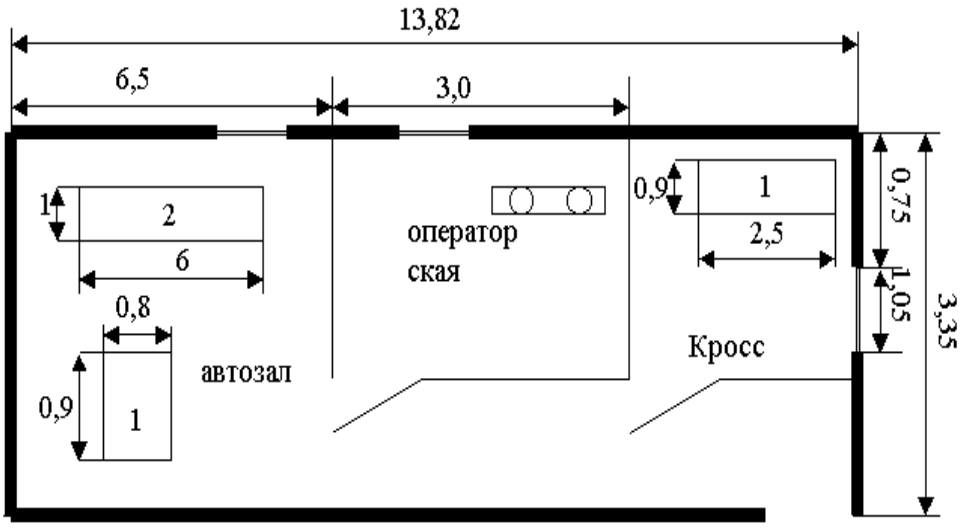
Для обеспечения работы спутниковой системы, объединяющих базовую станцию сотовой связи с контроллером базовых станций необходима ее установка непосредственно вблизи оборудования сотовой связи.

Базовая станция сотовой связи представляет собой объект, в котором не предусмотрено длительное нахождение человека и поэтому все условия специально созданы для обеспечения нормального функционирования оборудования связи.

Контроллер базовых станции располагается в центре коммутации мобильной связи, который в свою очередь располагается в специально предназначенном для этого здании.

Центр коммутации мобильной связи представляет собой структуру, состоящую из разных звеньев, у каждого из которых есть свои функции. Центральным звеном является Система коммутаций, которая представляет собой комплекс, состоящий из автозала, операторской и кросса.

В автозале находится основное оборудование, обеспечивающее работу всей сети в целом. Операторская предназначена для организации рабочего места операторов. Кросс предназначен для организации распределения кабельной системы, обрахованных наземными, радиорелейными и спутниковыми линиями связи. Схема центра коммутации мобильной связи представлена на рисунке 4.1.



1- Контроллер базовых станций 2 – Система коммутаций

Рисунок 4.1 - Центр коммутации мобильной связи

Оборудования находящиеся в автозале не представляет никакой опасности для здоровья человека, так не имеет прямого контакта с кабельной системой. При выходе из строи какой либо части схемы оборудования

срабатывает система оповещения, интегрированная на программном уровне в ЭВМ оператора. Полностью исключена возможность возгорания в автозале, так как оборудование расположено на достаточной дистанции друг от друга.

Опасность представляет собой кросс, так как в случае невнимательности обслуживающего персонала при анализе характеристик волноводного тракта есть вероятность того, что фидер не будет закреплен достаточно плотно, в связи с этим возможно появление сильного излучения, которое очень неблагоприятно может сказаться на здоровье находящихся рядом людей вплоть до появления различных опухолей. Так же возможна поломка как крепящего устройства, так и самого фидера, что тоже может привести к сильному излучению. Для предотвращения подобных ситуаций целесообразно проверять состояние системы как визуально, так и используя специальные антенные тестеры для систем беспроводной связи протокола PCL, такие как BIRD SITE ANALYZER модельного ряда SA-2000, SA-2000A, SA-2500A (780 – 2500 МГц), SA-4000A (25 МГц – 4 ГГц) – предназначен для обслуживания и эксплуатации антенно-фидерных линий связи любых стандартов, включая GSM, AMPS, CDMA.

Также очень вредным фактором является попадание под излучение спутниковой антенны. Соответственно чем больше мощность передатчика, тем больше мощность излучения и тем вреднее находиться под ним. Центр коммутации мобильной связи оснащается большей антенной нежели удаленная базовая станция сотовой связи. Для доступа к спутниковой антенне и ее обслуживания допускается только специально обученный персонал.

Очень важно уделить внимание организации рабочего места оператора и его взаимодействие с ЭВМ

4.1.1 Оптимальные условия труда в системе «человек-машина. Изучением и проектированием системного взаимодействия человека (групп людей) в процессе труда с техническими средствами, предметами деятельности и внешней средой занимается отрасль знаний, именуемая *эргономикой*[1].

В терминологическом аппарате эргономики употребляют более сокращенное наименование такого рода систем – система «*человек – машина*» (СЧМ), под которой понимается система, состоящая из человека – оператора (группы операторов) и машины, посредством которой он (они) осуществляют трудовую деятельность.

При разработки систем и устройств связи к ним предъявляется определенные требования (к размерам , цвету , форме), так как эти параметры влияют на эффективность деятельности взаимодействующего с ними человека. Такие требования имеют обобщенные названия эргономических, т.е. обусловленных эргономическими свойствами человека, они устанавливаются с целью оптимизации его деятельности.

Помимо стрелочной в СОИ СЧМ связи широко используется знаковая информация в виде буквенных , цифровых и другого рода символов.

Доминирующее значение при решении задач восприятия знаковой информации имеют контур и сложность знака [10].

4.1.2 Планирование рабочего места оператора. При конструировании рабочего места оператора созданы следующие условия: достаточное рабочее пространство для работающего человека, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения при эксплуатации и техническом обслуживании оборудования; достаточные физические, зрительные и слуховые связи между работающим человеком и оборудованием, а также между людьми в процессе выполнения общей трудовой задачи; оптимальное размещение рабочих мест в производственных помещениях, а также безопасные и достаточные проходы для работающих людей; необходимое естественное и искусственное освещение для выполнения трудовых задач, технического обслуживания.

На рабочем месте оператора используем:

- средства отображения информации (дисплей);
- средства ввода информации (клавиатура, различные манипуляторы);
- средства связи и передачи информации (телефонный аппарат, модем);
- средства документирования и хранения информации (принтеры, дисковые накопители);
- вспомогательное оборудование.

Рабочее место оператора организовано следующим образом. Дисплей оборудован поворотной площадкой, позволяющей перемещать его в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Дисплей разместим на столе так, чтобы расстояние наблюдения информации на экране было в пределах 450-500 мм. Экран дисплея расположим так, чтобы угол между нормалью к центру экрана и горизонтальной линией взгляда составлял 20 градусов. Клавиатуру расположим на столе или подставке так, чтобы высота клавиатуры по отношению к полу составляла 650-800 мм, наклон клавиатуры сделаем в пределах 5-10 градусов. При размещении компьютера на стандартном столе используем кресло с регулируемой высотой сиденья (от 380 до 450-500 мм) и подставку для ног [10].

Средства документирования расположены справа от оператора в зоне максимальной досягаемости, а средства связи – слева, чтобы освободить правую руку для записей.

Деятельность оператора имеет сложную структуру, меняющуюся в процессе функционирования, и связана с необходимостью получения и реализации информации. В общем случае деятельность оператора складывается из четырёх основных этапов: ввод, запрос, приём информации, обработка данных.

