

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

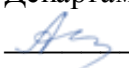
Суйменбаев Нурлан Багдатович

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации «Спутниковая телеметрическая система контроля
параметров движения ТПС»

Направление 6M074600 «Космическая техника и технологии»
подготовки

Научный руководитель
к.ф.-м.н, зам.директора
Департамента АО НЦКИТ
 Р.Б. Акназарова

«21» июля 2020 г.

Рецензент (Согласен в
электронном виде)
PhD, заведующий кафедрой
«Космическая инженерия»
НАО «АУЭС» им. Г. Даукеева
_____ К.А. Алипбаев
«__» июля 2020 г.

Нормоконтролер
PhD, сениор-лектор
 Хабай А.
«29» 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. Сыргабаев

« ____ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистрант: Суйменбаев Нурлан Багдатович

Тема: Спутниковая телеметрическая система контроля параметров
движения ТПС

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

Срок сдачи законченной диссертации

“21” июля 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 телеметрической системы контроля
параметров ТПС. Расчет объема потока ТМИ ТПС.

3. Знакомство с опытом построения спутниковых систем подвижной
связи на базе низкопрофильных антенн в ТОО «INT-SAT Alatau».

4. Создание комплексной системы спутниковой телеметрической
системы контроля параметров ТПС с использованием низкопрофильной
антенны.

5. Организация численного моделирования линк-бюджета подвижной
станции спутниковой связи. Анализ результатов численного моделирования.

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) Satellite Coverage Maps// Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.satbeams.com/footprints>.

3) Спутниковая система связи Инмарсат// Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.trans-service.org/ru>.

4) Сайт SES Global. Fiscal Year 2008 -f 2010 Results.

5) The Comsys VSAT Report, 11th Edition, 2010.

6) Спутниковые сети связи: Учебное пособие/ В.Е. Камнев и др. М.: ООО "Военный парад", 2010.

7) Приложения Регламента радиосвязи, том 2 - часть 2, 2004.

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

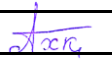
9) BR workshop on the efficient use of the spectrum/orbit resource. Женева. – 2009.

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 телеметрической системы контроля параметров ТПС. Расчет объема потока ТМИ ТПС.	31.05.2019	Выполнено
Знакомство с опытом построения спутниковых систем подвижной связи на базе низкопрофильных антенн в ТОО «INT-SAT Alatau».	10.04.2020	Выполнено
Создание комплексной системы спутниковой телеметрической системы контроля параметров ТПС с использованием низкопрофильной антенны	15.11.2019	Выполнено
Организация численного моделирования линк-бюджета подвижной 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	29 июля 2020 г.	

Научный руководитель  Р.Б. Акназарова

Магистрант  Н.Б.Суйменбаев

«21» июль 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Анализ работы субъектов транспортной сферы экономики, связанных с эксплуатацией тягового подвижного состава показывает, что операционные затраты регулируются устаревшими методами нормирования, не подвержены оперативному контролю. Процессы построены с опорой на «ручной» режим, что ведет к большим трудозатратам, неконтролируемым влиянием человеческого фактора и, соответственно, к значительным экономическим потерям.

На текущий момент:

1. Существуют системы сбора информации параметров движения ТПС с их накоплением на информационные носители.
2. Существуют технические решения передачи данных через сети мобильных операторов (GPRS). В условиях Казахстана данная связь является нестабильной для использования на подвижном составе с учетом больших расстояний и зон покрытия.
3. На текущий момент нет технической возможности на эксплуатируемых единицах ТПС обеспечить устойчивый канал связи, в том числе для приема/передачи данных в любой точке Казахстана.
4. Из-за отсутствия необходимой технологической базы, обеспечивающей устойчивый канал связи и приема/передачи данных, нет возможности разрабатывать и внедрять дополнительные сервисы для нужд транспортных компаний.

В данной диссертации показана спутниковая телеметрическая система мониторинга бортовых параметров движения ТПС как часть возможностей развития информационных, интеллектуальных систем с использованием технологий спутниковой связи, способных повысить безопасность эксплуатации ТПС, снизить операционные издержки, создать дополнительную стоимость оказания логистических услуг.

АНДАТПА

Экономиканың көлік саласы субъектілерінің тартқыш жылжымалы құрамды пайдалануға байланысты жұмысын талдау операциялық шығындар нормалаудың ескірген әдістерімен реттелетінін, жедел бақылауға ұшырамайтынын көрсетеді. Процестер «қол» режиміне сүйеніп құрылған, бұл үлкен еңбек шығындарына, адам факторының бақыланбайтын әсеріне және тиісінше елеулі экономикалық шығындарға әкеледі.

