

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева
Институт промышленной автоматизации и цифровизации имени
А. Буркитбаева

УДК

На правах рукописи

Әден Әлішер Ерболұлы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
На соискание академической степени магистра

Название диссертации «Наземная спутниковая система приема и
обработки данных с борта ТПС»

Направление подготовки 6М074600 «Космическая техника и технологии»

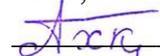
Научный руководитель
к.ф-м.н., зам.директора
Департамента АО «НЦКИТ»

 Р.Б. Акназарова

«24» июля 2020 г.

Рецензент (Согласен в
электронном виде)
PhD, заведующий кафедрой
«Космическая инженерия»
НАО «АУЭС» им. Г. Даукеева
_____ К.А. Алипбаев

«__» июля 2020 г.

Нормоконтроллер
PhD, сениор-лектор
 Хабай А.
«24» июля 2020 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ И. Сыргабаев
«__» _____ 2020 г.

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации имени
А. Буркитбаева

Кафедра Электроники, телекоммуникации и космических технологий
6М074600 – «Космическая техника и технологии»

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой ЭТиКТ

И.Сырगाбаев

« ____ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистрант: Эден Әлішер Ерболұлы

Тема: Наземная спутниковая система приема и обработки данных с борта
ТПС

Утверждена приказом Ректора Университета № 1194-М от “29” октября
2018 г

Срок сдачи законченной диссертации

“21”июль 2020 г.

Исходные данные к магистерской диссертации:

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

1. Знакомство с литературой по теме диссертации. Изучение
существующих подходов к решению задачи. Выполнение литературного обзора.;

2. Разработка структуры наземного комплекса системы контроля
параметров ТПС. Расчет объема потока ТМИ ТПС.

3. Знакомство с опытом построения спутниковых систем связи в
Самарском национальном исследовательском университете имени академика
С. П. Королёва

4. Создание комплексной системы наземной спутниковой системы
контроля параметров ТПС.

5. Организация численного моделирования линк-бюджета стационарной
станции спутниковой связи.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных
чертежей):

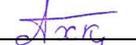
Рекомендуемая основная литература: 1) Спутниковая связь. Фиксированная
спутниковая служба: Справочник МСЭ. – 2-е изд., перераб. и доп. Напечатано в России,
1992. – 628с.: ил. 2) Сайт SES Global. Fiscal Year 2008 -f 2010 Results. 3) The Comsys
VSAT Report, 11th Edition, 2010. 4)Спутниковые сети связи: Учебное пособие/ В.Е.
Камнев и др.М.: ООО ”Военный парад”, 2010.

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Знакомство с литературой по теме диссертации. Изучение существующих подходов к решению задачи. Выполнение литературного обзора.	11.03.2019	Выполнено
Разработка структуры наземного комплекса системы контроля параметров ТПС. Расчет объема потока ТМИ ТПС.	31.05.2019	Выполнено
Знакомство с опытом построения спутниковых систем связи в Самарском национальном исследовательском университете имени академика С. П. Королёва	19.01.2020	Выполнено
Создание комплексной системы наземной спутниковой системы контроля параметров ТПС.	15.11.2019	Выполнено
1. Организация численного моделирования линк-бюджета стационарной станции спутниковой связи. Анализ результатов численного моделирования.	01.04.2020	Выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Теоретическая часть	к. ф-м.н. Р.Б.Акназарова	21 июля 2020 г.	
Экспериментальная часть	к. ф-м.н. Р.Б.Акназарова	21 июля 2020 г.	
Результаты и их обсуждение	к. ф-м.н. Р.Б.Акназарова	21 июля 2020 г.	
Нормоконтролер	PhD, А.Хабай	24 июля 2020 г.	

Научный руководитель  Р.Б. Акназарова

Магистрант  Э.Е. Эден

«21» июль 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Инфологический анализ работы локомотивного хозяйства показывает, что наиболее слабым звеном является ввод информации. Привязка новых технологий к существующей системе учетных и отчетных форм приводит к значительным трудозатратам. В настоящее время:

1. Технология накопления и обработки информации о состоянии ТПС ведется долго и в ручном режиме с помощью картриджа.

2. Передача информации по технологии GPRS не отвечает растущим требованиям к скорости передачи информации с борта ТПС и входит в противоречие с располагаемыми пропускными способностями радиолиниями при использовании пакетной передачи данных.

3. Отсутствуют технологические сервисы.

4. На отдельных протяженных и безлюдных участках дороги связь вовсе отсутствует, ТПС оказывается в «слепой зоне».

В данной диссертации приведена наземная часть спутниковой телеметрической системы мониторинга бортовых параметров ТПС, которая не только решает вышеуказанные проблемы, но и расширяет функционал поездных и локомотивных систем, путем установления видеонаблюдения и подключения IPтелефонии и с возможностью подключения других систем.

АНДАТПА

Локомотив шаруашылығының жұмысын ақпараттық талдауы ең әлсіз буын ақпаратты енгізу болып табылатынын көрсетеді. Жаңа технологияларды есепке алу және есеп беру нысандарының қазіргі жүйесіне байланыстыру айтарлықтай еңбек шығындарына әкеледі. Қазіргі уақытта:

1. ТЖҚ жай-күйі туралы ақпаратты жинақтау және өңдеу технологиясы картридждің көмегімен ұзақ және қолмен жүргізіледі.

2. GPRS технологиясы бойынша ақпарат беру ТЖҚ бортынан ақпаратты беру жылдамдығының өсіп келе жатқан талаптарына жауап бермейді және деректерді пакеттік беруді пайдалану кезінде радиолиниялардың қолда бар өткізу қабілеттеріне қайшы келеді.

3. Технологиялық сервистердің болмауы.

4. Жолдың жекелеген ұзын және адамсыз учаскелерінде байланыс мүлдем жоқ, ТЖҚ «соқыр аймақта» болады.

Бұл диссертацияда ТЖҚ борттық параметрлерін мониторингілеудің спутниктік телеметрикалық жүйесінің жерүсті бөлігі келтірілген, бұл жүйе жоғарыда көрсетілген проблемаларды шешумен қатар, бейнебақылау орнату және IP телефонияны қосу жолымен және басқа жүйелерді қосу мүмкіндігімен поезддық және локомотив жүйелерінің функционалын кеңейтеді.

ANNOTATION

Infological analysis of the locomotive economy shows that the weakest link in the input of information. Linking new technologies to the existing system of accounting and reporting forms leads to significant labor costs. Currently:

1. The technology of accumulating and processing information about the state of the TRS is carried out for a long time and in manual mode using a cartridge.
2. The transmission of information using GPRS technology does not meet the growing requirements for the speed of information transmission from the TRS and is in conflict with the available bandwidth of radio lines when using packet data transmission.
3. Lack of technology services.
4. On some long and deserted sections of the road, there is no connection at all, and the TRS is in a "blind zone".

This dissertation describes the ground-based part of the satellite telemetry system for monitoring onboard parameters of TRS that not only solves the above problems but also extends the functionality of train and locomotive systems by installing video surveillance and connecting IP telephony and with the ability to connect other systems.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Анализ современного состояния проблем создания спутниковых систем мониторинга параметров тягового подвижного состава	11
1.1 Исследование существующих методов организации спутниковых систем контроля технологических параметров тягового подвижного состава	11
1.2 Анализ преимуществ и недостатков спутниковых систем Gilat и SkyWAN	16
1.3 Анализ существующих систем мониторинга параметров ТПС	20
1.4 Выводы по первой главе	23
2 Наземная спутниковая система приема и обработки данных с борта ТПС	24
2.1 Структура наземного комплекса спутниковой связи	24
2.2 Разработка методологии монтажа и инсталляция ЗССС	30
2.3 Разработка рекомендаций по приему и обработке информации о параметрах движения тягового подвижного состава	34
2.4 Выводы по второй главе	36
3 Экспериментальная часть	37
3.1 Разработка методологии автономных испытаний спутниковой системы мониторинга параметров ТПС	37
3.2 Расчет частотного ресурса для обеспечения функционирования спутниковой системы	44
3.3 Выводы по третьей главе	52
Заключение	53
Список использованной литературы	54
Приложение А – Список публикаций	57
Приложение Б – Акты испытаний	58
Приложение В – Сертификат	63

ВВЕДЕНИЕ

Эффективное управление производственным процессом, особенно такими как железнодорожные транспортные перевозки, может быть реализовано на основании полной, достоверной и подготовленной для исследовательской обработки данных информации. Владение такой информацией это необходимое и обязательное условие оптимальной организации перевозочного процесса. Главным составляющим перевозочного процесса на железной дороге является тяговый подвижной состав (ТПС), входящий в сложную транспортную систему. Достоверная работа ТПС, безопасность и экономичность во многом обуславливается непрерывным контролем состояния ТПС, соблюдением периода постановки локомотива на ремонт и техническое обслуживание. Норма состояния ТПС фиксируется посредством системы регистрации параметров движения и автоведения (РПДА), исследованной больше двадцати лет тому назад [1-2], что постоянно модернизируется. Впрочем, устаревшие технологии не подходят реалиям активно развивающегося рынка железнодорожных перевозок. Или они не справляются с возросшим потоком информации о состоянии ТПС. И этот поток будет объективно расти.

Инфологический разбор службы локомотивного хозяйства показывает, что наиболее слабым звеном является ввод информации. Привязка инновационных технологий к имеющейся системе учетных и отчетных форм приводит к внушительным трудозатратам. В настоящее время: 1. Технология накопления и обработки информации о состоянии ТПС ведется долго и в ручном режиме посредством картриджа. 2. Передача информации по технологии GPRS не отвечает увеличивающимся требованиям к скорости передачи информации с борта ТПС и входит в противоречие с располагаемыми пропускными способностями радиолиниями при употреблении пакетной передачи данных. 3. Отсутствуют научно-технические сервисы. 4. На отдельных длительных и безлюдных участках дороги связь совсем отсутствует, ТПС оказывается в «слепой зоне».

Эта задача решаема при применении технологий спутниковой связи и постепенном отказе от имеющихся в данный момент бумажных форм маршрута машиниста и скоростемерной ленты. Прогрессивные достижения науки и техники позволяют на сегодняшнее время по спутниковому каналу передавать информацию о параметрах движения поезда, динамике и техническом состоянии локомотива и иной информации, оперативность и эффективность которой повышает качество управления на железнодорожном транспорте.

Анализ изготовителей спутникового оборудования указывает на то, что долгие годы отечественному потребителю приходилось ограничиваться способностями иностранных станций производства ViaSat, Hughes Network Systems либо Gilat Satellite Networks, то сейчас данный список увеличился:

возникли iDirect Technologies (ее купила Singapoure Technologies), ND SatCom (EADS), Shiron Satellite Communications и других. Сейчас можно отметить несколько компаний, изготавливающих VSAT-станции: ND SatCom с семейством SkyWAN (SkyWAN, SkyARCS, SkyVIP); Gilat Network Systems с семействами Sky Edge (Skystar Advantage, Skystar 360E/SkyBlaster 360, Sky Edge), FaraWay и DialAway IP; Hughes Network Systems с семействами DIRECTWAY (ISBN/PES, DW2000, DW7000, DW6000) и TES – Quantum/Quantum-Direct; iDirect Technologies с семейством Infiniti; Shiron Satellite Communications с семейством InterSKY; ViaSat (США) и iDirect(США).

В исследованиях выявлено, что существенное отличие спутниковых сетей связи осуществляется в методах управления сетью. В одном случае руководство осуществляется с помощью одной станции «Хаб», когда переключение станций осуществляется посредством единственного центра, выход из строя которого сопровождается падением всей сети. Во втором случае «Хаба» как такового в сети нет, впрочем, принципиально необходимо, чтобы сеть управлялась из единого центра. Чтобы достичь желаемого результата одна из станций назначается "дежурной" либо "ведущей". Она передает сигналы синхронизации и распределяет тайм-слоты между всеми станциями сети. В большинстве случаев, техническая возможность действовать "ведущей" заложена в любой станции, и, если "ведущая" выключается, ее "обязанности" автоматически принимает на себя другая станция в соответствии с определенным "порядком заместительства".

Проведенные исследования и сравнительный анализ технологий и производителей (исследовалась продукция Gilat Network Systems, iDirect Technologies и ND SatCom) легли в основу предложений по созданию производства комплексов спутниковой связи на основе технологии SkyWan или Gilat. Следовательно, исследуемая работа состоит из этапов:

1. Изучение существующих подходов к решению задачи;
2. Наземная спутниковая система приема и обработки данных с борта ТПС;
3. Экспериментальная часть.

Онтология диссертации представлена на рисунке 1.

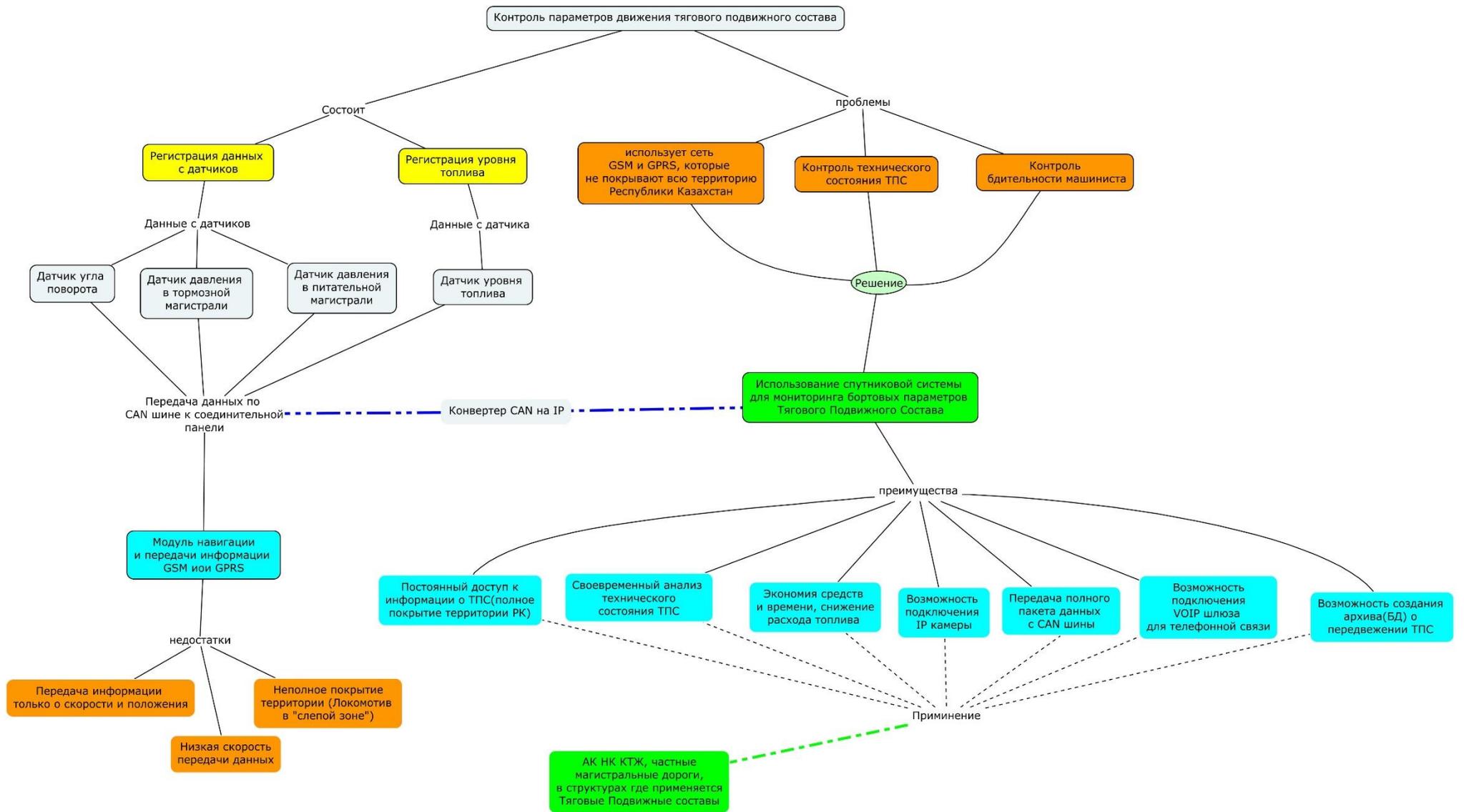


Рисунок 1 – Онтология диссертации

1. Анализ современного состояния по организации спутниковых систем мониторинга параметров ГПС

1.1. Исследование существующих методов организации спутниковых систем контроля технологических параметров тягового подвижного состава

1.1.1. Система SkyWAN

Многофункциональная и гибкая система SkyWAN использует MF-TDMA. SkyWAN разработана для проектирования сетей связи для компаний с разной инфраструктурой, не исключая IP Routing, FrameRelay. За счет стандартных пользовательских интерфейсов, указанные в списке ниже обеспечивают единую структуру сети. Пользовательские интерфейсы:

- Ethernet и FrameRelay, сериальный синхронный доступ/ голос/факс/ асинхронный доступ. Также поддерживаются приложения типа: VoIP ,Web-access, IP-Video и др.

- Максимальный размер сети – 255 SkyWAN станций;

- Спутниковый канальный доступ – Многочастотный TDMA (множественный доступ с временным разделением или уплотнением каналов) DAMA (многостанционный доступ с предоставлением каналов по требованию), поддерживающий 8 каналов, каждый со скоростью символов до 5.000 килобит;

- Скорость пакетов – до 4.000 пакетов данных в секунду могут быть переданы и одновременно получены по направлению через спутник;

- Распределение полосы частот – полоса по требованию;

Метод внутренней передачи – пакетная коммутация с оптимизированной фрагментацией и повторной сборкой. Отдельная обработка для FR- и Ethernet-Данных;

Стабилизация частоты спутникового канала связи – коррекция локальных сдвигов опорных частот.