Деятельность оператора при приёме информации связана с восприятием информации о состоянии объекта управления и внешней среды, а его действия заключаются в обнаружении, выделении познании сигналов. При обработке данных, деятельность оператора направлена на анализ обобщение

поступающей информации, сопоставление требуемого и текущего состояния системы. На этом этапе выполняются действия, связанные с запоминанием извлечением из памяти и декодированием информации. Таким образом, на этих двух этапах деятельность оператора связана с восприятием информационной модели. Экран дисплея, документы и клавиатура располагаются так чтобы перепад яркостей поверхностей зависящий от расположения относительно источника света не превышал 1:10 (оптимальное значение 1:3).При нормальных значениях яркостей на экране 50-100 кг/м^2 освещённость документа составляет 300-500 лк. Яркость фона, обеспечивающая наивысшую остроту зрения, составляет 10^4 кг/м^2. При различии сложных объектов яркость составляет 300 кг/м^2. Резкое падение остроты зрения имеет место при яркости менее 10 кг/м^2. Максимальный допустимый перепад яркости в поле зрения операторов не превышает 1:100. Оптимальное соотношение 20:1между источником света и ближайшим окружением и 40:1между самым светлым и самым тёмным участком изображения.

При работе оператора с ограниченной подвижностью, рабочей зоной 380-500 мм, усилием H<50, малой статистической утомляемостью, более спокойном положении рук и возможностью выполнения более точной работы, рекомендуется работать сидя за пультом, с наклоном дисплея 60 градусов, с расстоянием: дисплея от пола 70 см., сидения от пола 45 см.

При работе с возможностью периодического изменения позы, усилением 50<H>100, рабочей зоной 500-700 мм, достаточно большом обзоре и зоне досягаемости, рекомендуется работать сидя-стоя (попеременно), с наклоном дисплея 45 градусов, расстоянием: дисплея от пола 100см., от пола до сидения 70 см., и подставкой для ног 25 см.

При работе большой свободной позы и движений, рабочей зоной 750 мм, усилием100<H>120, с большим обзором и для лучшего использования силы, рекомендуется работать стоя с наклоном дисплея 30 градусов и расстоянием от пола 100см.

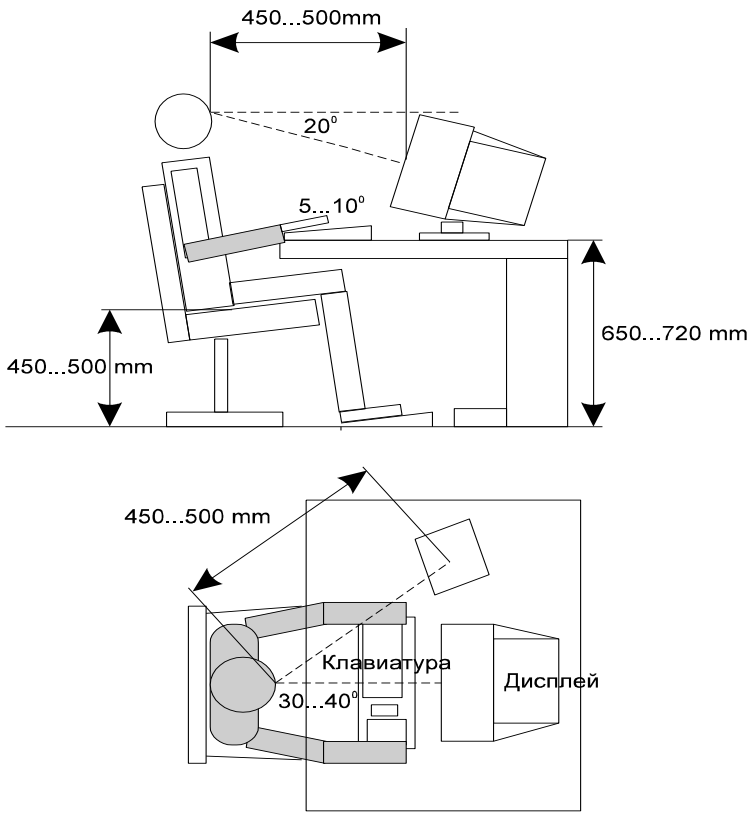


Рисунок 4.2 – Рабочее место оператора

4.1.3 Разработка молниезащиты антенн. По условиям размещения спутниковой сети, все станции находятся в малонаселенных и удаленных на большие расстояния друг от друга пунктах и областных центрах. В состав спутниковой станции входит небольшой блок (заменяющей собой сельскую телефонную станцию) и параболическая антенна. Размеры антенны: диаметр зеркала 1,8 м и максимальная высота вместе со станиной 3 м. Во многих населенных пунктах система спутниковой связи является единственным средством общения с внешним миром и любая техническая остановка может привести к непоправимым последствиям. Например природные катаклизмы такие как землетрясение, наводнение или пожары.Так как сама станция находится в помещении, то молниезащиту будем разрабатывать только для антенны.

Молния воздействует на антенны прямыми ударами (первичное воздействие), которые вызывают непосредственное повреждение и разрушение, и посредством явлений электромагнитной индукции (вторичное воздействие).

Электростатическая индукция заключается в том, что на наземных антеннах в результате изменений электрического поля грозового облака наводятся опасные электрические потенциалы, в результате чего возможно искрение между отдельными металлическими элементами конструкций и оборудования.

Для защиты антенн от прямых ударов молнии применяют молниеотводы, состоящие из молниеприемников, воспринимающих непосредственно на себя разряд молнии, заземлителей, служащих для отвода тока молнии в землю и токоотводов, соединяющих молниеприемники с заземлителями. По типу молниеприемника они подразделяются на стержневые, тросовые и комбинированные. Для своей молниезащиты антенны мы будем применять стержневые молниеотводы, так как антенна имеет небольшие габариты.

Молниеприемники стержневых молниеотводов устраиваются из стальных стержней различных величин и форм сечения с защитой от коррозии. Токоотводы выполним из стальной проволоки, сечением не менее 35 мм. Атак же используем в качестве токоотводов металлические конструкции защищаемых антенно-мачтовых сооружений.

Заземлители выполненены из стали, расположенные вертикально. Вертикальные – выполняются из стальных забиваемых стержней из угловой стали на глубину 0,6-0,7 м от верхнего конца. Забиваемые заземлители при этом выбираются длинной 2,5 – 3 м. Все соединения заземлителей как между собой, так и с токоотводами выполняются сваркой.

Молниеотвод имеет определенную зону защиты, под которой понимается часть пространства, примыкающая к молниеотводу, которая обеспечивает защиту антенны от прямых ударов молнии с определенной степенью надежности. Мы рассчитываем для зоны защиты А, степень надежности имеет знаечение быть не менее 99,5%.

4.1.4 Организационные меры безопасности при работе с источниками ЭМП. Электромагнитная энергия от промышленных до сверхвысоких частот (3Гц – 300ГГц) находит применение во всех областях науки и техники. Источниками излучения могут быть любые элементы, включенные в высокочастотную цепь.

Интенсивность облучения в этой зоне оценивается величиной плотности потока энергии, т. е. количеством энергии, падающей на единицу поверхности (Вт/м²).