Ағымдағы сәтте:

1. ТЖҚ қозғалысы параметрлерінің ақпаратты жинау жүйесі бар, оларды ақпараттық тасымалдағыштарға жинақтайды.

2. Мобильді операторлар желісі (GPRS) арқылы деректерді берудің техникалық шешімдері бар. Қазақстан жағдайында бұл байланыс үлкен қашықтықтар мен қамту аймақтарын ескере отырып, жылжымалы құрамда пайдалану үшін тұрақсыз болып табылады.

3. Қазіргі уақытта пайдаланылатын ТЖҚ бірліктерінде тұрақты байланыс арнасын, оның ішінде Қазақстанның кез келген нүктесінде деректерді қабылдау/беру үшін қамтамасыз етуге техникалық мүмкіндік жоқ.

4. Байланыстың тұрақты арнасын және деректерді қабылдауды/беруді қамтамасыз ететін қажетті технологиялық базаның болмауына байланысты көлік компанияларының қажеттіліктері үшін қосымша сервистер әзірлеуге және енгізуге мүмкіндік жоқ.

Бұл диссертацияда ТЖҚ-ны пайдалану қауіпсіздігін арттыруға, операциялық шығындарды төмендетуге, Логистикалық қызмет көрсетудің қосымша құнын құруға қабілетті спутниктік байланыс технологияларын пайдалана отырып, ақпараттық, зияткерлік жүйелерді дамыту мүмкіндіктерінің бір бөлігі ретінде ТЖҚ қозғалысының борттық параметрлерін мониторингілеудің спутниктік телеметриялық жүйесі көрсетілген.

ANNOTATION

An analysis of the work of subjects of the transport sector of the economy associated with the operation of traction rolling stock (TRS) shows that operating costs are regulated by outdated rationing methods and are not subject to operational control. The processes are based on the "manual" mode, which leads to high labor costs, uncontrolled influence of the human factor and, accordingly, to significant economic losses.

Currently:

1. There are systems for collecting information on the parameters of the TRS movement with their accumulation on information carriers.

2. There are technical solutions for data transmission via mobile operator networks (GPRS). In Kazakhstan, this communication is unstable for use on rolling stock, given the large distances and coverage areas.

3. At the moment, there is no technical ability to provide a stable communication channel at the operated TRS units, including for receiving / transmitting data anywhere in Kazakhstan.

4. Due to the lack of the necessary technological base that provides a stable communication channel and data reception / transmission, there is no way to develop and implement additional services for the needs of transport companies.

This thesis shows a satellite telemetry system for monitoring the on-board parameters of the TRS movement as part of the development of information, intelligent systems using satellite communication technologies that can improve the safety of TRS operation, reduce operating costs, and create additional cost for the provision of logistics services.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Анализ современного состояния проблем создания систем мониторинга параметров тягового подвижного состава	10
1.1 Постановка проблемы	10
1.2 Исследование существующих методов организации систем контроля технологических параметров тягового подвижного состава	10
1.3 Требования к организации спутниковых каналов связи	14
1.4 Выводы по главе 1	20
2 Спутниковая телеметрическая система контроля параметров движения ТПС	21
2.1 Бортовой телеметрический комплекс	21
2.2 Подвижная спутниковая антенна RaySat ER-7000	32
2.3 Спутниковый канал связи	34
2.4 Схема монтажа комплексной телеметрической системы мониторинга параметров движения ТПС	42
2.5 Выводы по главе 2	49
3 Экспериментальная часть	50
3.1 Разработка методологии проведения испытаний СТС на типовом ТПС	50
3.2 Выводы по главе 3	54
Заключение	56
Список использованной литературы	58
Приложение А – Список публикаций	60
Приложение Б – Акт индивидуального испытания оборудования	61

ВВЕДЕНИЕ

Эффективное управление процессом организации железнодорожных перевозок может быть построено только на основе объемной, достоверной и подготовленной для аналитической обработки информации. Ключевым элементом функционирования перевозок на железной дороге является тяговый подвижной состав (ТПС), входящий в сложную распределенную транспортную систему. Параметры работы ТПС, такие как надежность, безопасность и экономичность определяются постоянным контролем состояния ТПС, соблюдением регламентных сроков ремонта и технического обслуживания. Однако применение устаревших технологий не соответствует реалиям динамично развивающегося рынка железнодорожных перевозок, которые не справляются с возросшим потоком информации о состоянии ТПС. Очевидно, что по мере развития технологий и возрастания потребностей этот поток будет расти.