Спутниковая станция SkyWAN состоит из внешнего оборудования (ODU) и внутреннего оборудования (IDU). Оборудование внешней установки принимает сигнал промежуточной частоты от внутреннего оборудования, производит его преобразование с повышением частоты, затем усиливает этот сигнал для передачи на спутник (канал передачи Tx). Сигнал со спутника принимается внешним оборудованием, преобразуется с понижением частоты и передается на внутреннее оборудование (канал приема Rx).

Характеристика: полностью поддерживает смешанный и гибридный типы топологии сети

1. Полная поддержка IP, включая:

- Динамическое переключение OSPFv2

- IPQoS с выделенной поддержкой трафика реального времени

- Защищенное сжатие заголовков для VoIP and IP Video
 - Встроенный протокол TCP-A
 - Распределение нагрузки через множество каналов
2. Поддержка унаследованного приложения, включая
- Аналоговый и цифровой голосовой интерфейс
 - Radar, VHF, SCADA and X.25
3. Отсутствие единичного или полного отказа системы вследствие автоматического переключения с центральной станции на запасную.

Ключевые особенности:

- Расширяемая и гибкая технология платформы
- Снижение требуемой мощности полной сети до минимума
- Унифицированная сетевая инфраструктура, обеспечивающая высокое качество для передачи голоса, видео и данных
- Высококачественная эксплуатационная готовность и надёжность

Таблица 1.1 - Техническая Спецификация SKYWAN IDU 5000

Вид сети	
Топология	Смешанная/звезда /гибридная
Тип доступа к каналу спутниковой связи	MF-TDMA / Множественное переключение несущих / переключение ретранслятора / перекрестное соединение ретранслятора
Режим доступа	Полоса пропускания по требованию /реальное-время /доступ нереального времени /гарантированный пропуск / классы QoS
Внутренний блок	
Скорость модема	64 КБод - 5 МБод / возможно увеличение в 1 Бод (64 Кбит/с - 8.75 Мбит/с) / Переключение скорости пропускания
Интерфейс во внутр.блоке	Fast Ethernet / Ethernet / 4 Serial
Модуляция	Линейные порты
Величина кода прямого исправления ошибок	1/2 / 3/4 / 7/8
Тип кода прямого исправления ошибок	Соединенный Витерби и декодирование Рида-Соломона
Диапазон частоты приемо-передачи	L-диапазон
Eb/No	5.5Дб с Величиной кода прямого исправления ошибок 1/2 и с коэффициентом ошибок по символам 10^{-7}
Встроенный Frame Relay Switch	
Физический интерфейс	X.21 / V. 35 / RS-232C и RS-449 / до 6 Мбит/с
Протокол	NNI / UNI / transparent / Isochronous
SkyWAN FAD служба передачи данных/голоса	

Аналоговый голос/ Факс интерфейс	FXS- / FaxG3 2.4 и E&M / FXO -14.4 Кбит/с
GSM	A / A-bis / A-ter / E / SS-7 / оптимизация адаптивной ширины полосы
Сжатие голоса	8 Кбит/с ACELP и др.
Протоколы	SDLC / HDLC / BSC Bit transparent / ASYNC
Цифровой интерфейс	EI/TI (G.703) / data / ISDN BRI for voice / PRI
Скорость передачи данных	1-3, возможно увеличение
Интерфейс Ethernet	Ethernet LAN, Dual 10/100 Мбит/с / IEEE 802.3
SkyWAN FAD служба передачи данных/голоса	
Аналоговый голос/ Факс интерфейс	FXO - / FXS и E&M / FaxG3 2.4 -14.4 Кбит/с
GSM	A-bis / A / A-ter / SS-7 / E / оптимизация адаптивной ширины полосы
Сжатие голоса	8 Кбит/с ACELP и др.
Протоколы	SDLC / HDLC / ASYNC / BSC Bit transparent
Цифровой интерфейс	EI/TI (G.703) / data / ISDN BRI for voice / PRI
Скорость передачи данных	1-3, возможно увеличение
Интерфейс Ethernet	Dual 10/100 Мбит/с Ethernet LAN / IEEE 802.3
RFT 5000 для SkyWAN	
Ки-диапазон	10/20 и 30 Вт
С-диапазон	20/40 и 60 Вт
Блок питания	90 - 260 Вольт AC / 200 - 350 Вт/ 48 Вольт DC
Рабочая температура	От -40 °С до+55 °С
Габариты и условия эксплуатации	
Габариты (Длинах Ширинах Высота)	4 RU x 483мм(19") x 470 мм
Вес	11.2 кг (полная комплектация)
Блок питания внутреннего блока IDU	Autosensing 100 - 240 Вольт +/-10% / входная частота 47 - 63 Гц
Потребляемая мощность	160 Вольт номинальная (полностью оборудованная 5-ю картами)
Температурный режим	От +5 °С до +40°С
Влажность	5% - 85%
Высота над уровнем моря	До 3000 м выше уровня моря
Сертификация	IEC 60950 CB-scheme / соответствует правилам по безопасности CE / EMCand R & TTE
Организация работы сети	

Платформа управления сетью	системы	SkyNMS
Архитектура управления сетью	системы	Центральная станция с возможностью географической замены в любом месте
Интерфейс Внутреннего Блока	контроля	/ Удаленный доступ с управлением диапазона (из центральной станции системы управления сетью через спутник) через SNMP / Удаленный доступ через дозвон (телефонная сеть общего пользования с добавленным модемом) / Локальный доступ через встроенную консоль portEIA-23
Расстановка управления		Простой инструмент включения удаленного SkyWAN® станции через порт локальной консоли или порта Ethernet
Безопасность управления сетью и станции	системы	Авторизация станции системы управления сетью / Выделенная IP сеть для управления / Авторизация удаленной станции

Топологии сети SkyWAN

Сети SkyWAN поддерживают любую топологию спутниковой сети. Простые топологии, представленные на рисунке, имеют следующие характеристики:

- Смешанная: Каждая станция имеет прямую спутниковую связь друг с другом. Эти станции обычно называются «одноранговыми станциями».
- Звездообразная: Звездные терминалы имеют только спутниковую связь с общей узловой станцией.

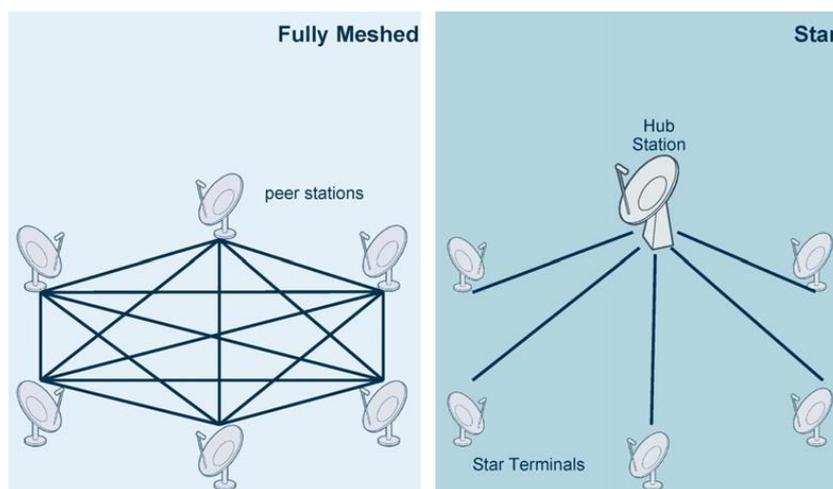


Рисунок 1.1 – Топологии сети (смешанная, звездообразная)

Помимо этих простых топологий, сети SkyWAN также могут иметь гибридные топологии. В гибридной топологии часть сети может быть

полностью смешанным, а некоторые станции могут иметь только связь с звездообразной топологией. Или может быть настроена многозвенная топология, где звездообразные терминалы имеют связь с несколькими узловыми станциями.

Оптимальный выбор топологий зависит от требуемого сетевого подключения. Сеть, в которой данные и голосовые соединения могут переходить от любой станции к любой станции, оптимально обслуживается сеткой топологии, где латентность и пропускная способность на спутниковой линии минимальны.

Звездообразные топологии требуют двойных спутниковых соединений между терминальными станциями. Это означает двойную задержку и двойную ширину полосы, необходимые для любого из этих соединений. Если, однако, между терминальными станциями не требуется или требуется лишь небольшая связь, их эксплуатация в звездном режиме может снизить требования к наружным блокам. Уменьшение, например, мощности передачи и размера антенны приведут к сокращению расходов на аппаратное обеспечение станции. Даже в этом случае топология с несколькими звездами может иметь преимущество, особенно если в сети требуется избыточность.

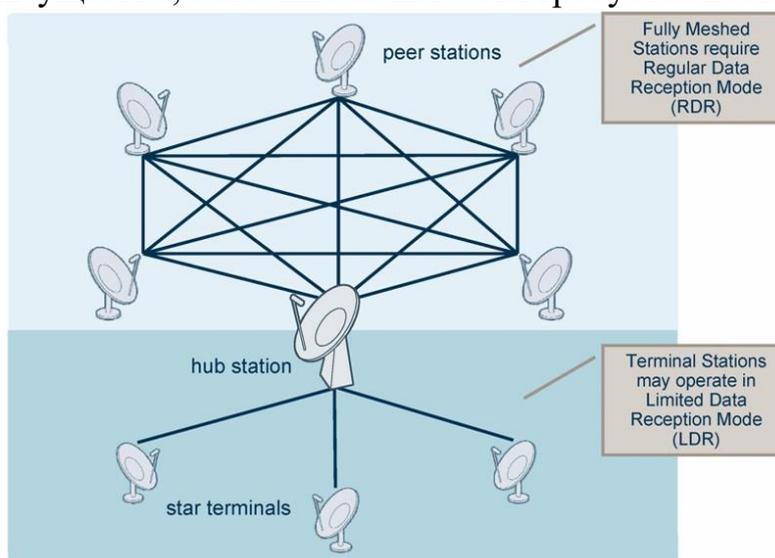


Рисунок 1.2 – Режимы приема данных

Режимы приема данных

В принципе, станция SkyWAN может работать в любой топологии. Однако для связи с более чем двумя другими станциями в сети требуется лицензия «Регулярный прием данных». Следовательно, одноранговые и узловые станции, представленные на рисунке, нуждаются в лицензии на получение обычных данных, тогда как звездообразные терминалы могут работать с лицензией с «Ограниченным доступом к данным» по умолчанию. Лицензия на ограниченный доступ к данным будет по-прежнему достаточной, если звездообразные терминалы должны взаимодействовать с двумя узловыми станциями.

1.2 Система GilatNetwork Systems

SkyEdge продукт компании Gilat Network Systems — технология спутниковой связи VSAT, предназначена для создания мультисервисных сетей связи. Сети SkyEdge обеспечивают скорость до 100 Мбит/с, электронную почту, Спутниковый Интернет, синхронизацию базы данных, телефонию, видеоконференцсвязь, и защиту передаваемых данных. Для создания сетей произвольной топологии возможно использовать прогрессивные схемотехнические и архитектурные решения технологической платформы от SkyEdge.

Широкий ассортимент сетевых интерфейсов в платформе Sky Edge позволяет проектировать и основывать универсальные мультисервисные сети. Sky Edge позволяет свободно интегрировать VSAT в уже существующие сети, построенные на технологиях и оборудовании Cisco, путём инсталляции модуля Cisco VSAT NM в имеющиеся маршрутизаторы.

Для поддержки технологий GSM и CDMA2000 SkyEdge имеет интегрированные решения, которые производительнее на 80% по применению спутникового сегмента в сопоставлении с SCPC и другими.

Высокое качество услуг по передаче голоса и данных обеспечивается при использовании решений, которые прозрачным и эффективным способом соединяют соты с сетью. В рамках технологии SkyEdge реализуются различные топологии соединения, такие как «центральный терминал» – «удаленный терминал» или «удаленный терминал»- удаленный терминал», также Технология SkyEdge поддерживает множество различных IP-приложений при реализации соединений.

Система Sky Edge – уникальная для передачи информации и голоса.

- Передача данных. Sky Edge поддерживает серийные приложения и ключевые интернет протоколы TCP/IP, протокол UDP. Механизмы в системе обеспечивают аутентичность данных, отличную работу пользователя, высокую продуктивность, не смотря на спутниковую задержку(пинг). Основной базовой топологией является топология «Звезда». Для поддержки нужного качества обслуживания QoS, VSAT использует всеми способностями полного маршрутизатора, где включает присвоение приоритетов и прочие механизмы. Для высокоскоростного просмотра данных в интернете употребляется ускорение протокола передачи гипертекстовых данных (HTTP) в дополнение к ускорению TCP/IP.

- Для передачи голосовых данных телефонные приложения. Системой поддерживается, как и классическая телефония, так и передачу по голоса по IP –сетям (VoIP). Использует средства оперирования трафиком, сжимает речевые данные (6.4 kbps или 8 kbps), тем самым включает до 12 телефонных линий, а также возможна манипуляция номером и т.п., система приобретает высокое качество функционирования и эффективность. Для сельских зон система охватывает несколько режимов энергосбережения. Фактически система может выступить в качестве полного телефонного коммутатора, поддерживая

топологии «Multi-Star», «Star», «Mesh». SkyEdge накапливает всю необходимую информацию о вызовах в системе управления и наблюдения сети, которая обслуживает систему составления счетов.

В спутниковой связи SkyEdge выдает комбинацию телефонии и передачи информации на единой платформе.

- Улучшенная структура
- Поддержка топологий: звезда, мульти-звезда, полносвязная или смешенная;
- Поддержка синхронной работы на одном HUB нескольких спутников;
- Широкополосный интерактивный IP;
- Поддержка Inbound несущей – скорость 60 Кбит/с – 2 Мбит/с;
- Эффективный способ передачи голоса через коммутацию каналов, полная поддержка телефонии;
- Более одного несущих Outbound по стандарту DVB-S, где скорость передачи до 66 Мбит/с на одну несущую;
- Механизм QoS. Разные схемы доступа к ресурсам спутника.
- VoIP, видео конференции, серийные протоколы;
- Поддержка малых сетей, скорость которой 340 Кбит/с;

Один из основных условий QoS. Оператору необходимо проверять распределения ресурсов сети среди пользователей и следить за тем, чтобы их не монополизировала маленькая группа. Это относится на любую сеть связи включая VSAT. То есть это означает, что QoS предназначена для обеспечения эффективное регулирование и оптимизацию трафика IP, и на уровне потока поддерживать установление приоритетов.

Существуют комплекты правил и методов на основе которых выстроена механизм обеспечения QoS. Они должны предприниматься устройством обеспечения.

По следующим уровням можно систематизировать постановку приоритетов:

- По узлам сети, то есть каждый развернутый VSAT с очень маленькой апертурой, принадлежащий к одному из четырех пакетов обслуживания: серебряный, бронзовый, платиновый или золотой
- Для каждого типа приложения по трафику. Трафик можно обозначить уровнями приоритетности потока: высокий, средний и низкий.
- В том случае если ресурсы в полосе пропускания используются не полностью, или сеть ограничивает трафик либо осуществлять не ограничивает трафик из-за употребления классификации ресурсы входящей полосы используются фрагментарно.

Следующим образом необходимо гарантировать и ограничивать пропускную способность при установлении приоритетов:

- Устойчивая скорость передачи данных (CIR);
- Пока VSAT станции не потребуется, не теряется полоса пропускания CIR;

– Только на основе ограничения максимальной скорости MIR VSAT потребует полосу пропускания, не превышая ограничение полосы пропускания

– Любой VSAT в сети топологии может быть настроен с $CIR \geq 0$;

– Обеспечить максимальную скорость передачи данных (MIR);

– VSAT может быть настроен для включения ограничений максимальной скорости MIR;

Установление приоритетов по трафику является другим уровнем использования QoS.

Для постановки приоритетов по трафику необходимы сложные требования разнообразных приложений. К которому входит разделение по категориям, объединение приложений с похожими характеристиками, учет требований по передаче сигналов и их режим потока, и распределение соответствующего QoS на основе данных критериев.

Система SkyEdge поддерживает все топологии сети.

Топология «Звезда» – базовая и наиболее используемая топология сети. В этой топологии все передачи с удаленных терминалов коммутируются на ЦУС(HUB) (рисунок 1.3).