4.1.4.1 Воздействие ЭМП на человека. Биологический эффект ЭМП зависит от диапазона частот, интенсивности и продолжительности облучения, характера излучения (непрерывное, модулированное) и режима облучения (постоянное, периодическое, кратковременное). Тепловое действие электромагнитного поля определяется повышением температуры тела, а также локальным избирательным нагревом тканей, органов, клеток вследствие перехода электромагнитной энергии в тепловую за счет диэлектрических потерь в них, возрастающих с увеличением частоты колебания тканей. Избыточная теплота отводится до известного предела путем увеличения нагрузки на механизм терморегуляции. Однако, начиная с некоторой величины, называемой тепловым порогом, организм не справляется с отводом теплоты и температура тела повышается (два электромагнитных полей в диапазоне частот 300 мГц – 300 ГГц интенсивность теплового порога

составляет 10 мВт/см². При воздействии СВЧ-излучений возможно развитие катаракты (помутнение хрусталика) как при кратковременном облучении, так и при длительном воздействии излучений невысоких уровней.

Длительное воздействие электромагнитных полей радиочастот нетермогенных интенсивностей (но выше предельно допустимых) вызывает нарушения со стороны нервной, сердечно-сосудистой систем, органов дыхания, пищеварения и некоторых биохимических показателей крови, причем проявление этих нарушений выражается различными признаками. На ранних стадиях воздействия фактора характерны жалобы на головную боль, повышенную утомляемость, раздражительность, нарушение сна, боли в области сердца. В дальнейшем отмечаются усиление возбудимости, снижение памяти, приступообразные головные боли, обморочные состояния, сжимающие боли в области сердца. В момент приступов наблюдается дрожь, побледнение или покраснение лица, резкая слабость, повышение температуры тела, подъем артериального давления.

4.2 Технические решения обеспечения безопасности жизнедеятельности

4.2.1 Расчет искусственного освещения в операторской комнате. При расчете искусственного освещения в операторской комнате использовано методическое указание [10-15].

Для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии крупных затеняющих предметов используем метод коэффициента использования.

Произведём расчёт искусственного освещения для комнаты техобслуживания.

Исходные данные:

- длина комнаты, L = 3,0 м;
- ширина комнаты, B = 2,25 м;
- высота комнаты, H = 2,8 м;
- заданная минимальная освещенность, E = 300 лк;
- коэффициент запаса, Кз = 1,5;
- площадь комнаты, S = 6,75 м²;
- коэффициент неравномерности освещения, Z = 1,2;
- световой поток, для ламп типа ЛД номинальной мощностью 65Вт, Фл = 3570 лм.

$$N = \frac{E \cdot K_З \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_Л \cdot \eta} \tag{4.1}$$

Таблица 4.2 – Исходные данные

E	заданная минимальная освещенность, для автозала согласно «Нормам освещенности рабочих мест», E = 200лк;
K	коэффициент запаса, при искусственном освещении газоразрядными лампами в автозале, Кз = 1,5;
S	освещаемая площадь, м²;
Z	коэффициент неравномерности освещения Z = 1,1÷1,2;
N	количество ламп в светильнике, равно единице;
Ф	световой поток, для ламп типа ЛД номинальной мощностью 65Вт, Фл = 3570 лм;
η	коэффициент использования.

В практике расчетов значение η находится из таблицы 4.2, связывающих геометрические параметры помещения (индекс помещения i) с их оптическими характеристиками (коэффициент отражения). Для нашего автозала $\rho_{пот}$ = 70%, $\rho_{ст}$= 50%, $\rho_{п}$=30%.

Индекс помещения i определяется:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \tag{4.2}$$

$$i = \frac{6{,}75}{2 \cdot (3 + 2{,}25)} = 0{,}64 \quad м,$$

Коэффициент использования η = 50%.

Количество люминесцентных ламп:

$$N = \frac{300 \cdot 1{,}5 \cdot 6{,}75 \cdot 1{,}2}{3570 \cdot 0{,}50} = 3 \quad лампы$$

При длине комнаты 3,0 м размещаем светильники в один ряд, с расстоянием между светильниками 1,0 м и с расстоянием от стены 1,125 м.

Схема расположения светильников в комнате техобслуживания показана на рисунке 4.3

Для искусственного освещения выбираем люминесцентные лампы типа ЛД которые обладают рядом достоинств: значительная световая отдача, продолжительный срок службы (до 10000 ч), благоприятный спектральный состав света, малая яркость светящихся поверхностей. Лампы широко применяются для освещения рабочих мест при выполнении точных работ.

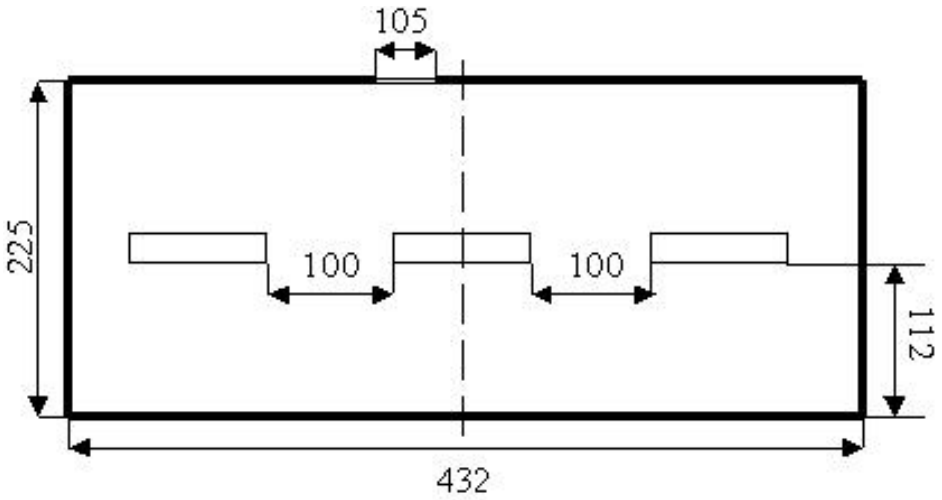


Рисунок 4.3 – Расположение светильников в комнате техобслуживания

Вывод: Для обеспечения оптимальной организации освещения в в комнате техобслуживания необходимо 3 лампы ЛД номинальной мощностью 65Вт с коэффициентом использования 50 %. Расстояние между светильниками 100 см.

4.2.2 Расчет системы кондиционирования. При расчете системы кондиционирования использовано методическое указание.

Поскольку от базовой станции выделяется тепло и рабочие температуры станции от 0°C до 44 ^{o}C [10-15] работа в автозале относится к работам средней тяжести, необходимо поддерживать среднегодовую температуру 23°C, путем установления в автозале кондиционера. Расчет воздухообмена в помещениях линейно-аппаратных залов, генераторных и др., где выделяется значительный избыток тепла, производится таким образом, чтобы определить количество воздуха, необходимое для охлаждения избытка тепла $Q_{изб}$. Для этого используется формула (4.2):

$$L = \frac{Q_{изб}}{C_{в}(t_{ух} - t_{вх}) * r_{в}} \tag{4.3}$$

где $C_{в}$=0,24 ккал/кг× град - теплоемкость воздуха;

$t_{ух}$ - температура уходящего воздуха;

$t_{вх}$ - температура поступающего воздуха;

$r_{в}$=1,206 кг/м^{3} - плотность воздуха.

Избыточное тепло находится по формуле (4.18):

$$Q_{изб}=Q_{об}+Q_{л}+Q_{р}-Q_{от}\ , \tag{4.4}$$

где $Q_{об}$ - тепло, выделяемое оборудованием;

$Q_{л}$ - тепло, выделяемое людьми;

$Q_{р}$ - тепло, вносимое солнечной радиацией;

$Q_{от}$ - теплоотдача в окружающую среду.