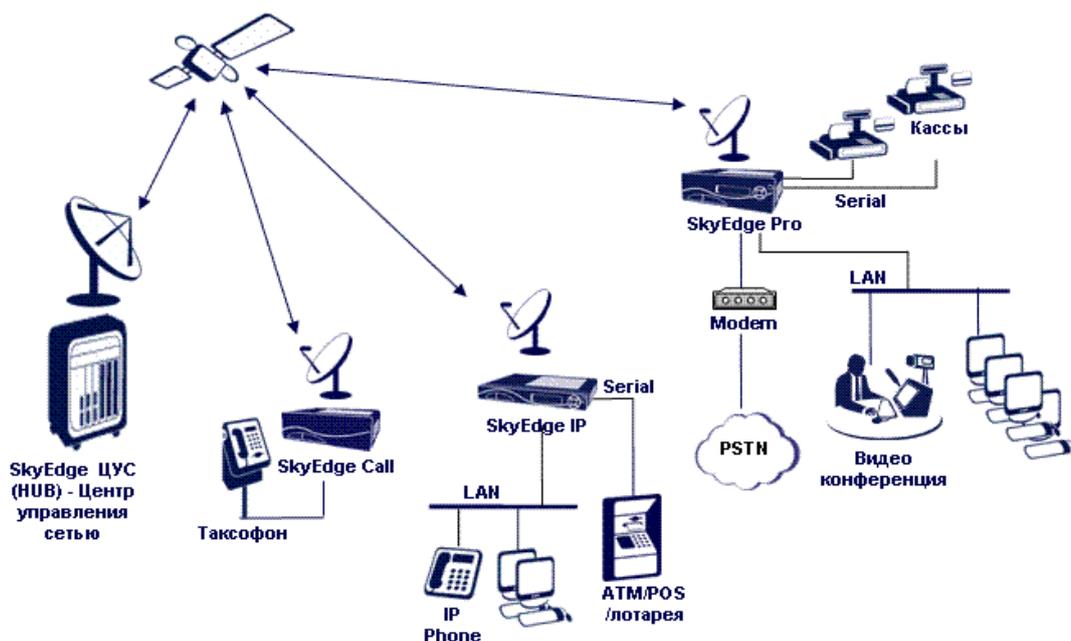


Рисунок 1.3 – Топология сети «Звезда»

Терминалы SkyEdge Gateway укомплектованы картой расширения MESH (также знакомой как remoteburstreceiver—with turbocoding (RBRt)). С использованием MESH принимать передачи канала Inbound напрямую от удаленных терминалов. В то же время если установлена карта расширения на обеих удаленных терминалах, то они могут устанавливать соединение между собой минуя ЦУС. (один прыжок через спутник)

Полносвязная или же смешанная топология (Mesh). Системы Gilat Sky Edge поддерживают данную топологию, где ко всем терминалам идет в комплекте карта расширения, благодаря которой, они могут взаимодействовать между собой минуя ЦУС.

В сетях передачи данных, где требуется непосредственное соединение с небольшой задержкой, телефонные сети или экономия спутникового сегмента используется данная топология. (рисунок 1.4).

Как мы видим, плата расширения MESH разрешает удаленным терминалам устанавливать соединение по каналу Inbound, но эти терминалы все еще зависят от Outbound. Outbound необходим для получения синхронизации и выделения ресурсов и т.д.

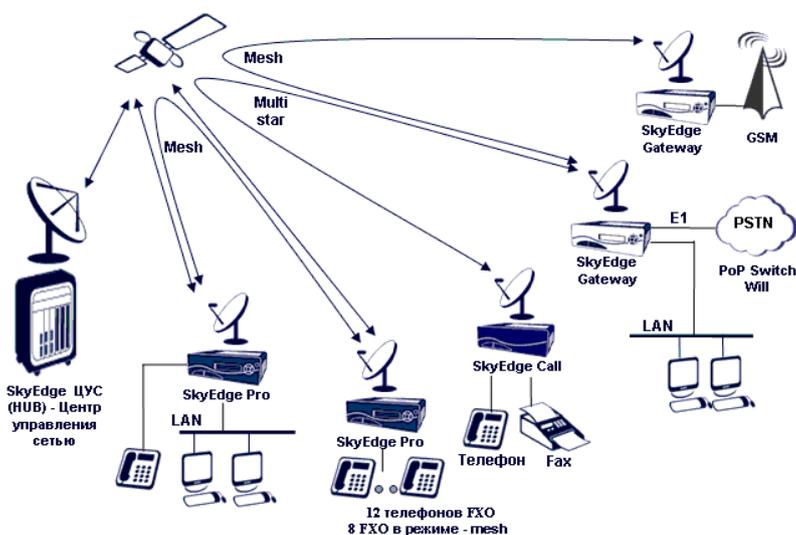


Рисунок 1.4 - Топологии «Mesh» и «Multi-Star»

Система Sky Edge поддерживает все три топологии одновременно на одной и той же сети. На рисунке 1.5 представлена схема организации потоков E1.

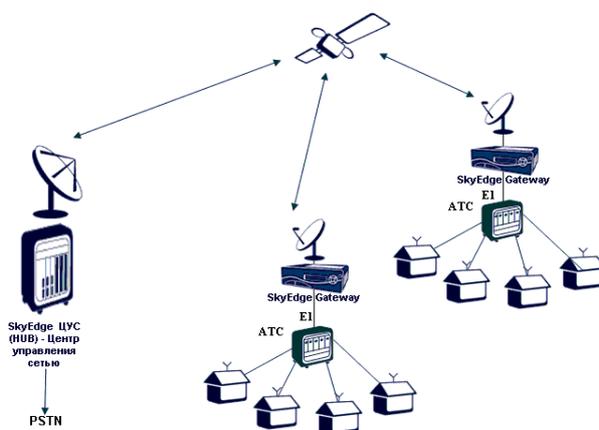


Рисунок 1.5 - Организация потоков «E1»

1.3 Анализ существующих систем мониторинга параметров ТПС

1.3.1 Комплексное локомотивное устройство безопасности

Комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ) используется для обеспечения и повышения безопасности движения поездов и маневровых поездных составов путем забора данных показателей от устройств АЛСН и АЛС-ЕН и отображения ее на индикаторах и мониторах машинистов.

Оборудование клуба выполняет следующие функции:

- исключение несанкционированного движения тягового состава;
- сравнение фактической скорости локомотива с допустимой скоростью на участке;
- контроль торможения перед запрещающим сигналом светофора;
- генерация сигнала для САУТ;
- мониторинг бдительности водителя;
- регистрация параметров движения.

Данное устройство предназначено для функционирования на локомотивах и мотор-вагонном подвижных составах всех типов на территории ЖД с автономной или электрической тягой. Локомотивные системы КЛУБ-У предназначены для обеспечения безопасности движения тяговых подвижных составов путем предотвращения предаварийных и аварийных ситуаций. Предотвращение таких ситуаций выполняется путем применения принудительного торможения или остановки поезда.

Оборудование КЛУБ-У обеспечивает:

- прием и дешифрирование (обработку) сигналов, полученных с АЛС-ЕН, АЛСН;
- обнаружение количества не занятых блок-участков при приеме сигналов с АЛС-ЕН, сигналов, получаемых со светофора, а также фактическую и допустимую скорость движения с точностью до одного километра в час и график скорости торможения;
- постоянный контроль бдительности машинистов;
- вывод информации машинисту (на данном участке пути) о скорости движения;
- обеспечение безопасности и исключение самопроизвольного движения локомотива или ТПС (скатывания);
- автоматическая регистрация категории поезда, вида тяги, а также длины блок-участка;
- непрерывный контроль технического состояния тормозной системы;
- автоматическое включение экстренного торможения локомотива при возникновении ситуаций, которые ведут к опасным и(или) катастрофическим последствиям;



Рисунок 1.6 - Аппаратура КЛУБ-У

1.3.2 Контроль параметров движения КЖД-ЗП

Комплексы контроля параметров движения (КЖД-З, КЖД-ЗПА, КЖД-ЗПВ) обеспечивают измерение, отображение и учет скорости и ускорения, пройденного пути, а также времени и другой скоростемерной информации, сигнализацию превышения скоростей ТПС на участках, где ведется контроль.

КЖД-З может выполнять функции регистратора иной информации, например, поступающей от приборов, устанавливаемых дополнительно на подвижном составе: об уровне топлива локомотива (данные с ДУТ), техсостоянии тормозной системы, системы автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) и другие.

На основе скоростемеров серии КЖД-З и КЖД-ЗП регистрируются и передаются параметры поездки, может быть построена комплексная система безопасности локомотива.

Основные функции комплекса КЖД-ЗП:

- измерение, а также регистрация пройденного пути локомотива;
- включение внешних цепей сигнализации, когда будут превышены заданные значения скорости движения локомотива;
- установление и регистрация направления движения ТПС;
- измерение, регистрация скорости движения локомотива;
- регистрация сигналов АЛСН и АЛС-ЕН;
- контроль и управление гребнесмазывателем;
- замер ускорения и замедления движения;
- регистрация состояния электромагнитного клапана (ЭПК) ТПС;
- регистрация замедления по команде машиниста;
- прием двоичного сигнала;

- измерение и регистрация показателей давления в тормозном цилиндре локомотива, а также тормозной и питательной магистралях;
 - отсчет текущего времени.
 - Передача данных в другие устройства по шине CAN 2.0A и CAN 2.0B;
 - быстрый ввод и хранение условно-постоянных признаков, которые необходимы для обработки поступающей информации из шины CAN от датчиков;
 - вычисление периода кодирования, а также кода рельсовой цепи;
 - регистрация положения ТСКБМ (при наличии ПС-3П узла);
- Основные параметры с тягового подвижного состава поступают с датчиков, представленных на рисунке 8.

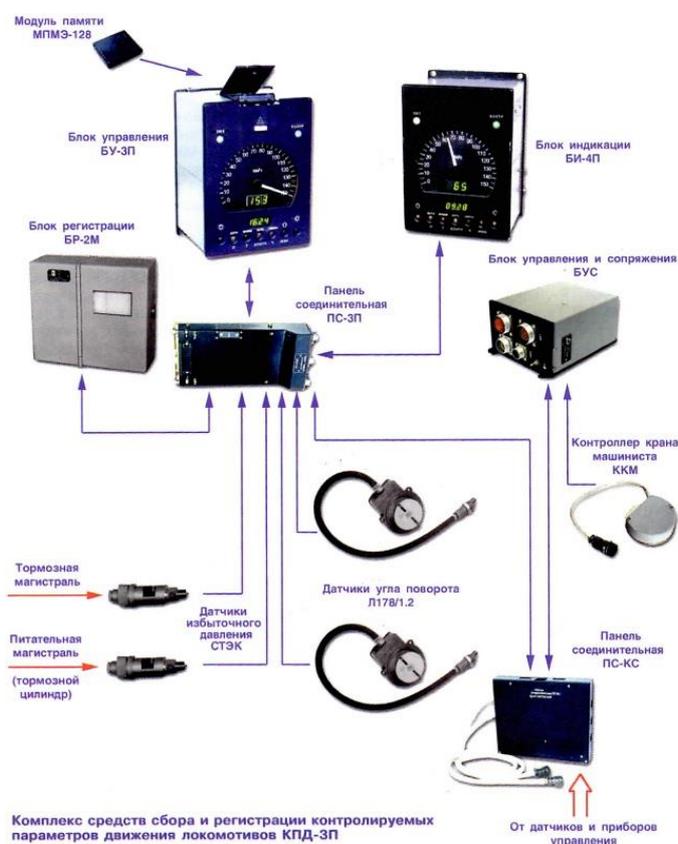


Рисунок 1.7 – Контроль параметров движения КЖД-3

1.3.3 АСУ ЭДТ

Основная задача АСУ ЭДТ это комплексная автоматизация и информационное обеспечение бизнес-процесса по регистрации и контролю, а также анализу потребления таких параметров, как электроэнергия (электрических локомотивов) и дизельного топлива (расходуемого тепловозом) в области работы менеджеров высшего и среднего звена топливно-теплотехнического отдела АОТ в режиме времени.

В рамках разработки АСУ ЭДТ разработаны методики планирования, контроля и оценки всех моментов, например, топливно-энергетического

снабжения (закупка ТЭР (топливно-энергетический ресурс), его потребления, контроля за потреблением), использование автоматизированного учета по расходу ТЭР и оптимизация закупа, а также потребления ТЭР. Методики должны отвечать требованиям и разработаны как отдельные и к ним должны быть подлежащие утверждению документы.

АСУ ЭДТ должна обеспечивать:

- фактическое и точное (или с заданной точностью) вычисления остатка и расхода топлива за временные периоды (сменные или календарные);
- измерение параметров топливной аппаратуры локомотива и дизель – генератора;
- контроль и сравнение фактического расхода топлива или электроэнергии с значениями при различных режимах работы тепловоза или электровоза, указанных в нормативных документах;
- вторичную диагностику топливного оборудования тепловоза на основе полученных данных о расходе топлива в различных режимах функционирования.

1.4 Выводы по первой главе

В первой главе данной диссертации приведен анализ существующих систем организации спутниковых систем, а также приведены существующие системы контроля параметров движения. В ходе анализа выполнены:

- Сравнение спутниковых систем Gilati SkyWAN
- Основные топологические схемы спутниковых систем
- Анализ систем КЛУБ-У, КПД-3, АСУ ЭДТ
- Представлены основные возможности и функции систем контроля параметров.

На основе исследования в первой главе выбрали спутниковую систему Gilatc комплексом контроля параметров движения КПД-3.

2 НАЗЕМНАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ С БОРТА ТПС

2.1 Структура наземного комплекса спутниковой связи

Суть предлагаемой технологии состоит в создании информационного канала телеметрической системы, который обеспечивает согласование РПДА и низкопрофильной антенной системы (на базе мобильной антенны RaySatE-7000) для постоянной передачи (или в заданные периоды или частоты передачи) регистрируемых параметров движения ТПС на сервер локомотивного депо, а также на сервер управления дороги в реальном режиме времени.

Новизна заключается в том, что впервые используются технологии регистрации и передачи параметров ТПС в движении и на стоянке по спутниковым каналам связи Ku диапазона.

Рынок услуг в пассажирских и грузовых перевозках получит дополнительный импульс в решении проблем увеличения грузооборота, а также повышения эффективности за счет достижения следующих показателей.

1) Экономия электроэнергии на тягу каждым оборудованным локомотивом в диапазоне 5% - 15%, в зависимости от режимов работ электролокомотива.

2) Сокращение расходов ЖД (депо), связанных с дешифрацией скоростемерных лент, учета потребляемой электроэнергии, поиска неисправностей и исправления неисправностей ТПС, устранения последствий неисправностей в пути, тех. обслуживанием, со снятием электромеханических счетчиков; оптимизация эксплуатации техники будет около 20 %.

3) Экономия расхода до 5% расхода дизельного топлива и до 3% масла ТПС и повышения точности планирования, а также учета расхода топлива; снижение до 10% трудозатрат теплотехника за анализ расхода топлива или энергии.

4) Рост пропускной способности участков железной дороги на 10-12% , благодаря более точному выполнению графика вождения на основе данных, полученных по спутниковым каналам (скорость движения поезда $\pm 0,5$ км/ч, время ± 1 с) и т.д.

Существующие системы РПДА позволяют осуществлять измерение в автоматическом режиме более 50 параметров в режимах работы тепловоза, контролировать режимы работы дизель генератора тепловоза, вести точный учёт дизельного топлива в баках тепловозов, а также расход электроэнергии. В ходе работы ТПС производится регистрация и хранение значений получаемых параметров во внутренней памяти и на съёмный носитель информации (картридж), с возможностью выдачи графической и документальной распечатки регистрируемых данных, как в функции времени, так и пройденного пути (контур А). В РПДА также реализована передача данных по беспроводному каналу связи на сервер в режиме онлайн по

технологии GPRS. GPRS использует сеть сотовой связи и производит обмен данными с другими устройствами в сети GSM и с внешними сетями, в том числе Интернет. GPRS предполагает тарификацию по объёму переданной/полученной информации (контур В). По оценкам ряда специалистов в области IT перечисленные выше технологии устарели.

Состязательные преимущества системы состоят в следующем.

1. Инновационные преимущества. Телеметрическая система для ТПС создается впервые и позволит:

- повысить коэффициент готовности - соотношение «включил и работает». В оптике этот коэффициент - 75%, в DSL это 68%, а в спутнике – 92%;

- обеспечить пропускную способность, которая не менее 310 Мбит/с в обратном канале и 600 Мбит/с в прямом канале. В существующем мобильном GPRS или GSM пропускную способность часто можно сравнить с доступом DialUp, скорость которой до 56 кбит/с;

- обеспечить доступ к сети на участках железной дороги в безлюдных местах, а кроме того надежную и быструю передачу данных. Спутник более отказоустойчив, чем проводной интернет, что очень важно при необходимости непрерывной передачи данных. В Казахстане космические аппараты КазСат-2, КазСат-3 обеспечивают спутниковой связью высокого качества на 99,9% территории Казахстана. В мобильных сетях это невозможно;

- обеспечить автоматическую компенсацию воздействия погодных условий (снег, дождь, туман);

- обеспечить высокую отказоустойчивость. Внешнее оборудование (антенна и приемо-передатчик) способно работать круглосуточно в суровых климатических условиях: широком диапазоне температур и высоких ветровых нагрузках;

- обеспечить постоянную спутниковую аудио- и видеосвязь на всем протяжении участка железной дороги.

Установка предлагаемой системы на ТПС не предусматривает полный демонтаж устаревшей системы.

Технические и технологические преимущества обеспечат высокую прибыль за счет экономии топлива, электроэнергии и своевременного ремонта ТПС, которая достигает сотни миллионов тенге.

Структура предлагаемой организации системы спутникового контроля параметров движения тягового подвижного состава состоит из ЗССС и мобильной антенны, которая передает параметры движения, полученные от КПД-ЗП. Основными элементами в данной схеме являются устройство согласования, антенна RaysatER – 7000 (будет расположена на крыше ТПС), а также антенна типа 180 TX 1.8 м Класса III RxTx (будет расположена на приемной стороне). Схема представлена на рисунке 9.

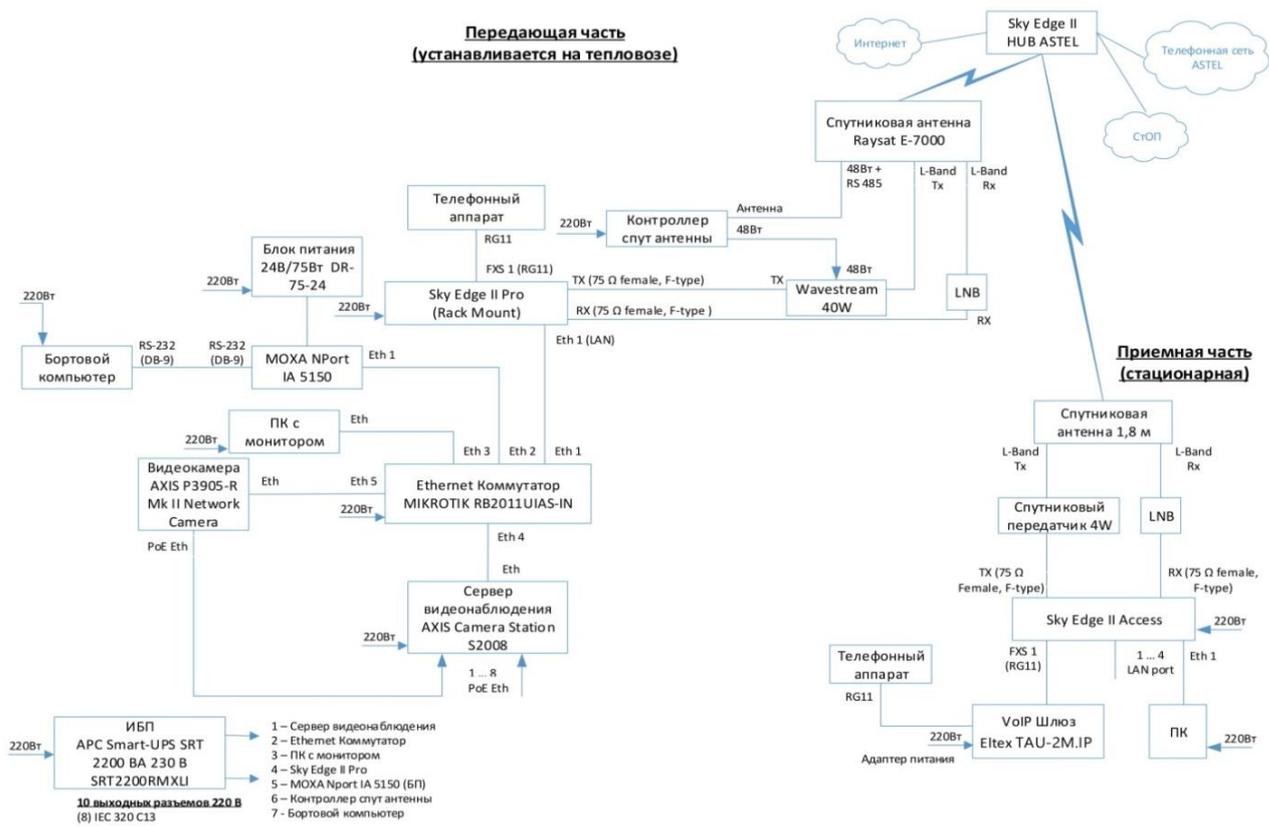


Рисунок 2.1 – Общая функциональная схема реализации спутниковой телеметрической системы мониторинга бортовых параметров движения тягового подвижного состава

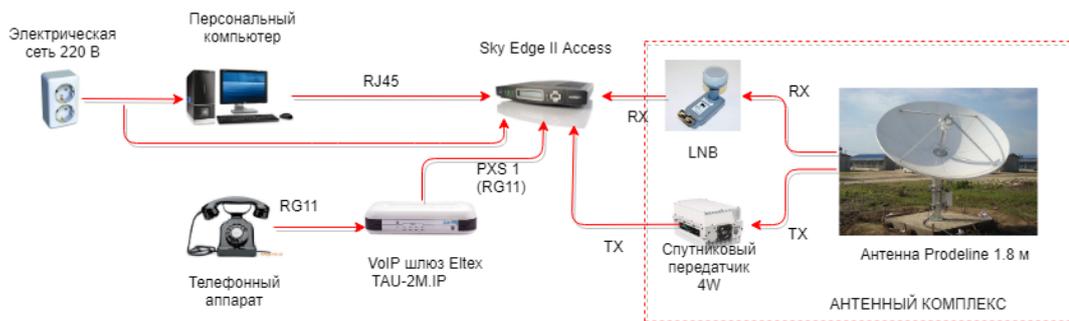


Рисунок 2.2 - Структура наземного комплекса спутниковой связи

Для осуществления приема данных о параметрах движения ТПС, а также аудио- и видеоданных, предлагается установить приемо-передающую станцию в городе Алматы.

Передача данных с ТПС на наземную спутниковую станцию будет осуществляться посредством HUB системы через коммерческий геостационарный телекоммуникационный спутник KazSAT – 3.

В общем случае спутниковая станция состоит из следующих основных деталей (рисунок 2.3):

- 1 Антенны \

- 2 штангами для крепления LNB и передатчика
- 3 Приемопередатчик;
- 4 Спутниковый модем;
- 5 Радиочастотного кабеля
- 6 коннекторы;
- 7 Споры для крепления антенны;
- 8 Кабеля заземления.

Как показал проведенный расчет линии связи для выбранного спутника, необходимой пропускной способности спутникового канала, приемная антенна должна быть диаметром не менее 1.8 метра и мощностью передатчика не менее 10 Вт. Оборудование спутниковой станции связи подразделяется на внешнее, где устанавливаемое радиочастотное оборудование на открытом воздухе (ODU), и внутреннее, где устанавливаемое радиочастотное оборудование в помещении, (IDU).

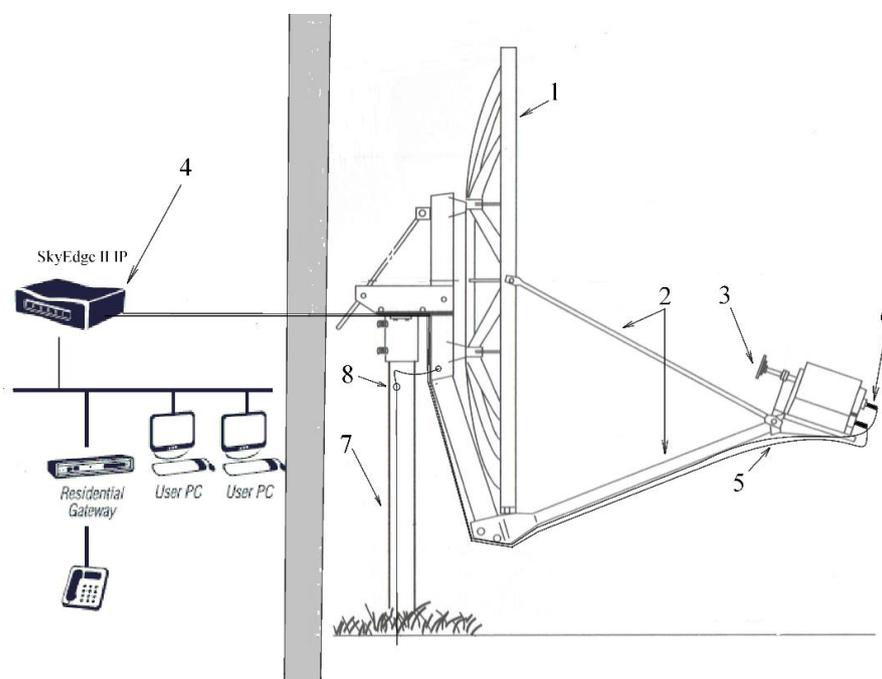


Рисунок 2.3 - ЗССС Sky Edge II Access

Внешнее оборудование, к которому относятся: Антенна с облучателем, штанги для крепления приемопередатчика.

Антенна типа 180 TX 1.8 м Класса III RxTx (рисунок 2.4) – это надежное изделие промышленного качества, пригодное для использования в наиболее требовательных областях применения. Рефлектор из термоактивной пластмассы, что обеспечивает прочность и точность поверхности.



Рисунок 2.4 – Общий вид земной станции спутниковой связи

В тыльную сторону рефлектора запрессована сеть ребер жесткости, которые не только усиливают антенну, но и помогают поддерживать точную параболическую форму, необходимую для передачи. Технические и эксплуатационные характеристики антенны приведены ниже в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические и эксплуатационные характеристики антенны 180 TX 1.8 м Класса ПIRxTx

Наименование	Значение
Модель антенны	62-18356-01С
Эффективная апертура	1.8 м (71 дюйм)
Частота Tx	13.75 - 14.50 ГГц
Частота Rx	10.70-12.75 ГГц
Поляризация	Линейная, ортогональная
Диапазон регулировки подъема	10 ⁰ – 90 ⁰ , непрерывная точная регулировка
Температура	от - 50 ⁰ С до +80 ⁰ С
Ветровая нагрузка	Эксплуатационная - 80км/ч Максимальная – 200 км/ч

К внутреннему оборудованию(IDU) относится спутниковый модем VSAT, в данном случае выбран SkyEdge II Access (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Общий вид спутникового терминала SkyEdgeIIAccess

VSAT терминал от Gilat. Sky Edge II Access поддерживает широкополосный IP доступ, групповую адресацию предприятия в удаленных местах, имеет возможность подключения карт расширения. Оборудование Sky Edge II Access обеспечивает широкополосный доступ и поддерживает VoIP связь, а также работу иных мультимедийных приложений.

В SkyEdge II Access заложены стандарты DVB-S2 и DVB-RCS, которое имеет модульную конструкцию, допускающая увеличение возможностей VSAT. В два слота расширения можно добавлять дополнительные платы расширения, такие как, платы телефонных расширений и др.

Ниже представлены особенности SkyEdge II Access:

- Встроенные компрессия VoIP, QoS и ускорение TCP, HTTP и VPN систем;
- Высокая скорость входящих, исходящих каналов связи;
- Наибольшая эффективность при использовании ACM и приспособляемого управления входящими каналами стандарта DVB-S2;
- VSAT-терминал на базе стандартов DVB-S2 и DVB-RCS с увеличенной функциональностью.
- Встроенные порты ЛВС и два порта расширения VoIP связи;

Оснащение спутниковой станции связи причисляется к разряду необслуживаемых и не требует длительного вмешательства в свою работу. В случае надобности в произвольный момент времени зрительно можно проверить трудоспособность станции. Чтобы достичь желаемого результата спутниковый терминал располагает пятью светодиодами (Power, Rx, SYNC, On-Line, TX) в передней панели VSAT модема.

В управлении оператора, пребывающего в приемном пункте спутниковой станции, будет иметься телефон для связи с ТПС и персональный компьютер для настройки и выведения полученных данных.

Телефонный аппарат (серии Panasonic) будет соединяться со спутниковым модемом SkyEdgeII Access через абонентский шлюз TAU-2M-IP



Рисунок 2.6 – Общий вид абонентского шлюза со встроенным роутером

TAU-2M-IP это клиентский шлюз, в котором встроен роутер предназначен для соединения аналоговых и факсимильных агрегатов в сеть с интернет протоколом. Сервис предоставляется посредством конвергентной сети передачи данных, в которой в качестве переключательного узла могут употребляться различные IP-PBX.

Ключевые особенности:

- отличное качество звука
- низкая стоимость за порты FXS
- LAN интерфейс класса 10/100Base-T
- VLAN на каждые услуги
- Авто конфигурирование (TR-069, DHCP)
- Резервирование 3G или 4G

Интерфейсы в TAU-2M.IP, VoIP-шлюз имеет 2 порта FXS, порт RS232 класса 10/100 Base-T для подключения ПК в всемирную сеть, а также порт WA. А также USB-порт, который предназначен для подключения 3G или 4G модема.

Достойный уровень звука. Высокопроизводительная аппаратная платформа на основании современного чипа Realtek, при помощи которого осуществляется поддержка всех ключевых аудиокодеков, употребляемых в VoIP-сетях такие как G.726, G.723.1, G.711, G.729 функций эхо-компенсации, генератора комфортного шума, сенсора тишины, приема, а также генерации сигналов DTMF, и механизмов приоритизации трафика (QoS) гарантируют качество VoIP информации.

2.2. Разработка методологии монтажа и инсталляции ЗССС

При выборе места установки антенны необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. В направлении в сторону спутника ретранслятора от места установки антенны не должно быть препятствий в виде здания или сооружений, деревьев или других препятствий, закрывающие прямую “видимость” на спутник.
2. Во время установки антенны на земле должен учитываться характер грунта (земля, камень, арболит и т.п.).
3. При установке на крыше нужно учитывать, что крыша обязана быть железобетонной и иметь выработку не больше 5 градусов.
4. При установке на крышу здания нужно убедиться, что прочность кровли будет выше максимальной нагрузки в 200 килограммов на квадратный метр по СНиПу 2.01.07-85.
5. Для инсталляции антенны на земле или на крыше здания требуется горизонтальная площадь соответствующих размеров, указанная в таблице 2.2:

Таблица 2.2 - Требования к установочному месту

№	Размер диаметра антенны	Нагрузка на площадку (максимум)	Площадка
1	1.2 м	800 кг	2x2 м
2	1.8 м	1500 кг	4x4 м

6. Антенны с равным или меньшим диаметром 1.2 м, можно крепить на поверхность стен, где необходимо учитывать тип и толщину стены. В качестве креплений использовать шпильки.

7. Антенна не должна быть расположена более 60 метров от помещения где находится IDU и оборудования передачи. Допустимая норма длины ВЧ кабеля составляет 60м

8. Необходимо учитывать все нагрузки, включая вес оборудования и ветровые или иные погодные нагрузки для обеспечения надежного крепления.

2.2.1 Монтаж и инсталляция ЗССС

Установка антенны Prodelin 1.8м производится на грунт рядом с зданием.

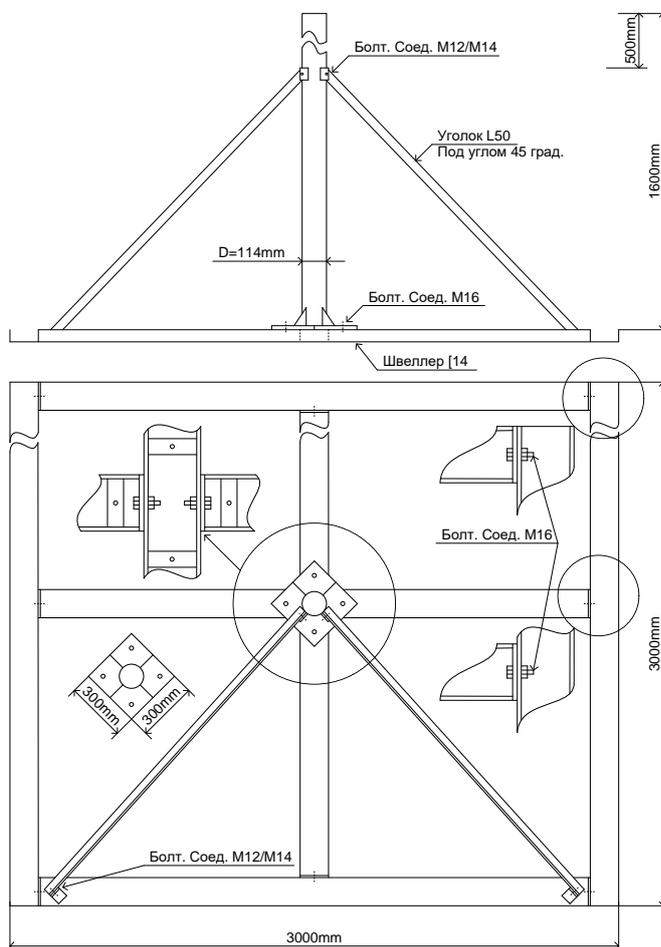


Рисунок 2.7 – Конструкция напольная под спутниковую антенну D=1.8м, разборная

В данной конструкции используется труба диаметром 114 мм и длиной 3 метра, высота над грунтом должна составлять 1,6 метров.

2.2.2 Монтаж ВЧ кабеля и разъемов

Прокладка ВЧ кабеля от места установки антенны до места установки модема:

- Линия прокладки и длина ВЧ кабеля обусловлена конструктивными спецификами сооружения и типом используемого спутникового оборудования. Протяженность кабеля наибольшая — 60 м.

- ВЧ кабели проводятся вдали от нагревательных оборудований и приборов, а также электромагнитных излучателей (силовых кабелей).

Виды прокладки ВЧ кабеля должны исключить вероятность обрыва кабеля от избыточного натяжения. Наименьший радиус загиба ВЧ кабеля обязан быть не менее 100 мм., т.к. при более остром перегибе возможно нарушится согласование кабеля или даже произойти его обрыв. По стенам ВЧ-кабель прокладывается в пластиковых кабелегонах или крепится токсами, где расстояние между ними не более 30см. Разрешено прикреплять ВЧ кабель затяжками к прочим (не силовым) кабелям или конструкциям здания, идущим в том же направлении. Запрещается свободный провис ВЧ кабеля с крыши до места, где производится ввод в помещение без крепления кабеля к стене или крепления посредством натянутой стальной проволоки.

- при прохождении ВЧ кабеля через наружные стены, оконные, а также дверные рамы отверстия должны быть герметизированы силиконом.

- Разъемы на ВЧ кабель устанавливаются согласно инструкции. Пример установки разъема «F» на ВЧ кабеле RG11 показан на рисунке 16.