Для автозала значением $Q_л$ позволено пренебречь ($Q_л$=0), а значения $Q_р$ и $Q_{от}$ примерно равны, и в результате избыток тепла образуется только за счет тепла, выделяемого оборудованием: $Q_{изб}$=$Q_{об}$.

Значение $Q_{об}$ определяется из соотношения (4.6):

$$Q_{об}=860\times P_{об}\times n\ , \qquad (4.5)$$

где 860 - тепловой эквивалент 1 кВт/ч;

$P_{об}$ - потребляемая мощность (для оборудования BSC UMTS – 1 кВт/ч);

n - коэффициент перехода тепла в помещении (для автозала он составляет 0,95).

Определим значение $Q_{об}$:

$$Q_{об} = 860\times 1\times 0{,}95 = 817 \text{ ккал/ч.}$$

По формуле (6.9) найдем количество воздуха, которое нужно будет охладить в данном помещения [10-15]:

$$Qн = \frac{Qu}{Vn}, \qquad (4.6)$$

где Vn – объем помещения автозала – 27 м^3;

$$Qн = \frac{817}{27} = 10{,}259\ ккал/ч\ ,$$

Отсюда, количество воздуха, которое необходимо удалить из помещения: для автозала величина t при расчетах выбирается в зависимости от теплонапряженности воздуха - если теплонапряженность воздуха Qн < 20 ккал/ч, то принимаем t =6С^o, а при Qн >20 t = 8С^o и расчет произведем по формуле (4.5)

$$Lв = \frac{817}{0{,}24\times(29-23)\times 1{,}206} = 470{,}45\ м^3/ч\ ,$$

Кратностью воздухообмена К называется отношение количества воздуха, поступающего в помещение за один час к объему помещения $V_п$ (в автозале аппаратуры BSC UMTS – 27 м^3). Исходя из этого, найдем кратность воздухообмена:

$$E = \frac{470{,}45}{27} = 17.41\ ч^{-1}$$

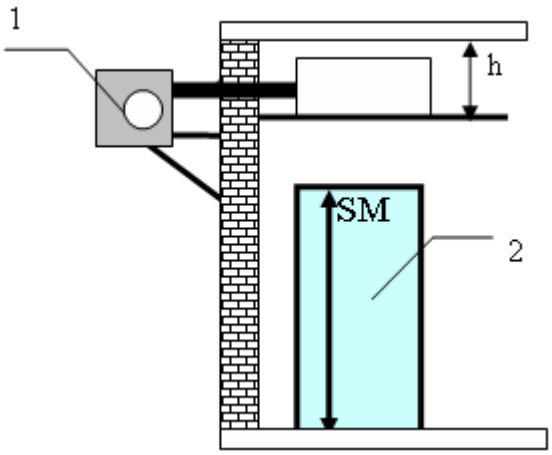
Таким образом, в помещении линейно-аппаратного цеха для охлаждения избыточного тепла, выделяемого оборудованием, поддерживается воздухообмен с кратностью 6,17.

Согласно расчету, выбираем тип кондиционера фирмы DELONGHI, модель CP–30:

Таблица 4.3 – Техническая характеристика кондиционера

Модель кондиционера	CP-30
Мощность охлаждения, (кВ)	3,520
Мощность нагрева, (кВт)	3,528
Воздушный номинальный поток, ($м^3$/ч)	570
Режим работы	Непрерывный

Выбранный кондиционер уличный, крепим на стену с помощью специального крепления. Кондиционирование воздуха происходит через специальные короба, которые устанавливаются на уровне подвесного потолка рисунок 4.4.



1-кондиционер; 2-статив; h-высота подвесного потолка.

Рисунок 4.4 – Месторасположение кондиционера

Вывод: по результатам расчетов выбираем модель кондиционера CP-30, с мощностью охлаждения 3,520 кВт, мощность нагрева 3,528 кВт, воздушным номинальным потоком 570 $м^3$/ч. Режим работы непрерывный. Данная модель кондиционера удовлетворяет требованиям нормального функционирования оборудования и также соответствует ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ

4.2.3 Разработка молниезащиты антенн. При разработке молниезащиты антенны использована литература [10-15]

Ожидаемое количество N поражений молнией в год антенно-мачтовых сооружений, не оборудованных молниезащитой, определяется по формуле:

$$N = (S+6h)*(L+6h)*n*10^{-6} \quad (4.7)$$

Где S и L –размеры антенны, м;

h - наибольшая высота антенны

n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км² земной поверхности в месте расположения антенны (алматинская область), оно характеризуется интенсивностью грозовой деятельности, ч/г (n = 3). Интенсивность грозовой деятельности может быть оценена по карте среднегодовой продолжительности гроз на территории Казахстана или на основании данных местных метеорологических станций.

$$N = (2.4+6*1.8)*(1.5+6*1.8)*3*10^{-6} = 0.00048708$$

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h ≤ 150 м представляет собой круглый конус с вершиной ho < h и круглым основанием радиусом ro. Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте hx представляет собой круг радиусом rx.

Параметры зоны защиты могут быть определены следующим образом.

$$ho = 0,85*h = 0,85*3 = 2,55 \text{ м.} \quad (3.8)$$

$$ro = (1,1-0,002*h)*h = (1,1-0,002*3)*3= 3,292 \text{ м.} \quad (3.9)$$

$$rx = (1,1-0,002*h)*(h-hx/0,85) = (1,1-0,002*3)*(3-1,8/0,85) = 0,094*0,882 = 0,965\text{м} \quad (3.10)$$

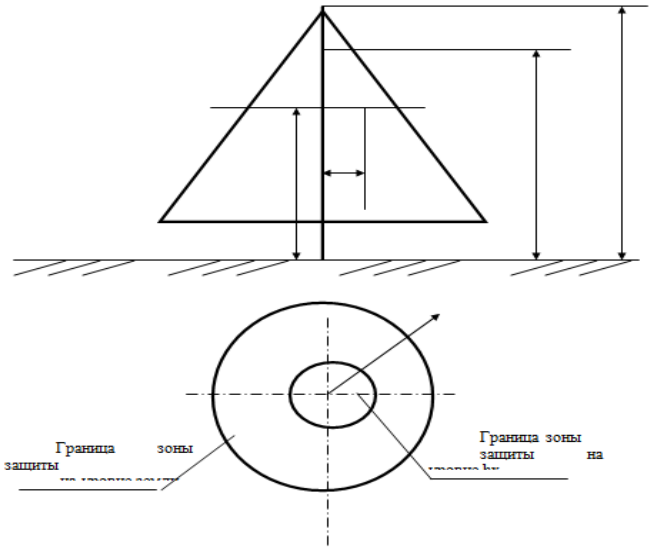


Рисунок 4.5 - Защита одиночного стержневого молниеотвода

Вывод: из расчетов видно, что молниезащита выполнена правильно, и антенна вписывается в конус, для высоты молниеотвода ho выберем равного2,55м, выберем конус радиус ro равным 3,292м и высотой rx 0,965м.