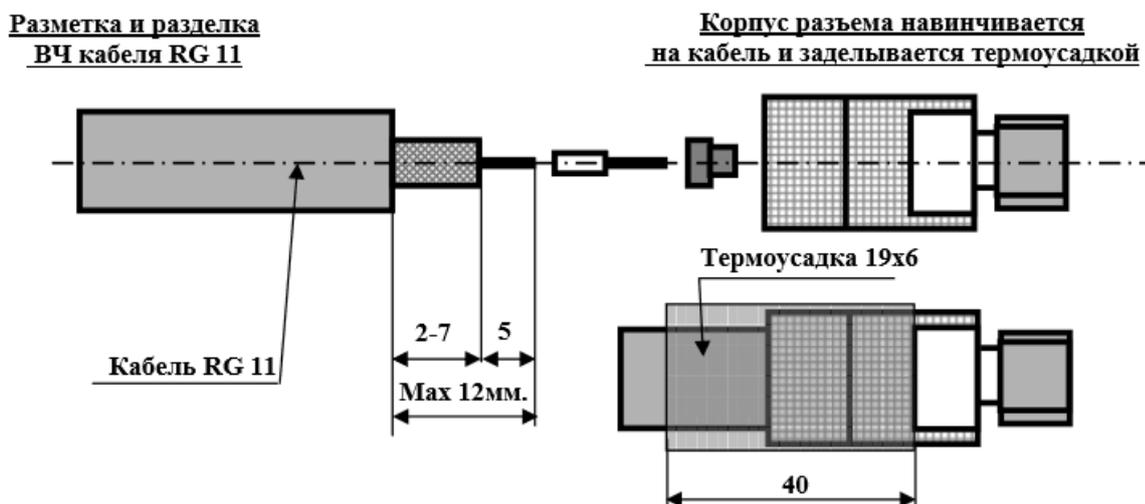


Рисунок 2.8 – Установка разъема типа «F» на ВЧ кабель RG 11

- Проверяется качество соединений в кабеле с помощью омметра. Для этого на одном из концов кабеля измеряется сопротивление между центральным проводом и оплеткой. Контакта быть не должно. Затем

замыкается накоротко центральный контакт с оплеткой и измеряется сопротивление между центральным контактом и оплеткой на другом конце кабеля. Сопротивление должно быть не более 1 Ом.

- Подключается ВЧ разъем к передатчику и разъем к конвертору(LNB)
!!!Внимание: Соединение разъемов с внешним ВЧ оборудованием герметизируется сырой резиной для защиты от неблагоприятных метеорологических условий.

!!! Внимание: Убедиться в целостности защитной пленки на лицевой стороне облучателя. Проверьте целостность и качество герметизации разъемов переключки между конвертором и передатчиком.

2.2.4 Монтаж провода заземления и наконечников

Для электрозащиты, молниезащиты и снятия статического напряжения приемопередатчик и основание антенны соединяются проводом заземления с контуром заземления здания.

- Сечение провода заземления должно быть - не менее 6 кв.мм. при длине провода до 65 м. и не менее 8 кв.мм. при длине до 100 м. Маршрут прокладки провода заземления - произвольный. Необходимо предусмотреть исключение обрыва или передавливания 2-7 5 Max 12мм. Кабель RG 11 Разметка и разделка ВЧ кабеля RG 11 Корпус разъема навинчивается на кабель и заделывается термоусадкой провода. Крепление провода к стенам здания осуществляется токсами, затяжками или в кабелегонах (аналогично ВЧ кабелю или вместе с ним).

- Соединение провода заземления со всеми элементами оборудования должно быть осуществлено при помощи наконечников под винтовой или болтовой крепеж. Внимание: Наконечники на проводе заземления обжимаются и оплавляются.

- В обязательном порядке заземляются:

А) Приемопередатчик; Б) Позиционер антенны; В) Основание антенны.

- Заземление осуществляется по следующей схеме:

Вначале провод заземления крепится к приемопередатчику (болт GND), затем закрепляется под один из болтов позиционера и основания антенны (это может быть болт фиксации стакана позиционера на трубе антенного основания) и потом крепится к контуру заземления здания.

ВЧ кабель и провод заземления закрепляются на нижней штанге (гусаче) антенны и на металлоконструкциях основания - затяжками (рисунок 2.9).

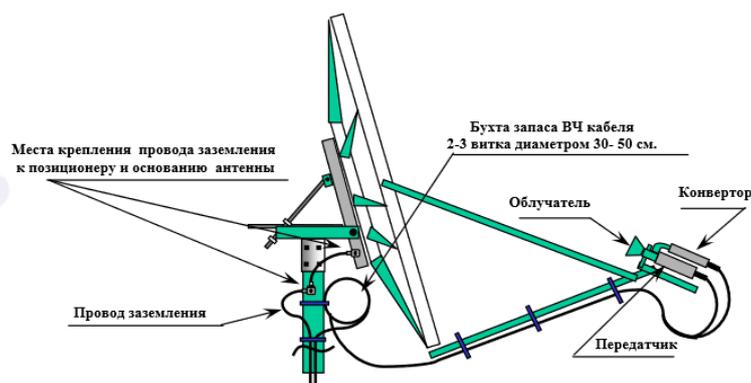


Рисунок 2.9 – Прокладка ВЧ кабелей и провода заземления (пример дан для СС DialAway IP)

Места крепления провода заземления к позиционеру и основанию антенны. Провод заземления. Бухта запаса ВЧ кабеля 2-3 витка диаметром 30-50 см. Передатчик. Конвертор. Облучатель \ Монтаж внутреннего оборудования.

Внутреннее оборудование спутниковой станции должно устанавливаться в сухом помещении, где температура воздуха составляет от +10 до +30°C и влажности не более 80% (желательна установка кондиционера).

Спутниковый модем устанавливается на свое рабочее место (стойка, стол) и к нему подводятся ВЧ кабель и кабель питания. Все кабели аккуратно раскрепляются на стене помещения или стойке (с задней стороны модема) так, чтобы не было лишнего провисания кабелей. Запас ВЧ кабеля сматывается в бухту диаметром 50-80см. и закрепляется в удобном месте на стене помещения.

Все навесные элементы – кронштейн заземления ВЧ кабеля, делители, сумматоры, усилители и т.п. – должны быть надежно закреплены в удобном месте на стене помещения, в стойке или на столе рядом с модемом СС.

2.3. Разработка рекомендаций по приему и обработке информации о параметрах движения тягового подвижного состава

TAU-2M.IP имеет следующие интерфейсы порт LAN10/100 Base-T для интернета, 2 порта FXS для аналоговых телефонов, порт WAN10/100 Base-T и порт USB. Эти порты необходимы для подключения ПК к интернету, для подключения аналоговых телефонных и факсовых аппаратов, и для подключения 3G/4G USB модема.

Высокое качество звука. Представленная платформа поддерживает все основные кодеки аудио такие как G.723.1, G.711, G.729, G.726, функцию эхо-компенсации, механизмов QoS, генератора комфортного шума, детектора тишины, приема сигналов DTMF, а также генерации сигналов DTMF.

Реализовано все это на базе чипа Realtek, и благодаря этому обеспечивается высокое качество звука. Также на ПК оператора будет установлено специальное ПО для расшифровки данных, получаемых с устройства мониторинга данных. Общий вид интерфейса программы представлен на рисунке 2.10.

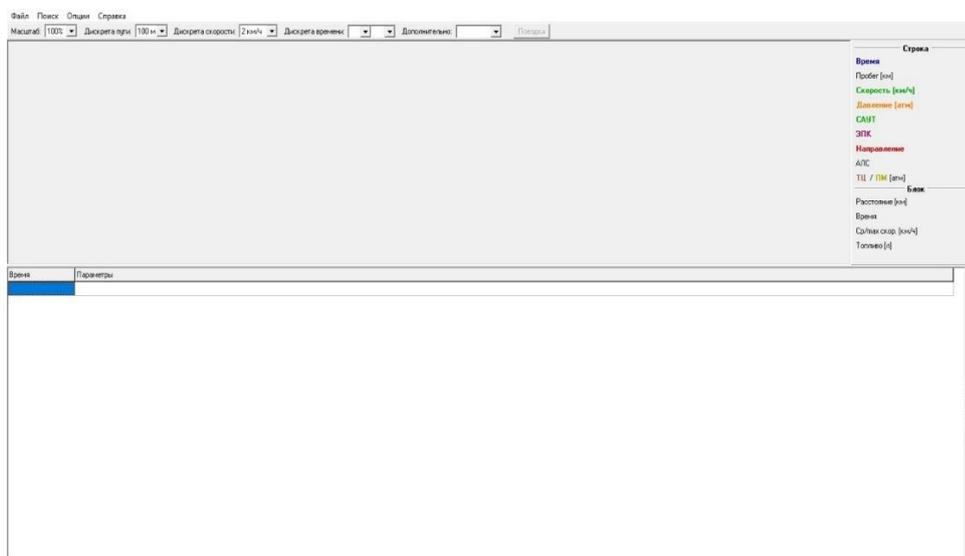


Рисунок 2.10 – Основное окно ПО для расшифровки данных, получаемых с устройства мониторинга данных

Ниже приведен основной перечень функций программы:

1. Представление данных в графической (скоростемерная лента, график уровня топлива) и текстовой формах;
2. Поиск нарушений - случаев превышения заданной скорости;
3. Печать данных графической расшифровки, всех или фрагмента;
4. Возможность сохранения результатов расшифровки в файл.

На рисунке 2.11 представлено окно графической расшифровки, содержащее фрагмент скоростемерной ленты. В правой части окна ПО представлены численные данные о поездке ТПС (время в пути, скорость, пробег и т.д.), в центре - графическая интерпретация полученных данных.

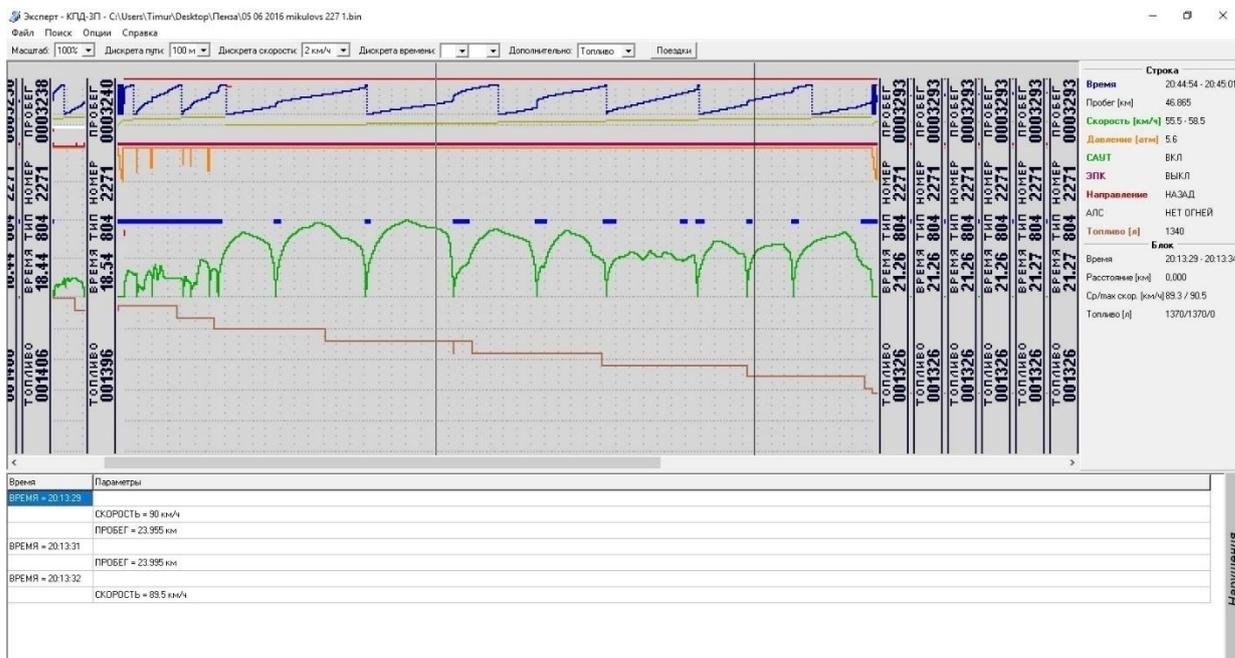


Рисунок 2.11 – ПО для расшифровки данных, получаемых с устройства мониторинга данных

2.4 Выводы по второй главе

Во второй главе представлены:

- Структура наземного комплекса спутниковой связи, которая состоит из наземного антенного комплекса и мобильной станции на борту типового тепловоза.
- Разработка методологии монтажа и инсталляции ЗССС.
- Разработка рекомендаций по приему и обработке информации о параметрах движения тягового подвижного состава.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1. Разработка методологии автономных испытаний спутниковой системы мониторинга параметров ТПС

В приемной части по техническому предложению решено использовать в качестве VSAT модема терминал - Sky EdgeII Access (рисунок 3.1). Sky EdgeII Access – действительно многофункциональный VSAT-терминал с функциями IP-маршрутизатора, встроенным программным обеспечением для ускорения передачи данных по протоколам IP и HTTP, поддержкой VPN, VoIP и модульной архитектурой. Поддержка функции контроля качества обслуживания (QoS) для всех типов трафика позволяет назначать приоритеты и, тем самым, обеспечивает справедливое обслуживание на основе DiffServ для данных, а также резервирование полосы пропускания для передачи голосовых данных, что гарантирует всем приложениям надлежащее качество обслуживания. Sky EdgeII Access представляет собой универсальный VSAT-терминал, отвечающий требованиям практически любых рынков.



Рисунок 3.1 – Внешний вид Sky Edge II Access

Платы расширения с двумя разъемами RJ-11 FXS поддерживают голосовую связь, а плата полносвязных соединений позволяет свести к минимуму задержки связи при прямых соединениях между VSAT-терминалами. Кроме того, Sky Edge II Access можно заказать в варианте для монтирования в стойке или настольном варианте, включая возможность выбора внешнего или встроенного блока питания переменного или постоянного тока.

Терминал Sky Edge II Access имеет шину с гнездами расширения для подключения дополнительных модулей. Гнезда расширения VSAT-терминалов показаны на рисунке 21. Одна плата расширения для передачи голосовых данных может обслуживать две телефонные линии с собственными телефонными номерами в коммутируемой телефонной сети общего пользования. На плате интерфейса телефонной линии расположен один процессор цифровых сигналов (DSP) с физическим интерфейсом (SLIC), который выполняет всю работу по уплотнению и разуплотнению голосовых

данных (6,4 кбит/с ITU G723.1 и 8 кбит/с ITU G729), трансляции факсовых сообщений и потоков данных, глушению эхо и передаче сигнала.

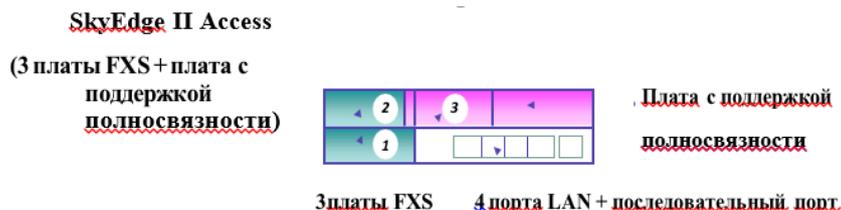


Рисунок 3.2 - Плата расширения

Для проверки на автономное включение станции необходимо настроить систему и подключить необходимые оборудования, как на рисунке 3.3.

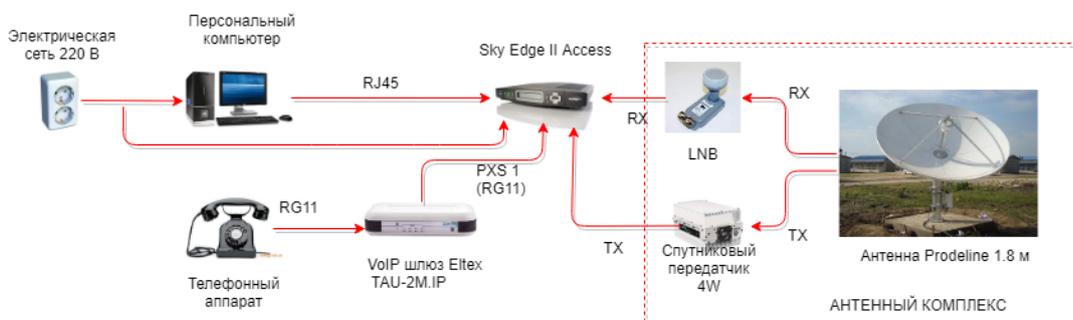


Рисунок 3.3- Подключение оборудования в приемной части

Для их настройки необходим минимальный набор параметров (таких как параметры тракта прямого канала), после чего они могут войти в сеть и начать передачу. После регистрации VSAT-терминала в сети система управления сетью (NMS) с помощью эфирного (OTA) программирования осуществляет его дальнейшую настройку. VSAT-терминалы программируются через канал спутниковой связи, что позволяет загружать обновления программного обеспечения и изменять параметры их конфигурации. Данные конфигурации VSAT-терминалов Sky Edge II хранятся в их энергонезависимой флэш-памяти. Использование энергонезависимой памяти позволяет VSAT-терминалам автоматически восстанавливаться после перебоев электроснабжения без повторного эфирного перепрограммирования. Это значительно повышает доступность сети и эффективность использования космического сегмента там, где возможны частые перебои электроснабжения.

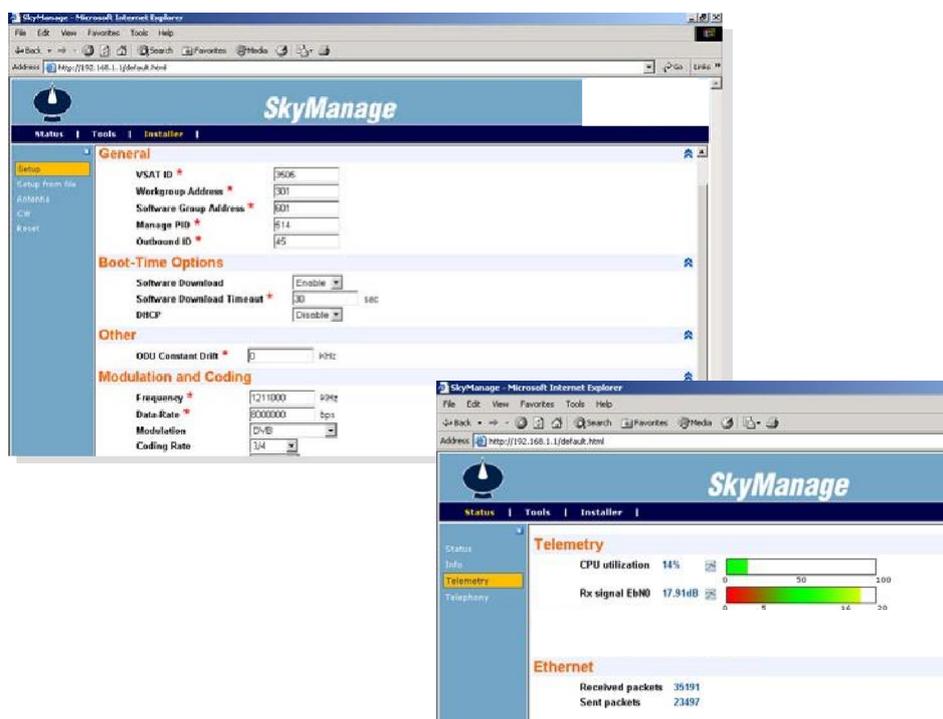


Рисунок 3.4 - Встроенный интерфейс для настройки терминала

VSAT-терминалы Sky EdgeII Pro оборудованы ЖК экраном и шестиклавишной консолью-навигатором, которые позволяют производить конфигурацию «без инструментов» и могут использоваться как вспомогательные устройства во время технического обслуживания.

Еще один способ настройки VSAT-терминалов на месте – встроенный веб-интерфейс SkyManage. Он также отображает состояние VSAT-терминала (например, поиск идентификатора тракта прямого канала OID, поиск частоты тракта прямого канала). Пока VSAT- терминал находится в рабочем режиме, он может отображать через различные пункты меню такую информацию, как версия программного обеспечения, IP и MAC-адреса, подключенные платы расширения и т.д. К дополнительной информации относится информация о состоянии VSAT-терминала, например, загрузка центрального процессора, E_b/N_0 , число принятых и отправленных пакетов и т.д. Кроме того, VSAT-терминалы Sky Edge имеют интерфейс SNMP для сбора телеметрической информации локальными серверами SNMP.

Тест драйв обеих систем производился по разработанному алгоритму испытаний, указанных ниже в таблицах.

Результаты испытаний считают положительными, а систему МБПТПС – выдержавшей испытания, если система МБПТПС испытана в полном объеме и последовательности в соответствии с настоящей Программой.

Результаты испытаний считают отрицательными, а систему МБПТПС - не выдержавшей испытания, если по результатам испытаний будет обнаружено несоответствие в системе МБПТПС хотя бы по одной из характеристик. Главный инженер компании АО «ASTEL» должен принять

меры по устранению выявленных несоответствий. После устранения неисправностей/неточностей испытания повторяются.

1. Состав предъявляемой документации

К началу испытаний представляется следующая документация:

- Настоящая Программа и методика испытаний;
- Рабочие журналы опытной эксплуатации;
- Эксплуатационная документация по приемопередающей подвижной станции спутниковой связи Raysat ER – 7000;
- Эксплуатационная документация по приемо-передающей Земной Станции Спутниковой Связи Ku-диапазона с антенным диаметром 1.8 м (ЗССС).

2. Средства для проведения испытаний

Для проведения приемочных испытаний требуется следующее оборудование:

- Спутниковая антенна RaySat ER - 7000;
- Спутниковый модем Sky Edge II Pro;
- Система видеорегистрации и голосовой связи;
- Приемо-передающая Земная Станция Спутниковой Связи Ku - диапазона с антенной, диаметром 1.8м;
- Спутниковый модем Sky Edge II Access;
- Кабельная сеть.

3. Порядок проведения испытаний

Испытания должны проводиться в полном объеме и последовательности, приведенных в таблицах ниже.

4. Методы испытаний

4.1. Проверка комплектности антенной системы Raysat ER - 7000 по таблице проводится путем сравнения комплектности, внешнего вида, спецификаций и маркировки представленного оборудования с данными, указанными в формуляре и других эксплуатационных документах.

Порядок и правило установки антенны Raysat ER - 7000 должны выполняться в соответствии с эксплуатационной документацией. В качестве тестовых испытаний, антенну следует установить на крыше автомобиля. Длина кабеля разрешает такую инсталляцию.

4.2. Общий запуск приемопередающей подвижной станции спутниковой связи серии Raysat ER - 7000. Проверка запуска антенны RaySat ER - 7000 в оперативном режиме, настройка на спутник. Необходимо включить антенну RaySat ER – 7000 и модем Sky Edge II Pro. Соединить ноутбук к порту Ethernet модема Sky Edge II Pro и установить IP соединение. Проверка считается успешной, если общий запуск внешнего произведен успешно и было установлено соединение с модемом Sky Edge II Pro через Ethernet.

4.3. Испытание передатчика и его функций. Проверка связи между модемом Sky Edge II Pro и передатчиком Wavestream 40W, проверка работоспособности системы ПРД. Необходимо осуществить проверку связи

между модемом Sky Edge II Pro и передатчиком Wavestream 40W, а также проверить работоспособность системы ПРД.

4.4 Испытание голосовой связи в стационарном режиме. Проверка корректности конфигурации Sky Edge II Pro и голосовой связи во всей сети. Необходимо произвести проверку корректности конфигурации Sky Edge II Pro и голосовой связи во всей сети. Далее подсоединить телефонный аппарат к FXS порту и провести тестовый звонок.

4.5 Испытание голосовой связи в случае движения автомобиля. Проверка корректности работы голосовой связи в состоянии движения автомобиля.

4.6 Испытание видеосвязи в стационарном режиме. Проверка корректности конфигурации Sky Edge II Pro и видеосвязи во всей сети. Необходимо осуществить проверку корректности конфигурации Sky Edge II Pro и видеосвязи связи во всей сети. Подсоединить видеокамеру к маршрутизатору и проверить стабильность видеотрафика в состоянии движения автомобиля.

4.7 Испытание видеосвязи в случае движения автомобиля. Проверка корректности конфигурации Sky Edge II Pro и видеосвязи во всей сети.

4.8 Проверка на непрерывную работу. Работа антенной системы в случае одновременной передачи видео- и голосовой связи.

5. Подготовка акта приемочных испытаний

После завершения опытной эксплуатации инженерами компании АО «ASTEL» в 5-дневный срок составляется и утверждается акт индивидуального испытания оборудования в постоянную эксплуатацию.

Таблица 3.1 - Программа испытаний системы МБПТПС

№	Наименование испытаний и проверок пункта методики	Номер пункта методики
1	Проверка комплектности антенной системы. Установка антенны Raysat ER - 7000 на крыше автомобиля в соответствии с эксплуатационной документацией по установке подвижной станции спутниковой связи Raysat ER – 7000.	4.1
2	Общий запуск приемопередающей подвижной станция спутниковой связи серии Raysat ER - 7000. Проверка запуска антенны RaySat ER - 7000 в оперативном режиме, настройка на спутник.	4.2
3	Испытание передатчика и его функций. Проверка связи между модемом SkyEdge II Pro и передатчиком Wavestream 40W, проверка работоспособности системы ПРД.	4.3
4	Испытание голосовой связи в стационарном режиме. Проверка корректности конфигурации Sky Edge II Pro и голосовой связи во всей сети.	4.4

5	Испытание голосовой связи в случае движения автомобиля. Проверка корректности работы голосовой связи в состоянии движения автомобиля.	4.5
6	Испытание видеосвязи в стационарном режиме. Проверка корректности конфигурации Sky Edge II Pro и видеосвязи во всей сети.	4.6
7	Испытание видеосвязи в случае движения автомобиля. Проверка корректности конфигурации Sky Edge II Pro и видеосвязи во всей сети.	4.7
8	Проверка на непрерывную работу. Работа антенной системы в случае одновременной передачи видео- и голосовой связи.	4.8

Таблица 3.2 – Программа, методика испытаний

1. Общий запуск приемопередающей подвижной станция спутниковой связи серии Raysat ER - 7000			
Цель испытания	Проверка запуска антенны RaySatER - 7000 в оперативном режиме, настройка на спутник.		
Испытание:	Включение антенны RaySat ER – 7000, модема Sky Edge II Pro. Соединить ноутбук к порту Ethernet модема Sky EdgeIIPro и установить IP соединение.		
А) Результаты испытаний			
Режимы работы		Удовл.	Неудовл.
Загрузка была успешной: Индикаторная лампочка горит зеленым цветом			
Установлено соединение с модемом Sky EdgeIIPro через Ethernet			
Б) Итог испытаний			
Общий запуск внешнего блока RaySatER – 7000 проведен успешно. Замечаний нет.			
2. Испытание передатчика и его функций			
Цель испытания	Проверка связи между модемом Sky EdgeIIPro и передатчиком Wavestream 40W, проверка работоспособности системы ПРД.		
Испытание:	Подача немодулированной несущей (CW) и оценка ее на частотном анализаторе спектра.		
Примечание: Во время испытания передатчик должен быть включен и внешний блок IDU должен быть установлен в пассивном режиме!			
3. Ожидаемый результат			
Получение немодулированной несущей с передатчика Wavestream 40W			
Результаты испытаний	Получено	Удовл.	Неудовл.

Класс мощности передатчика (10-60 Вт)	40 Вт		
Температура, градусы	25		
4. Итог испытаний			
Испытание передатчика и его функций проведено успешно. Замечаний нет.			

Таблица 3.3 Испытание голосовой связи в случае движения ТПС и в неподвижном состоянии

1. ИСПЫТАНИЕ ГОЛОСОВОЙ СВЯЗИ В СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ				
Цель испытания	Проверка корректности конфигурации Sky Edge II Pro и голосовой связи во всей сети.			
Испытание	1.Подсоединить телефонный аппарат к FXS порту 2.Провести тестовый звонок			
Результаты испытаний				
Соединение:	Корректность установки	Качество голосовой связи	Удовл.	Неудовл.
Ethernet-FXS	Ok	Ok		
Итоги испытаний				
Испытание голосовой связи в стационарном режиме проведено успешно. Замечаний нет.				
2. ИСПЫТАНИЕ ГОЛОСОВОЙ СВЯЗИ В СЛУЧАЕ ДВИЖЕНИЯ ТПС				
Цель испытания	Проверка корректности работы голосовой связи в состоянии движения ТПС			
Испытание	1.Подсоединить телефонный аппарат к FXS порту 2.Провести тестовый звонок в состоянии движения ТПС			
Результат испытаний				
Соединение:	Корректность установки	Качество голосовой связи	Удовл.	Неудовл.
Ethernet-FXS	Ok	Ok		
Испытание голосовой связи в состоянии движения ТПС проведено успешно. Замечаний нет.				

Таблица 3.4 – Испытание видеосвязи в случае движения ТПС и в неподвижном состоянии

1. ИСПЫТАНИЕ ВИДЕОСВЯЗИ В СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ				
Цель испытания		Проверка корректности конфигурации Sky Edge II Pro и видеосвязи связи во всей сети.		
Испытание		1.Подсоединить видеокамеру к маршрутизатору 2. Проверка стабильности видео трафика		
Результат испытаний				
Соединение:	Корректность установки	Качество видеосвязи	Удовл	Неудовл
Ethernet	Ok	Ok		
Итоги испытаний				
Испытание видеосвязи в стационарном режиме проведено успешно. Замечаний нет.				
2. ИСПЫТАНИЕ ВИДЕОСВЯЗИ В СЛУЧАЕ ДВИЖЕНИЯ ТПС				
Цель испытания		Проверка корректности конфигурации SkyEdge II Pro и видеосвязи во всейсети.		
Испытание		1.Подсоединить видеокамеру к маршрутизатору 2. Проверка стабильности видеотрафика в состоянии движения ТПС		
Результат испытаний				
Соединение:	Корректность установки	Качество голосовой связи	Удовл	Неудовл
Ethernet	Ok	Ok		
Испытание видеосвязи в состоянии движения ТПС проведено успешно. Замечаний нет.				

3.2 Расчет частотного ресурса для обеспечения функционирования спутниковой системы

Через линию связи сигналы посылаются к спутнику на ГСО, где они обрабатываются, а затем ретранслируются через линию связи обратно вниз, к ЗССС.

Линию спутниковой связи можно разделить на два участка: «Земля-спутник» и «спутник-Земля».

Главная особенность спутниковой линии связи - возникновение больших потерь сигнала и затуханием энергии сигнала на трассах большой протяженности. Так, при высоте орбиты равной 36 тыс. км, то есть на ГСО,

затухание сигнала может достигнуть 200 дБ. Кроме основного затухания в пространстве, сигнал в спутниковые линии связи зависит влиянию большого числа других факторов, поглощение в атмосфере и рефракция, влияние дождевых осадков и т.д. И в тоже время, на приемник спутника и ЗССС, исключая собственные флуктуационные шумы, воздействуют помехи разного рода в виде излучения космоса, Солнца и планет. Оптимальное проектирование системы в этих условиях с учетом влияния факторов позволяет ее проектирование, обеспечивая ее работу в суровых условиях. Также исключить излишки энергетического запаса, которые оказывают сложность проектирования земных и бортовых аппаратур.

Для обеспечения стабильного канала передачи данных необходимо определить телекоммуникационный спутник связи и произвести предварительный расчет линии связи. В данный момент территорию Казахстана покрывают следующие спутники: NSS-12, ISS-33e, Yamal 402, KazSat-3. Карты покрытия территории Казахстана представлены на рисунках 3.5-3.8.