5 Бизнес - план

5.1 Обзор

В данном дипломном проекте была разработана система спутниковой связи, газопровод Казахстан-Китай является частью газопровода «Средняя Азия-Китай», начальная точка находится на границе Казахстана и Узбекистана, МГ заканчивается в Хоргосе на территории Китая. Длина магистрали 1304 км, по всей трассе устанавливаются 10 технологических узлов, в том числи 7 компрессорных станций, 1 конечная станция, 2 узла пуска и приема очистных устройств (УЗПОУ) предварительных. Итого 60 крановых узлов по трассе, из них 32 крановых узла с RTU. При этом в городе Алматы планируется предусмотреть ЦДУ (Центр диспетчерского управления) и ТОО “Азиатский Газопровод”. Три РЭУ (ремонтно-эксплутационные участки) и три УТГ (Управление по транспортировке газа) данных объектов будут совместно созданы возле компрессорных станций КС2, КС4 и КС7 соответственно. Передовая СУ SCADA внедрена в газопровод, включая ручное управление, дистанционное управление и станционное управление. По трассе будет расположена передовая система связи, чтобы удовлетворять потребностям эксплуатации и управлении газопровода многосторонней связью.

Основная задача построения данной системы состоит в том, чтобы гарантировать получение одной и той же скорости передачи и приема информации, избежать появления “проскальзываний” а также организации системы связи, имеющую низкую вероятность поломки. Все оборудование, установленные в цифровой сети связи, должны быть синхронизированы от одного или нескольких ведущих генераторов с близкими значениями частот выходных колебаний. Синхронизация является неотъемлемой частью организации как непосредственно спутникового канал, так и канала связи в целом

В разработанной спутниковой системе предполагается организация постоянного спутникового канала, который обеспечит достаточную полосу пропускания для цифрового потока между базовой станцией и контроллером.

Оборудование, входящее в состав системы делает её несложной в установке и эксплуатации, помехоустойчивой, независимой от местоположения.

Разработанная система дает возможность обеспечения всех удаленных и труднодоступных районов (с точки зрения построения связи) услугами сотовой связи.

Одной из важнейших характеристик сетей сотовой/мобильной связи является зона покрытия, поэтому одна из важнейших задач стоящих перед любым оператором сотовой/мобильной связи – это максимальное расширение этой зоны и предоставление услуг связи на как можно большей территории. В основном это осуществляется путем увеличения количества базовых станций сети сотовой связи. Каждая BTS должна быть соединена с центральным

коммутатором сети или контроллером базовых станций. Сегодня это решается либо с использованием наземных проводных линий связи, либо с использованием радиорелейной связи. В труднодоступных районах не всегда существует возможность использования проводной связи, а протяженность радиорелейных сегментов очень велика, либо используется большое количество пролетов радиорелейной связи из большой пересеченности местности. Соответственно очень велики затраты на радиорелейный сегмент, либо вообще отсутствует возможность выноса BTS в некоторые районы

5.2 Характер проекта

На современном этапе развития цифровых сетей связи в Казахстане важную роль, определяющую их качество и готовность, играет сеть синхронизации. Плохая сеть синхронизации приводит к большим значениям фазового дрожания и дрейфа фазы, что может вызвать проблемы с предоставлением услуг, и даже привести к полной остановке прохождения трафика в сети связи. Поэтому вопросам построения качественной сети синхронизации уделяется большое внимание всеми операторами связи. На данный момент сеть синхронизации республики Казахстан является неструктурированной. Первичный эталонный генератор имеется только у АО “Казактелеком”. К сожалению, частным операторам не под силу приобрести подобный дорогостоящий источник синхронизации. Ввиду присутствия на рынке большого количества операторов проводной и мобильной связи вопрос построения единой сети спутниковой связи становится ещё более актуальным. Одной из основных проблем при построении данной сети является выбор источника синхронизации.

Основными достоинствами спутниковой системы типа VSAT, разработанной в данном дипломном проекте, является:

- высокая точность;
- простота установки и эксплуатации;
- высокая помехоустойчивость;
- невысокая стоимость;
- возможность сборки в республике Казахстан.

5.3 Продукт

В данном проекте рассматривается вариант построения качественной и недорогой системы спутниковой связи. Для организации спутникового канала было построена специальная схема состоящая из основных компонентов требуемых для правильного функционирования всей системы в целом. Оборудование, использованное для построения данной системы производит необходимую обработку цифрового потока сжимая его до ширины 2048 кГц, удовлетворяющий требованиям международного стандарта G.703.10, высокой точности, с относительной нестабильностью частоты $1 \cdot 10^{-12}$ (при суточном усреднении).

В спроектированной системе используются эффективные алгоритмы обработки спутникового сигнала, обеспечивающие высокую помехозащищенность и нечувствительность даже к длительным пропаданиям сигнала в аварийных ситуациях.

Появление данной системы на рынке связи открывает новые возможности различным операторам и проектным организациям при разработке оптимального по цене и качеству варианта сети тактовой синхронизации

5.4 Организационный план

Проектирование данной системы синхронизации подразумевает определенный организационный план.

Для осуществления проекта предполагается наличие штата сотрудников в составе инженера-связиста, инженера-электронщика, четырех монтажников и двух водителей.

5.5 Финансовые потребности

5.5.1 Расчет потребности инвестиций. Капитальные вложения включают в себя стоимость оборудования, монтажных работ и транспортных услуг. На проектируемой сети мы используем существующие существующие районные узлы телекоммуникаций[16-19].

Определим общие капитальные вложения:

$$\sum K = K_0 + K_м + K_{тр}, \qquad (5.1)$$

где K_0 – капитальное вложение на приобретение оборудования;

$K_м$ – капитальное вложение на монтажные работы;

$K_{тр}$ – капитальное вложение на транспортные расходы (10% от стоимости оборудования).

Таблица 5.1 - Стоимость основных средств

Наименование	Стоимость, тг	Количество, шт.	Сумма, тг
Хаб iDirect Infiniti	500000	1	50000
Шлюз SkyEdge	312500	2	625000
Спутниковая антенна Andrew Type 183, класс III	375000	2	750000
Приемопередатчик AnaSat-EKu 2/4/8/16/20/23 W	3750000	2	625000
Спутниковый модем / CDM-570L	312500	2	7500000
Коаксиальный кабель SAT-501	65.5	2	3930
F-коннектор	91.7	2	458.5
Итого	10004388,5		

Таблица 5.2 – Затраты на построение спутникового канала в Алматы – Китай

№п/п	Статьи затрат	Сумма, тыс.тг	Уд. Вес в общ структуре,%
1	Оборудование	10004,38	87,1
2	Монтаж	1000,69	8,6
3	Транспорт	500,21	4,3
	Итого	11505,2	100

Таким образом, получаем:

$$\sum К = 10004{,}38 + 1000{,}69 + 500{,}21 = 11505{,}29 \text{ тыс.тг.}$$

5.5.2 Доходы. Доходы от основной деятельности - доходы, получаемые предприятиями связи за весь объём реализованных потребителем услуг связи по действующим тарифам.

Расчет годовых тарифных доходов для ВОЛС производится по формуле:

$$D_0 = \sum_{i=1}^{n} q_i \cdot U_i + Ап \qquad (5.2)$$

где qi – объём i – го вида услуг в натуральном выражении;

Ui – тариф на i – й вид услуг в тенге;

n – номенклатура услуг.

Ап – арендная плата за предоставление в пользование оборудования

Ап=552254

q_i = 1 канал – объём услуг (число каналов);

U_i = 750000 тг/месяц - тариф на один канал в месяц, согласно расценок АО «Нурсат» при аренде цифрового потока 2 Мбит/сек;

n = 12 – количество месяцев в году.