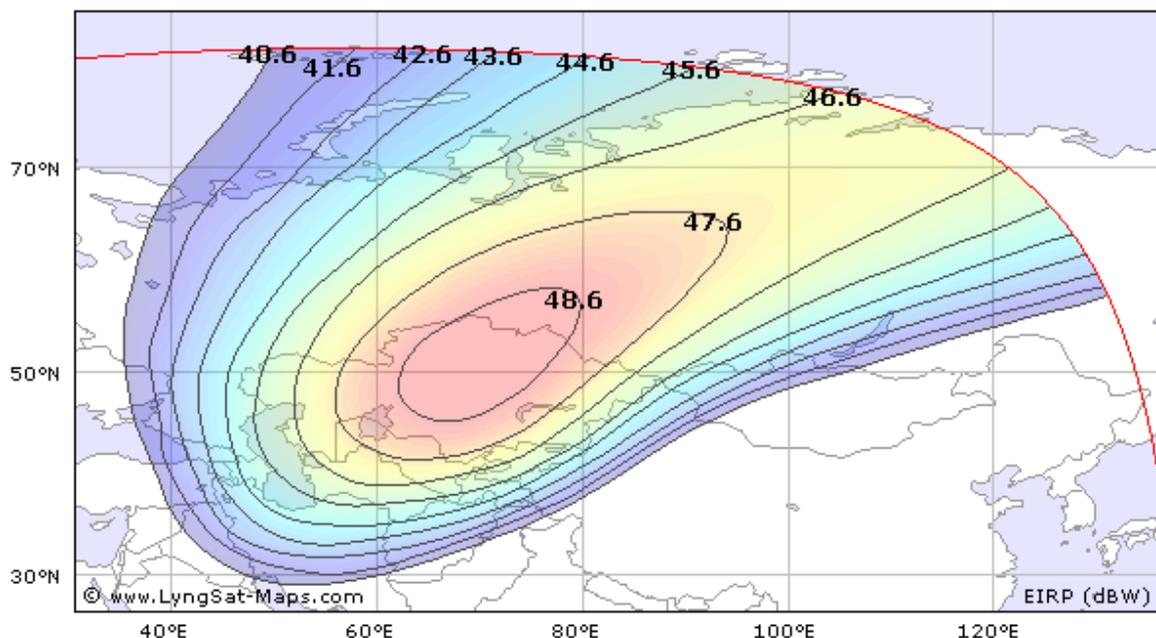


Рисунок 3.5 – Карта покрытия территории Казахстана спутником NSS-12

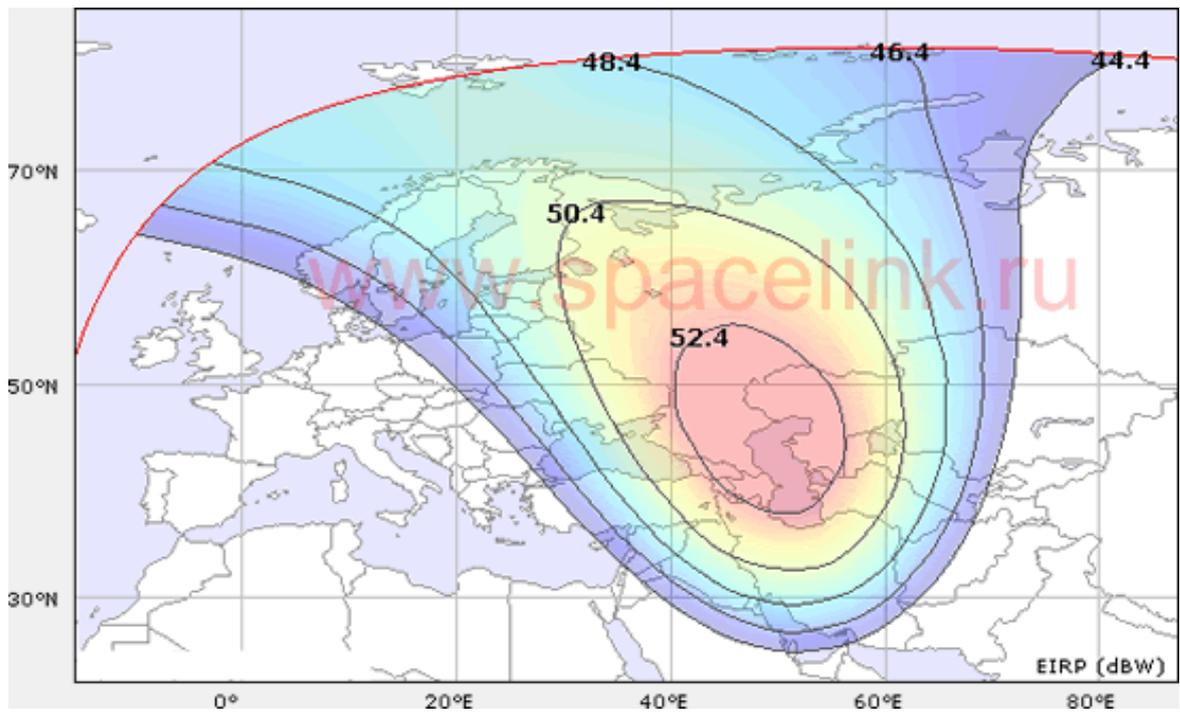


Рисунок 3.6 – Карта покрытия территории Казахстана спутником ISS-33e

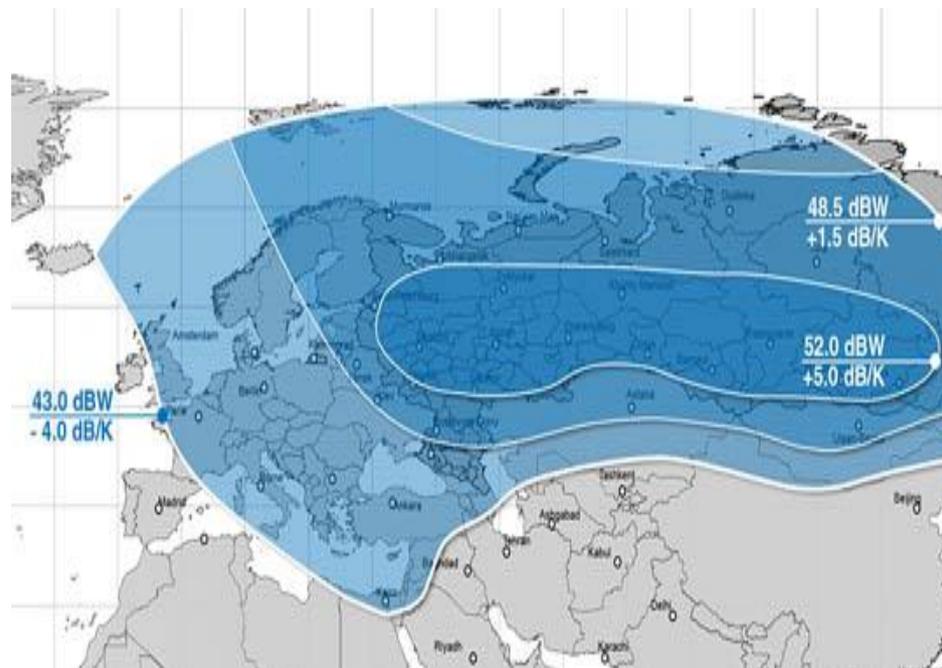


Рисунок 3.7 – Карта покрытия территории Казахстана спутником ISS-33e

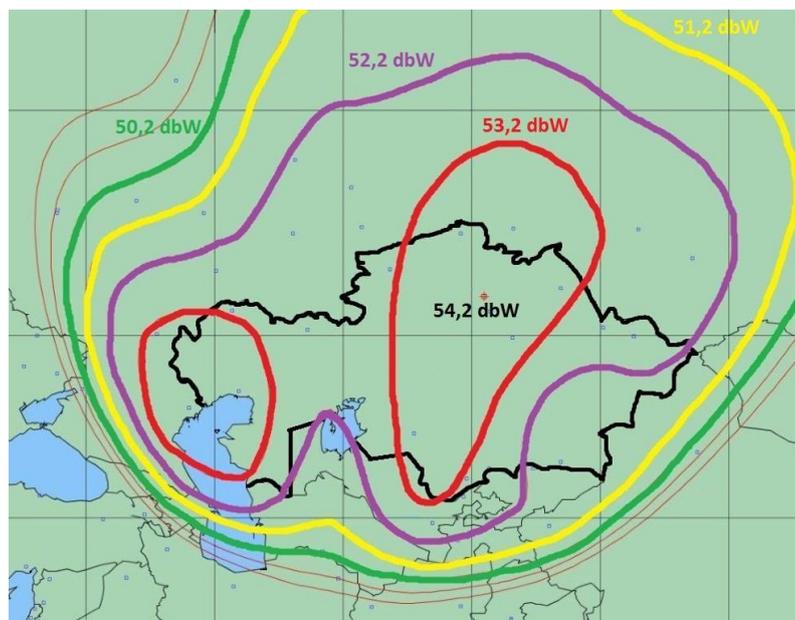


Рисунок 3.8 – Карта покрытия территории Казахстана спутником КазСат-3

Сравнительный частотный план спутников на линиях “вверх” и “вниз” представлены на рисунках 3.9 – 3.10. Отечественный спутник КазСат-3 покрывает практически всю территорию Казахстана и обеспечивает непрерывную связь. Кроме того, значительно упрощается задача согласования орбитально-частотного ресурса.

UPLINK

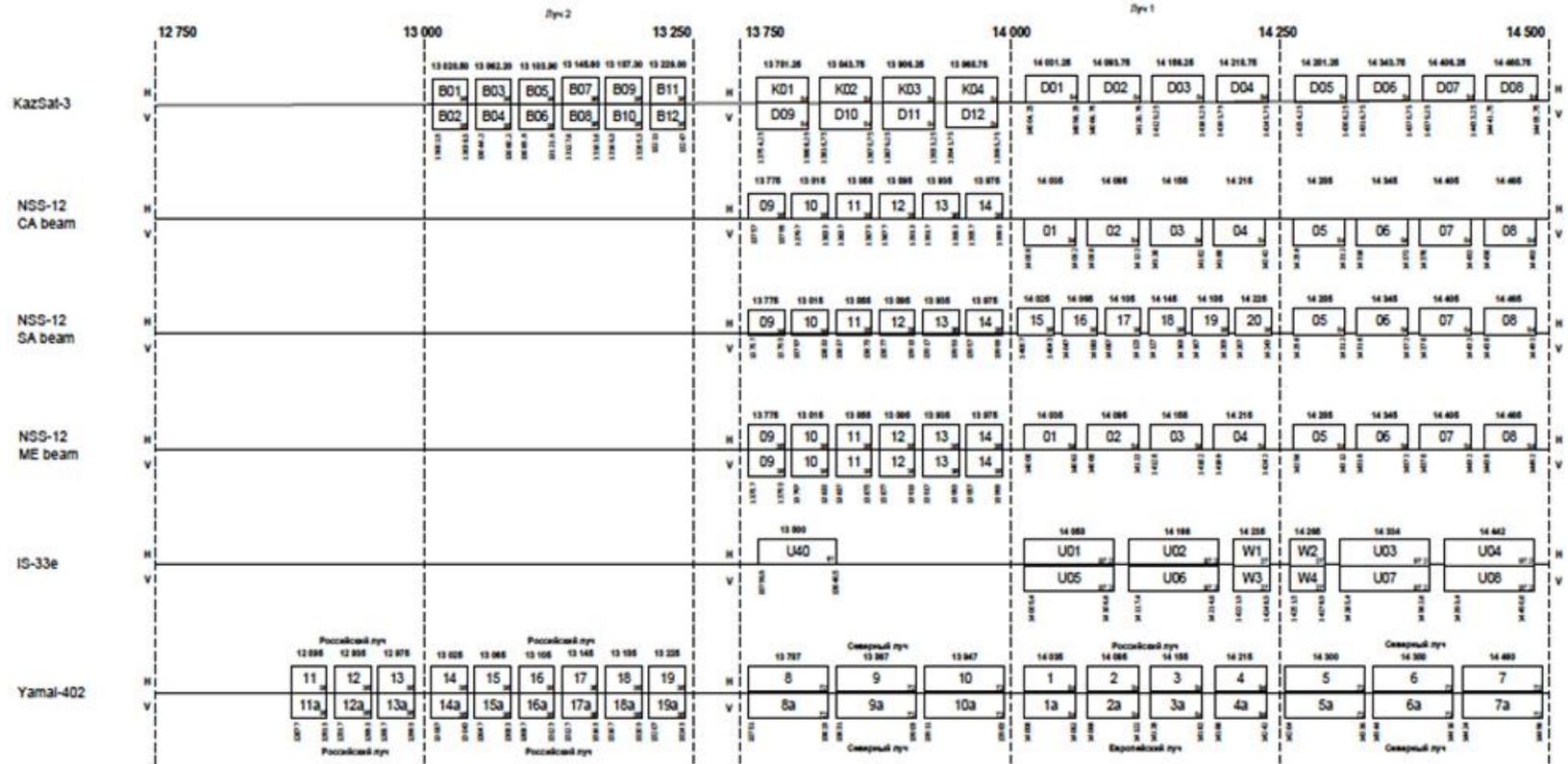


Рисунок 3.9 - Частотный план Ku - диапазона спутников на линии вверх

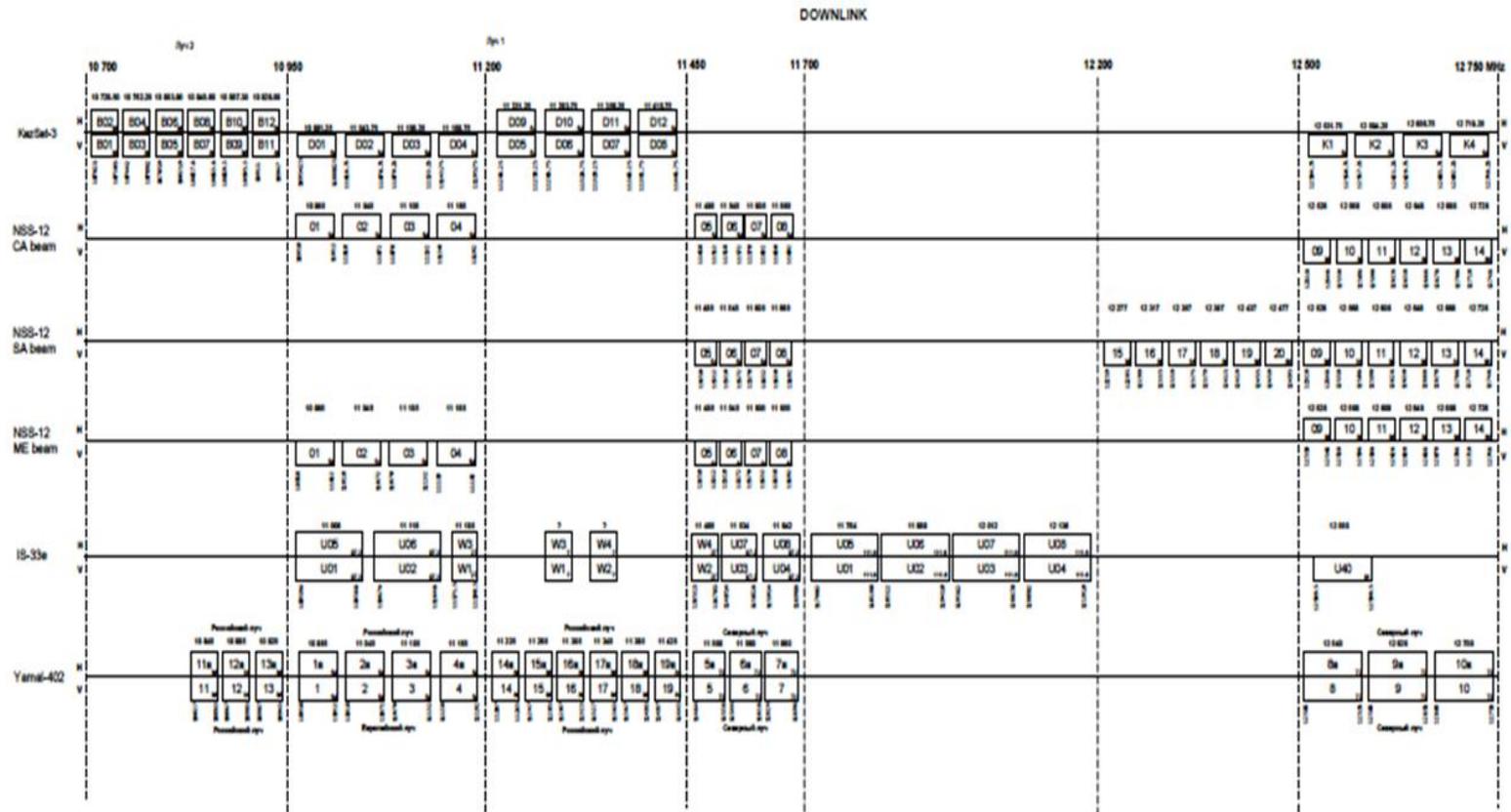


Рисунок 3.10 - Частотный план Ku - диапазона спутников на линии вниз

Расчет линии связи для подвижной антенны Raysat E-7000 и приемной антенны 1.8 м приведен в таблице 3.5. В качестве исходных данных принят канал связи Алматы 1,8м — территория Казахстана 0,6м E-7000. Для оптимального расчета рассматривается худший случай по зоне покрытия на линии вверх при передаче с E7000 и на линии вниз при приеме на E7000. Используется транспондер D02 спутника KazSat-3

Выбор технологии.

Для передачи данных и обеспечения видео-конференц связи необходимо наличие канала с высокой пропускной способностью. Стандарт передачи данных DVB RCS является наиболее подходящим стандартом для обеспечения высокоскоростной спутниковой связи.

Основой стандарта DVB RCS является технология DVB (Direct Video Broadcast) для до 90 Мбит/с в стандартном спутниковом стволе с полосой 125 МГц. Максимальная скорость в обратном канале достигает 8 Мбит/с.

Применение технологии DVB RCS обеспечивает высокоскоростной спутниковый доступ с приложениями реального времени (видео, голос, передача данных и т.д.), а также базовые IP приложения (Интернет, электронная почта, передачи файлов и т.д.). А также технология DVB RCS обеспечивает построение географически распределённых сетей (LAN/WAN), организацию речевых каналов и видеоконференций по требованию.

Такую систему могут использовать правительства, университеты, бизнес(мелкий/средний), домашние пользователи и больницы. Для пользователей на удаленной станции (SIT) трафик в прямом канале мультиплексируется в обычные DVB/DVB-S2 или MPEG-2/MPEG поток на ЦУС и передается на удаленную станцию. Данный поток передается со сверточным кодированием с использованием QPSK модуляции, или кодированием Рида-Соломона в формате DVB или MPEG-2, или в формате с LDPC/VCH кодированием с QPSK/ 8PSK в формате DVB-S2/MPEG. Обратный канал связи использует MF-TDMA с QPSK модуляцией с Турбо Кодированием и (для того, чтобы обеспечить простую работу с Интернет) используются промышленные стандарты для передачи данных от SIT к HUB станции, в частности Интернет протокол (IP) и режим асинхронной передачи (Asynchronous Transfer Mode - ATM).

Для создания спутниковой сети связи предполагается наличие ЗССС в городе Алматы и мобильная станция в регионах Казахстана.

Однако расчёт энергетических параметров для полносвязной спутниковой сети связи для всей территории Казахстана является обширной и трудоёмкой задачей, требующей большого объема информации и времени.

В рамках магистерской диссертации рассмотрена центральная земная станция (ЗССС) в г. Алматы, где будет находиться пункт приема и обработки

информации с борта тягового подвижного состава. В качестве передающей используем мобильную антенну E7-7000.

Расчет линии связи для подвижной антенны Raysat E-7000 и приемной антенны 1,8 м приведен в таблице 3.5. В качестве исходных данных принят канал связи Алматы 1,8м — территория Казахстана 0,6м E-7000. Для оптимального расчета рассматривается худший случай по зоне покрытия на линии вверх при передаче с E7000 и на линии вниз при приеме на E7000. Используется транспондер D02 спутника KazSat-3

Таблица 3.5 – Расчет линии связи Алматы 1,8м — территория Казахстана 0,6м E-7000

Параметры	Алматы 1,8м – E7000	E7000 – Алматы 1,8м
Скорость	1024	1024
Модуляция	QPSK 3/4	QPSK 3/4
Занимаемая полоса	0,82 МГц (Roff-off 0,2)	0,82 МГц (Roff-off 0,2)
E _b /N ₀	4 дБ	4 дБ
Требуемая мощность передатчика	5,86 Вт	21,08 Вт
Запас на дождь	4,72 дБ	7,12 дБ
Готовность линии связи 99,98%		

Таблица 3.6 - Расчет линии связи Алматы 1,8м — территория Казахстана 0,6м E-7000

Параметры	Алматы 1,8м – E7000	E7000 – Алматы 1,8м
Скорость	4096	2048
Модуляция	QPSK 3/4	QPSK 3/4
Занимаемая полоса	0,82 МГц (Roff-off 0,2)	0,82 МГц (Roff-off 0,2)
Требуемая мощность передатчика	3,88 Вт	10,32 Вт
Запас на дождь	3,44 дБ	5,26 дБ
Готовность линии связи 99,96%		

Более подробный расчет линии связи приведен в публикации, указанной в приложении А. Таким образом, расчет был произведен для спутникового канала

1Мбит/с, данная пропускная способность является достаточной для обеспечения передачи аудио-видео сигнала и передачи данных.