Тогда получим:

$$D_0 = (750*1+552{,}254) = 9552{,}25 \text{ тыс. тг.}$$

5.5.3 Эксплуатационные расходы. Эксплуатационные расходы – это текущие расходы предприятия по обслуживанию линий связи.

Общая сумма затрат по эксплуатации средств связи складывается из затрат по следующим статьям:

- ФОТ;
- отчисления на социальные нужды;
- амортизационные отчисления;
- материалы и запасные части;
- электроэнергия со стороны для производственных нужд;
- общие и административные расходы;
- прочие расходы.

Расчет численности производственного персонала

Таблица 5.3 – Заработная плата сотрудников

Должность	Должностной оклад, тенге	Кол-во чел.	Годовая ЗП,тг
Инженер -связист	80000	2	1600000
Инженер-электрончик	90000	2	1800000
Монтажник	45000	4	180000
Водитель	80000	2	160000
Итого	680000		

В годовой фонд оплаты труда включается дополнительная заработная плата (работа в праздничные дни, сверхурочные и т.д.) в размере 30% от основной заработанной платы:

$$З_{п.доп} = \frac{30 \cdot З_{п.осн}}{100}, \quad (5.3)$$

$$З_{п.доп} = \frac{30 \cdot 680000}{100} = 204 \text{ тыс. тг.}$$

Таким образом, фонд оплаты труда вычисляется по формуле:

$$ФОТ = З_{п.осн} + З_{п.доп}, \quad (5.4)$$

ФОТ= 680000 + 204000 = 884 тыс. тг.

Отчисления на социальный налог считаем по формуле:

$$C_{соц.налог} = \frac{20\% \cdot (ФОТ - 0{,}1 \cdot ФОТ)}{100\%} \quad (5.5)$$

$$C_{соц.налог} = \frac{11\% \cdot (884000 - 0{,}1 \cdot 884000)}{100\%} = 87516 \text{ тыс.тг.}$$

5.5.4 Затраты на электроэнергию. Потребление электроэнергии оборудования спутниковой связи.

Расходы на оплату электроэнергии со стороны производственных нужд ($Э_э$) определяются исходя из мощности, потребляемой оборудованием, времени работы предприятия и тарифов на электрическую электроэнергию.

Тогда расходы на электроэнергию будут рассчитываться по следующей формуле:

$$Э_э = P_З \cdot m_1 + P_n \cdot t \cdot m_2, \qquad (5.6)$$

где $P_З$ – заявленная максимальная мощность, кВ · А;

m_1 = 14,74 – тариф за 1 кВ · А заявленной мощности, в тенге;

P_n = 1 кВт – фактически израсходованная электроэнергия, кВт/час;

m_2 = 14,74 – тариф за 1 кВт/час израсходованная электроэнергии;

t = 8760 – количество часов работы оборудования в год, в час.

Потребляемая мощность силовых трансформаторов рассчитывается по формуле:

$$P_З = 1{,}3 \cdot \sum_{j=1}^{k} P_{nj} \cdot 0{,}94, \qquad (5.7)$$

где $P_З$ – заявленная максимальная мощность, кВт;

1,3 – коэффициент, учитывающий резерв на развитие и мощность прочего оборудования;

P_{nj} = 0,3 кВт – мощность, потребляемая оборудованием j – го вида, кВт;

0,94 – коэффициент, учитывающий отключение оборудования в течение суток на профилактику и ремонт.

Мощность силовых трансформаторов равна:

$$P_З = 1{,}3 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}94 = 0{,}367 \text{ кВт},$$

Расходы на электроэнергию:

$$Э_э = 8*(0{,}367 \cdot 4{,}74 + 1 \cdot 8760 \cdot 4{,}74) = 3322{,}193 \text{ тыс. тг},$$

5.5.5 Расчет амортизаций оборудования. Амортизацией ОПФ (основных производственных фондов) называется постепенный перенос стоимости ОПФ на себестоимость продукции путем включения амортизационных отчислений в себестоимость продукции (эксплуатационные расходы) и накопление этих средств после реализации продукции на специальном фонде.

Годовая сумма амортизационных отчислений определяется на основании стоимости каждого вида основных фондов и соответствующих норм амортизации по формуле (5.8):

$$A = \frac{Ф_{0.ср.год} \cdot H_A}{100}, \qquad (5.8)$$

где А – годовая сумма амортизационных отчислений для каждого вида ОПФ;

$Н_{а,i}$ = норма амортизационных отчислений от среднегодовой стоимости основных производственных фондов, для отрасли связи (7-10%), кроме компьютерной техники;

$Ф_{осн}$ = 10004388 тенге - стоимость ОПФ, численно равная общей сумме капитальных вложений.

$$A = \frac{10004388 \cdot 8\%}{100\%} = 920{,}423 \text{ тыс. тг.}$$

5.5.6 Материальные затраты и запасные части. Расходы на запасные части и текущий ремонт составляют 0,5 % от капитальных вложений. Тогда материальные затраты и запасные части составят:

$$М = К*0{,}5\%, \qquad (5.9)$$

$$М = 10004388*0{,}005 = 57{,}526 \text{ тыс. тг}$$

5.5.7Общие и административные расходы. К общим и административным расходам относят косвенные расходы, все неучтенные расходы – управленческие, хозяйственные, транспортные расходы, расходы на подготовку кадров, по начислению прочих налогов, услуги сотовой связи и т.д. Общие и административные расходы можно рассчитать по формуле:

$$О = 0{,}2 \cdot О_р, \qquad (5.10)$$

где $О_р$ – основные расходы, рассчитывающиеся по следующей формуле:

$$О_р = ФОТ + С_с + Э + А + М, \qquad (5.11)$$

Общие и административные расходы примут вид:

$$О_р = 884000 + 159120 + 3322193 + 800351 + 57526 = 2233{,}1906 \text{ тыс. тг,}$$

$$О = 0{,}2*23124{,}7 = 446{,}63813 \text{ тыс. тг.}$$

Расчет суммарных эксплуатационных расходов

Расчет годовых эксплуатационных расходов на содержание оборудования производится по формуле (5.14):

$$\sum Э = ФОТ + С_с + Э + А + М + К + О, \qquad (5.12)$$

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

$С_С$ – отчисления на социальный налог

М – материальные затраты и запасные части (расходы на запасные части и текущий ремонт составляют 0,5% от капитальных вложений;

Э – электроэнергия для производственных нужд;

А – амортизационные отчисления;

К – кредиты, (в нашем случае кредиты не используются);

О – Общие и административные расходы.

Таким образом, рассчитаем эксплуатационные расходы:

$$\sum Э = 884000 + 159120 + 3322193 + 800351 + 57526 + 446638{,}13 = 2347{,}96789 \text{ тыс. тг.}$$

5.5.4 Расчет показателей экономической эффективности. В дипломных проектах по развитию, расширению и реконструкции предприятий связи рассчитываются следующие показатели экономической эффективности:

1) Чистый доход от хозяйственной деятельности:

$$Ч_{Дхд} = D_0 – Э \quad , \qquad (5.13)$$

где $Ч_{Дхд}$ – чистый доход от хозяйственной деятельности, тенге;

D_0 - доходы от основной деятельности, тенге;

Э – эксплуатационные расходы, тенге.

Тогда чистый доход от хозяйственной деятельности будет равен:

$$Ч_{Дхд} = 9480210 – 2347967{,}89 = 7132{,}24275 \text{ тыс. тг.}$$

2) Подоходный налог составляет 20% от чистого дохода хозяйственной деятельности:

$$Н_п = Ч_{Дхд} \cdot 20\% \qquad (5.14)$$

$$Н_п = 7132242{,}75 \cdot 0{,}2 = 1426448{,}55 \text{ тыс.тг.}$$

3) Чистый доход предприятия:

$$Ч_{Дпр} = Ч_{Дхд} – Н_п, \qquad (5.15)$$

$$Ч_{Дпр} = 7132242{,}75 – 1426448{,}55 = 5705794{,}2 \text{ тыс.тг.}$$

4) Коэффициент общей – (абсолютной) экономической эффективности капитальных вложений – при строительстве нового объекта, предприятия:

$$E_а = \frac{Ч_{Дхд}}{К}, \qquad (5.16)$$

где $Ч_{Дпр}$ – чистый доход от хозяйственной деятельности, тенге;
К – капитальные вложения, тенге.

$$E_а = \frac{7132242,74}{11505298.2} = 0,619.$$

5) Срок окупаемости капитальных вложений – срок возвратности средств, является показателем, обратным коэффициенту общей (абсолютной) эффективности:

$$Т = \frac{1}{E_а}, \qquad (5.17)$$

где $E_а$ – абсолютная экономическая эффективность

$$Т = \frac{1}{0,619} = 1,6 \text{ года.}$$

5.6 Вывод по бизес плану

Сравнив экономическик показатели можно сделать вывод, что организация спутникового канала является более целесообразным решением. Также спутниковый канал является более надежным чем ВОЛС, позволяет использовать частотный диапазон для передачи большего потока информации. Хотя стоимость оборудования спутниковой связи во много раз превышает стоимость радиооборудования, но зато выигрывает в плане технических характеристик и мобильности. Модернизация системы спутниковой связи стоит намного дешевле и проще в реализации. По всему миру происходит переход к третьему поколению мобильной связи, так называемой 3G, которое подразумевает внедрение новых требований к передачи потоков информации. Технология РРЛ уже не способна справиться с той нагрузкой, которая создается внутри сотовой сети. Для решения данной проблемы организуется передача данных либо по наземным широкополосным сетям, преимущественно ВОЛС, либо при использовании спутниковых технологий, преимущественно VSAT. Построение ВОЛС является дорогостоящим решением и не всегда оправданным. Что касается VSAT, то эта технология на сегодняшний день является наилучшим техническим решением, особенно при организации связи с удаленными районами либо пунктами, находящихся друг от друга на значительных расстояниях.

Заключение

В данном дипломном проекте была разработана система спутниковой связи, газопровод Казахстан-Китай является частью газопровода «Средняя Азия-Китай», начальная точка находится на границе Казахстана и Узбекистана, МГ заканчивается в Хоргосе на территории Китая. Длина магистрали 1304 км, по всей трассе устанавливаются 10 технологических узлов, в том числи 7 компрессорных станций, 1 конечная станция, 2 узла пуска и приема очистных устройств (УЗПОУ) предварительных. Итого 60 крановых узлов по трассе, из них 32 крановых узла с RTU. При этом в городе Алматы планируется предусмотреть ЦДУ (Центр диспетчерского управления) и ТОО “Азиатский Газопровод”. Три РЭУ (ремонтно-эксплутационные участки) и три УТГ (Управление по транспортировке газа) данных объектов будут совместно созданы возле компрессорных станций КС2, КС4 и КС7 соответственно. Передовая СУ SCADA внедрена в газопровод, включая ручное управление, дистанционное управление и станционное управление. По трассе будет расположена передовая система связи, чтобы удовлетворять потребностям эксплуатации и управлении газопровода многосторонней связью.

В дипломном проекте рассмотрена реализация соединения удаленной базвовой станции сотовой связи в поселке Окьябрьский с контроллером базовых станций в городе Усть-Каменогорск. На основании предъявленных требований к аппаратной платформе для реализации был выбран голосовой шлюз SkyEdge фирмы призводителя Gilat, обеспечивающий наибольшую надежность, гибкость управления, масштабируемость и многофункциональность. Отличительной особенностью системы является наличие параметров QoS: гарантированной полосы пропускания (CIR) и максимальной скорости передачи (MIR).

В данном дипломном проекте были рассчитаны параметры спутникового канала, определение зависимости качества передачи при от помех. Определена необходимая пропускная способность спутникиовго канала для обеспечения обмена трафика между узлами сети.

Требуются более мобильные терминалы, которые могут обеспечить пропускную способность для передачи больщих объемов трафика в единицу времени, к примеру мобильный интернет или потоковое видео. Использование специального оборудования и технология позволяет сжать обхем передаваемой информации, что само собой сокращает необходимость в большой полосе пропускания и приводит к уменьшению как капитальных вложений так и эксплуатационных затрат.

Постепенно с развитием сотовых сетей в Республике Казахстан происходит увеличение зоны покрытия сотовых операторов. Особенность территории заключается в ее обширности и неоднородности. Востоная и Южная часть республики находится в сейсмологически активной зоне, поэтому велика вероятность повреждения дорогостоящих магистральных линий типа

ВОЛС при землятрясениях в связи с движением почвы. Оптимальным решением в таких ситуациях является использование технологогии VSAT, стоимость которой уменьшается с каждым годом и хорошая совместимость и интегрируемость с другими технологиями.

Список литературы

1. Развитие сетей подвижной связи в мире: тенденции, перспективы// Закиров З.Г., Надеев А.Ф., Файзуллин Р.Р. Сотовая связь стандарта GSM. – М.: Экотрендз, 2004
2. Карташевский В.Г. Сети подвижной связи. – М.: М.: Экотрендз, 2004
3. Подвижные телекоммуникационные радиосистемы: Учебное пособие / С.В. Коньшин; Алматы: АИЭС, 2003. – 80 с.
4. Ericsson GSM system survey / Ericsson; - Опубл. 08.08.2003
5. Бабков В.Ю. Вознюк М.А Системы мобильной связи. Санкт-Петербург, 1999
6. Спутниковая связь и вещание. Справочник. – 3-е издание. Под редакцией Л.Я. Кантора. – М.: Радио и связь, 1997.
7. Ермилов В.Т. Международное регулирование применения земных станций спутниковой связи типа VSAT. – М.: Радио и связь, Горячая линия Телеком, 1999.
8. Мордухович Л.Г., Степанов А.П. Системы радиосвязи. Курсовое проектирование. Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1987.
9. Маковеева М.М., Сорокин А.С. Проектирование систем спутниковой связи и спутникового ТВ вещания. Учебное пособие. МИС, 1991
10. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для ВУЗов - М.: Высшая Школа, 1999 – 448 с.
11. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды: Учебник / под ред. Н.И. Баклашова, Н.Ж. Китаева, Б.Д. Терехов. – М.: Радио и связь, 1999. – 288 с.
13. Безопасность жизнедеятельности. Расчет аспирационных систем. Методическое указание к выполнению раздела в дипломных проектах / Т.Е. Хакимжанов – Алматы, АИЭС,2002
14. Пожарная безопасность. Взрывоопасность. Справочник / Под ред. А.Н. Баратова – М.: Химия, 1988. – 270 с
15. ГОСТ 12.2.032 – 78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
16. Экономика связи: Учебник для вузов/О.С. Срапионов, М.А Горелик, В.И. Холодарь и др ; Под ред. Срапионова – М.:Радио и связь, 1992.- 320 с.
17. Аманжолова К.Б. Экономика отрасли.Методические указания к выполнению курсовой работы. – Алматы: АИЭС, 2001 – 37 с.