Согласно расчету линии связи, на приемной стороне необходимо установить приемную станцию с антенным диаметром 1.8м и мощностью передатчика не менее 10 Вт. При этом готовность линии связи достигает 99,96% на линии Алматы – территория Казахстана и 99,98 % – на линии территория Казахстана – Алматы.

3.3 Выводы по третьей главе

В экспериментальной части данной диссертации:

- Разработана методология индивидуального автономного испытания спутниковой телеметрической системы и его составных частей.
- Составлен АКТ и методология испытаний спутниковой телеметрической системы и его составных частей.
- Проведены автономные испытания по методологии, предусмотренной ГОСТ 16504-81 «Испытания и контроль качества продукции».
- Оформлены акты автономных испытаний голосового и видеотракта (Приложение Б).
- Произведен расчет частотного ресурса для обеспечения функционирования спутниковой системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены следующие результаты работ, выполненных в рамках диссертации:

1. проведены предварительные расчеты частотных ресурсов и объемов трафика. Так, для оптимальной передачи данных и аудио-, видео сигнала необходим спутниковый канал связи с пропускной способностью не менее 1 Мбит/с. Данным условиям удовлетворяет отечественный спутник КазСат-3, имеющий зоны покрытия на всей территории Казахстана;

2. внесены предложения по приему информации о параметрах движения ТПС. Согласно предварительным расчетам, необходимо установить антенну диаметром 1.8 метра и мощностью 10 Вт. На приемной стороне предлагается установить ПК с ПО по расшифровке данных мониторинга;

3. представлены результаты испытаний по приемопередающей подвижной станции спутниковой связи серии RaysatER-7000, результаты испытаний приведены в Приложении Б – Акт индивидуального испытания оборудования;

4. представлен тест драйв автономного включения спутникового комплекса связи.

Для использования системы GILAT представлены:

- тест автономного включения;
- результаты испытаний индивидуального оборудования.

В результате установлено, что требования по его сборке и монтажу, приведенные в документации предприятий-изготовителей, соблюдены и неисправности в его работе не обнаружены.

5. рассмотрены типовые топологии спутниковой связи Gilat и SkayWan, определен потенциал использования этих систем на территории Казахстана. В результате исследования определено, что антенная система Gilat более эффективна для обеспечения спутниковой связи на подвижных объектах.

6. опубликованы результаты проведенных работ по теме, указанные в приложении А.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Захватов А.В.; Автоматизированный учет расхода топлива // Локомотив. – 2017. – №7.
- 2 Игин В.Н., Захватов А.В., Карянин В.И.; Автоматизация контроля расхода топлива // Локомотив. – 2015. – №2.
- 3 Шкуропат И.; Преимущества оснащения локомотивов и ССПС новыми комплексами КПД-ЗПС // РСП Эксперт– 2017. – №5-6.
- 4 Юматов А.В.; Электронный скоростемер КПД-ЗПВ. – Локомотив топлива // Локомотив. – 2012. – №12.
- 5 Лакин И.И. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-программных комплексов топлива // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. – №1 (49).
- 6 Пат. 2595817 Российская Федерация, МПК G 01 D 21/00. Способы и устройства для измерения или испытания, не отнесенные к другим подклассам / Лакин И.И., Аболмасов А.А., Климова Ю.Г., Иванова Е.А.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "АВП Технология" . – № 2014101924/28; заявл. 22.01.14; опубл. 27.08.16, Бюл. № 24.
- 7 Спутниковая связь. Фиксированная спутниковая служба: Справочник МСЭ. – 2-е изд., перераб. и доп. Напечатано в России, 1992. – 628с.: ил.
- 8 SatelliteCoverageMaps // Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.satbeams.com/footprints>.
- 9 Спутниковая система связи Инмарсат // Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.trans-service.org/ru>: 03.10.2019
- 10 Сайт SES Global. Fiscal Year 2008 -f 2010 Results.
- 11 The Comsys VSAT Report, 11th Edition, 2010.
- 12 Интелсат построил новую наземную сеть на базе технологии CiscoIPNGN и решений Cisco для управления видео// Электронный ресурс.– Режим доступа: <http://www.cisco.com/web/RU/news/releases/txt/2010>: 01.10.2019
- 13 Спутниковые сети связи: Учебное пособие/ В.Е. Камнев и др.М.: ООО "Военный парад", 2010.
- 14 Приложения Регламента радиосвязи, том 2 - часть 2, 2004.
- 15 Спутниковые и телевизионные новости. Электронный ресурс.– Режим доступа: <http://telesat-news.net>: 03.10.2019

16 Российская спутниковая система высокоскоростного доступа (РСС-ВСД). Электронный ресурс. – Режим доступа: http://www.rtcomm.ru/national_projects/satellite ka: 09.10.2019

17 Презентация GlobalXpress, Женева, 2012.

18 Суйменбаев Б.Т., Суйменбаева Ж.Б., Федорин П.В. Спутниковая связь военного назначения. Проблемы и перспективы развития // Современная военнотехническая политика. Проблемы и перспективы: Труды международной военной научно-технической конференции, 3-5 мая 2012г./Астана, 2012. - 10 с.

19 Кантор Л.Я. Расцвет и кризис спутниковой связи// Электросвязь. - 2007. - № 7.

20 BR workshop on the efficient use of the spectrum/orbit resource. Женева. – 2009.

21 Регламент радиосвязи. Международный союз электросвязи. – 2008.

22 Документ МСЭ-Р 4А/508-Е.

23 Рекомендация МСЭ-Р S.580.

24 Satellite Mediacasting: A New Model for the Internet, Pioneer Consulting A Market and Technology Assessment Research, Cambridge - USA, March 2000.

25 VSATs: Linking the Last 1 000 Miles // www.gvf.org/solutions/sdil.htm: 01.10.2019

26 World Satellite Communications and Broadcasting Markets Survey. Prospects to 2010, Euroconsult, Paris, France, 2002. - 492 pp.

27 Sky Ray. Mobile satellite solutions. [Электронный ресурс].— Режим доступа: http://alongside.ru/modules/forum/download.php_id=264: 29.08.2019

28 Mobile antenna system for satellite communication. Patent No.: US 6999036 B2/ United States Patent, Stoyanov et, al.

29 Applications for low profile two-way satellite antenna system. Patent No.: US 7911400 B2/ United States Patent, Ilan Kaplanet, al.

30 D. Chang et al., "Compact Antenna Test Range Without Reflector Edge Treatment and RF Anechoic Chamber", IEEE Antenna & Propagation Magazine, vol. 46, No. 4, pp. 27-37, dated Aug. 2004.

31 EP 06127356.1 extended Search Report dated Nov. 1, 2007.

32 K-L Wong et al., "Broad-Band Single-Patch Circularly Polarized Microstrip Antenna With dual Capacitivity Coupled Feeds", IEEE Transactions on Antenna and Propagation, vol. 49, No. 1, pp. 41-44, dated Jan. 2001.

33 ГОСТ Р 53245-2008 Информационные технологии. Структурированные кабельные системы. Монтаж основных узлов системы. Методы испытания.

34 ГОСТ Р 53246-2008 Информационные технологии. Структурированные кабельные системы. Проектирование основных узлов системы. Общие требования.

35 СН РК 3.02-17-2011. Структурированные кабельные сети. Нормы проектирования.

36 Бобков В.Ю. и др. Выбор оптимальных параметров земных станций при проектировании спутниковых линий связи// Connect, 2004. - № 3. - С. 62-64.

37 Бобков В.Ю. Современное оборудование земных станций. Проблемы выбора и эксплуатации// Connect, 2007. - №7. - С.126-129.

38 СТ РК ИСО 9001-2009. Системы менеджмента качества. Требования.

39 Elbert B. R., The Satellite Communication Application Handbook, Artech House, Boston, MA, 1997.

40 RaySat Inc.: Press release, Online, Jan. 6, 2005, retrieved from the Internet: [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://www.raysat.us/news/release/01-16-05-internet.asp>: 05.10.2019

ПРИЛОЖЕНИЕ А

1 Ж.Б. Суйменбаева, Т.А. Сулеев, С.Р. Гусейнов, А.М. Бапышев, А.Е. Аден. Применение микроконтроллеров Arduino для отработки алгоритмов управления наноспутником на стендовой базе // Труды международных Сатпаевских чтений 2017 «Научное наследие Шахмардана Есенова», Алматы, 2017.

2 Г.Т. Ермолдина, Б.Т. Суйменбаев, Ж.Б. Суйменбаева, А.М. Бапышев, С.Р. Гусейнов, Т.А. Сулеев, А.Е. Аден. Информационно-аналитическая система для создания ракет-носителей улучшенными экономическими характеристиками. // Труды Сатпаевских чтений: Инновационные решения традиционных проблем: инженерия и технологии, 2018. - том 2. - С.894-898.

3 Т.А. Сулеев, Г.Т. Ермолдина, С.Р. Гусейнов, Ж.Б. Суйменбаева, А.М. Бапышев, А.Е. Аден. К вопросу о применении CAN шины для сопряжения системы сбора телеметрической информации и бортовой системы спутниковой связи. // Труды Сатпаевских чтений: Инновационные решения традиционных проблем: инженерия и технологии, 2018. - том 2. - С.898-902.

4 А.Е. Аден, Т.А. Сулеев, Г.Т. Ермолдина, Б.Т. Суйменбаев, Ж.Б. Суйменбаева, А.М. Бапышев, С.Р., Гусейнов. Мониторинг бортовых параметров движения тягового подвижного состав// Труды Сатпаевских чтений: Инновационные решения традиционных проблем: инженерия и технологии, 2018. - том 2. - С.890-894.

5 Аден А.Е., Суйменбаев Н.Б. Организация спутникового канала связи с установкой VSAT станции на тяговом подвижном составе // Труды Сатпаевских чтений: Инновационные технологии – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом секторах экономики РК, Алматы, 2019. – С. 26-30.

6 Аден А.Е., Абдулаулы А. Исследование возможностей применения Ка диапазона в спутниковых системах связи в Республике Казахстан // Труды Сатпаевских чтений: Инновационные технологии – ключ к успешному решению фундаментальных и прикладных задач в рудном и нефтегазовом секторах экономики РК, Алматы, 2019. – С. 3-6.

7 Суйменбаев Н.Б., Ермолдина Г.Т., Суйменбаева Ж.Б., Бапышев А.М., Гусейнов С.Р., Аден А.Е. Исследование спутникового канала связи в системе контроля параметров движения тягового подвижного состава // Вестник КазНТУ, Алматы, 2019. – С. 441-447.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Приложение
К акту проведения
монтажных, пусконаладочных
работ и испытаний
приемопередающей
подвижной станция
спутниковой связи серии
RaysatER - 7000
г. Алматы, 6 июля 2018 г.

АКТ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Оборудование было проверено и принято по качеству и в количестве, в соответствии с программой и методикой испытаний. Детальные результаты испытаний зафиксированы и представлены ниже в таблицах 2-4. В таблице 1 приведены общие сведения о приемопередающей подвижной станция спутниковой связи серии Raysat ER - 7000

Таблица 4.2 – Общие сведения о приемопередающей подвижной станция спутниковой связи Raysat ER - 7000

Наименование	Сведения
Заказчик	ТОО «ИНТ САТ Алатау»
Проект	Договор №458 от 17 ноября 2017 года между АО «Фонд науки» и ТОО «ИНТ САТ Алатау». Тема научно-исследовательской работы: Разработка спутниковой телеметрической системы мониторинга бортовых параметров движения тягового подвижного состава
Название станции	«Приемопередающей подвижной станция спутниковой связи серии Raysat ER - 7000»
Месторасположение	г. Байконур Широта: 45°37'00" с.ш. Долгота: 63°19'00" в.д.
Страна	Казахстан, г. Алматы

Продолжение таблицы 4.2

Имя контактного лица	Суйменбаев Нурлан Багдатович
Телефон	+77072211977
Тип крепления и тип антенны	Тип крепления: Металлическая опора Тип Антенны: Приемопередающая подвижная станция спутниковой связи Raysat ER – 7000 Установлен на крыше тягового подвижного состава серии ТЭМ2
Частотный диапазон	Rx: 10.95-12.75 GHz Tx: 13.75-14.5 GHz
Потребляемая мощность	150 W
Производительность антенны	Угол возвышения: 0°-90° Азимут Отслеживание: 150°/s
Спутниковый модем (терминал)	SkyEdge II Pro RM
Модель контроллера спутниковой антенны	E-7000

Таблица 4.3 - Программа, методика и результаты испытаний

1. Общий запуск приемопередающей подвижной станция спутниковой связи серии Raysat ER - 7000			
Цель испытания	Проверка запуска антенны RaySat ER - 7000 в оперативном режиме, настройка на спутник.		
Испытание:	Включение антенны RaySat ER – 7000, модема SkyEdge II Pro. Соединить ноутбук к порту Ethernet модема SkyEdge II Pro и установить IP соединение.		
А) Результаты испытаний			
Режимы работы		Удовл.	Неудовл.
Загрузка была успешной: Индикаторная лампочка горит зеленым цветом		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Установлено соединение с модемом SkyEdge II Pro через Ethernet		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Б) Итог испытаний			
Общий запуск внешнего блока RaySat E – 7000 проведен успешно. Замечаний нет.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Испытание передатчика и его функций			
Цель испытания	Проверка связи между модемом SkyEdge II Pro и передатчиком Wavestream 40W, проверка работоспособности системы ПРД.		
Испытание:	Подача немодулированной несущей (CW) и оценка ее на частотном анализаторе спектра.		
Примечание: Во время испытания передатчик должен быть включен и внешний блок IDU должен быть установлен в пассивном режиме!			
3. Ожидаемый результат			
Получение немодулированной несущей с передатчика Wavestream 40W			
Результаты испытаний	Получено	Удовл.	Неудовл.
Класс мощности передатчика (10-60 Вт)	40 Вт	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Температура, градусы	25 ⁰ С	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Итог испытаний			
Испытание передатчика и его функций проведено успешно. Замечаний нет.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Таблица 4.4 – Испытание голосовой связи в случае движения ТПС и в неподвижном состоянии

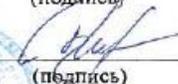
1. ИСПЫТАНИЕ ГОЛОСОВОЙ СВЯЗИ В СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ				
Цель испытания	Проверка корректности конфигурации Sky Edge II Pro и голосовой связи во всей сети.			
Испытание	1.Подсоединить телефонный аппарат к FXS порту 2.Провести тестовый звонок			
Результат испытаний				
Соединение:	Корректность установки	Качество голосовой связи	Удовл.	Неудовл.
Ethernet- FXS	Ок	Ок	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Итог испытаний			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Испытание голосовой связи в стационарном режиме проведено успешно. Замечаний нет.				
2. ИСПЫТАНИЕ ГОЛОСОВОЙ СВЯЗИ В СЛУЧАЕ ДВИЖЕНИЯ ТПС				
Цель испытания	Проверка корректности работы голосовой связи в состоянии движения ТПС			
Испытание	1.Подсоединить телефонный аппарат к FXS порту 2.Провести тестовый звонок в состоянии движения ТПС			
Результат испытаний				
Соединение:	Корректность установки	Качество голосовой связи	Удовл.	Неудовл.
Ethernet- FXS	Ок	Ок	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Испытание голосовой связи в состоянии движения ТПС проведено успешно. Замечаний нет.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Таблица 4.5 – Испытание видео связи в случае движения ТПС и в неподвижном состоянии

1. ИСПЫТАНИЕ ВИДЕОСВЯЗИ В СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ				
Цель испытания	Проверка корректности конфигурации SkyEdge II Pro и видеосвязи связи во всей сети.			
Испытание	1. Подсоединить камеру видео к маршрутизатору 2. Проверка стабильности видеотрафика			
Результат испытаний				
Соединение:	Корректность установки	Качество видеосвязи связи	Удовл.	Неудовл.
Ethernet	Ok	Ok	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Итог испытаний				
Испытание видео связи в стационарном режиме проведено успешно. Замечаний нет.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ИСПЫТАНИЕ ВИДЕО СВЯЗИ В СЛУЧАЕ ДВИЖЕНИЯ ТПС				
Цель испытания	Проверка корректности конфигурации SkyEdge II Pro и видеосвязи связи во всей сети.			
Испытание	1. Подсоединить камеру видео к маршрутизатору 2. Проверка стабильности видеотрафика в состоянии движения ТПС			
Результат испытаний				
Соединение:	Корректность установки	Качество голосовой связи	Удовл.	Неудовл.
Ethernet	Ok	Ok	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Испытание видео связи в состоянии движения ТПС проведено успешно. Замечаний нет.			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

В результате обкатки указанного оборудования установлено, что требования по его сборке и монтажу, приведенные в документации предприятий-изготовителей, соблюдены и неисправности в его работе не обнаружены.

Представитель заказчика  Суйменбасов Н.Б.
(подпись)

Представитель генерального подрядчика  Буланов И.
(подпись)

Представитель монтажной организации  Мукажанов А.
(подпись)



ПРИЛОЖЕНИЕ В