18. Садыкова В.С. Экономика отрасли. Методические указания к выполнению лабораторных работ. – Алматы: АИЭС, 2000 – 13 с.

19. Основы экономики и телекоммуникаций (связи) /Под ред. Горелик М.А. и Голубинкой Е.А. -М.: Радио и связь, 1997.

20. Коньшин С.В. Фирменный стандарт. Общие требования к построению, изложению, оворлению и содержанию. – Алматы: АУЭС, 2014

Интернет источники

http://www.gilatnetworks.com/Content.aspx?Page=Cellular

http://www.gilatnetworks.com/Content.aspx?Page=solarmadillo

http://www.viasat.com/as/rf/

http://mobitel-net.ru/skystar360e/

http://mobitel-net.ru/tarif_duplex/skyedge.htm

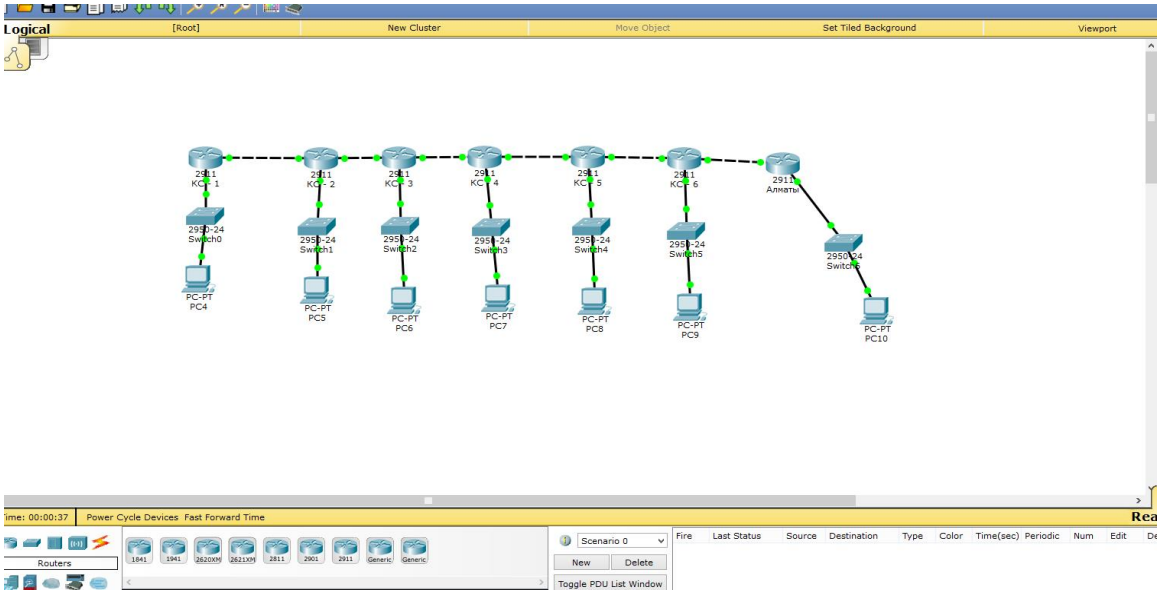
http://mobitel-net.ru/skystar360e/skyedge_pro.htm

http://www.anacominc.com/prod_ku.html

http://www.anacominc.com/Kromos-www/star%20network.html

Приложение А

Рисунок А1 – Структурная схема линии связи между Алматой до КС1



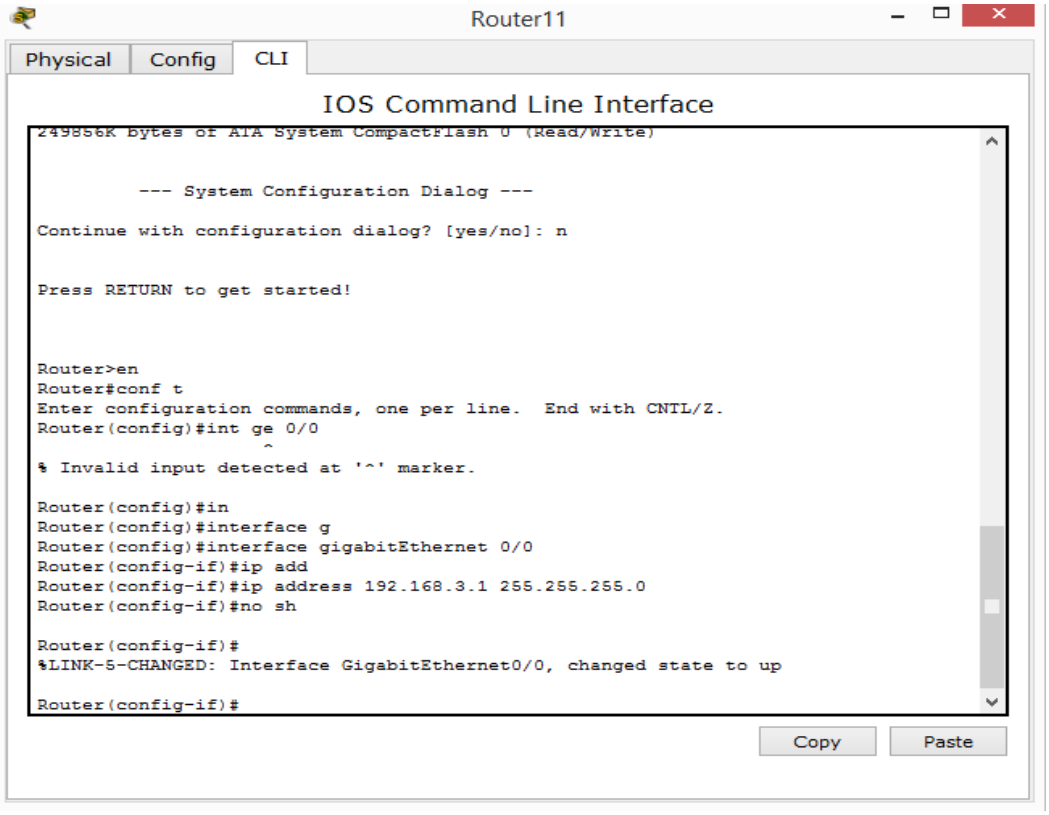


Рисунок А2- Командная строка

Logical [Root] New Cluster Move Object Set Tiled Backgrou

Router12

Physical Config CLI

IOS Command Line Interface

```
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Router(config)#in
Router(config)#interface g
Router(config)#interface gigabitEthernet 0/0
Router(config-if)#ip add
Router(config-if)#ip address 192.168.3.2 255.255.255.0
Router(config-if)#no sh

Router(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/0, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/0, changed state
to up

Router(config-if)#ex
Router(config)#int g 0/1
Router(config-if)#ip add
Router(config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
Router(config-if)#no sh

Router(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/1, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/1, changed state
to up

Router(config-if)#ex
Router(config)#
```

Copy Paste

Command Prompt

```
Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC> ping 192.168.2.4

Pinging 192.168.2.4 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.4: bytes=32 time=18ms TTL=128
Reply from 192.168.2.4: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.2.4: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.2.4: bytes=32 time=0ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.2.4:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 18ms, Average = 4ms

PC>
```

Рисунок А3- Командная строка