Краткий анализ процесса эксплуатации тягового подвижного состава показывает, что большие потери в части трудозатрат, а также получения своевременной и достоверной информации происходят на этапе сбора и передачи данных. отчетные формы являются устаревшими.

В настоящее время:

- существуют системы сбора информации параметров движения ТПС с их накоплением на информационные носители;
- существуют технические решения передачи данных через сети мобильных операторов (GPRS). В условиях Казахстана данная связь является нестабильной для использования на подвижном составе с учетом больших расстояний и зон покрытия;
- нет технической возможности на эксплуатируемых единицах ТПС обеспечить устойчивый канал связи, в том числе для приема/передачи данных в любой точке Казахстана;
- из-за отсутствия необходимой технологической базы, обеспечивающей устойчивый канал связи и приема/передачи данных, нет возможности разрабатывать и внедрять дополнительные сервисы для нужд транспортных компаний.

Решение проблемы возможно при использовании технологий спутниковой связи и постепенном отказе от существующих в настоящее время бумажных форм маршрута машиниста и скоростемерной ленты. Современные достижения науки и техники позволяют на сегодняшний день по спутниковому каналу передавать информацию о параметрах движения поезда, динамике и техническом состоянии локомотива и другой информации, оперативность которой повышает качество управления на железнодорожном транспорте.

1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

1.1 Постановка проблемы

Железнодорожный транспорт – важнейшая составляющая производственной инфраструктуры Казахстана. Наземная перевозка грузов, в том числе осуществляемая посредством железной дороги, является растущим сегментом, за которым стоит большой инновационный потенциал. Ключевым звеном железнодорожного транспорта является тяговый подвижной состав (ТПС). Создание системы контроля и автовождения ТПС является актуальной задачей эффективности отрасли. Существующие системы регистрации параметров движения и автоведения не в полной мере отвечают современным требованиям цифровизации отрасли.

Создание технологии обработки спутниковой телеметрической системы мониторинга бортовых параметров движения ТПС позволит выставить на рынок наукоемкую систему, обеспечивающую выполнение значимых показателей эффективности железнодорожных перевозок от 15 до 30 %.

Новизна проекта обусловлена внедрением прогрессивных технологий, новыми принципами и режимами функционирования комплексов, типовыми конструкторско-технологическими решениями с учетом новейших достижений науки и техники.

Научная новизна исследований состоит в разработке методов интеграции проектных решений, обеспечивающих модульное построение антенных платформ и комплекса спутниковой связи в целом. Впервые будут разработаны методические материалы, расширяющие существующие представления о возможностях комплексов спутниковой связи и позволяющие оценить экономическую эффективность внедрения новых технологий с точки зрения оператора и абонента спутниковой связи Казахстана в целом.

1.2 Исследование существующих методов организации систем контроля технологических параметров тягового подвижного состава

Мониторинг бортовых параметров ТПС в настоящее время проводится с использованием следующих систем.

А) Автоматизированная система «Энергодиспетчерская тяги» (АСУ ЭДТ)

Основная задача АСУ ЭДТ - комплексная автоматизация и информационная поддержка бизнес-процессов по учёту, контролю и анализу потребления: электроэнергии и дизельного топлива по мере поступления и обработки данных (рисунок 1).

АСУ ЭДТ выполняет следующие задачи:

- измерение заданных параметров топливной аппаратуры и дизель-генератора;
- достоверное и точное (с определенной погрешностью) исчисление остатка и расхода дизельного топлива;
- мониторинг реального расхода дизельного топлива/электроэнергии с нормативными значениями в привязке к различным режимам работы тепловоза/электровоза;
- опосредованная диагностика работы топливной системы на основе данных фактического расхода топлива;

Контроль работы тепловоза/электровоза за смену с выделением временных периодов:

1. стоянки и движения;
2. работы дизеля на холостом ходу и в режиме движения, параметров движения тепловоза/электровоза в режиме тяги и выбега;
3. пробега, средней скорости;
4. общего расхода топлива и электроэнергии за поездку, смену, период, по участку;
5. текущее тепловоза/электровоза;
6. графическое представление заданных технологических параметров топливной аппаратуры и дизель-генератора (на тепловозе);
7. формирования электронного маршрута машиниста (форма ТУ-3 ВЦЕ, ТУ-3а ВЦЕ);
8. межремонтных пробегов.

Структура АСУ ЭДТ представлена на рисунке 1.

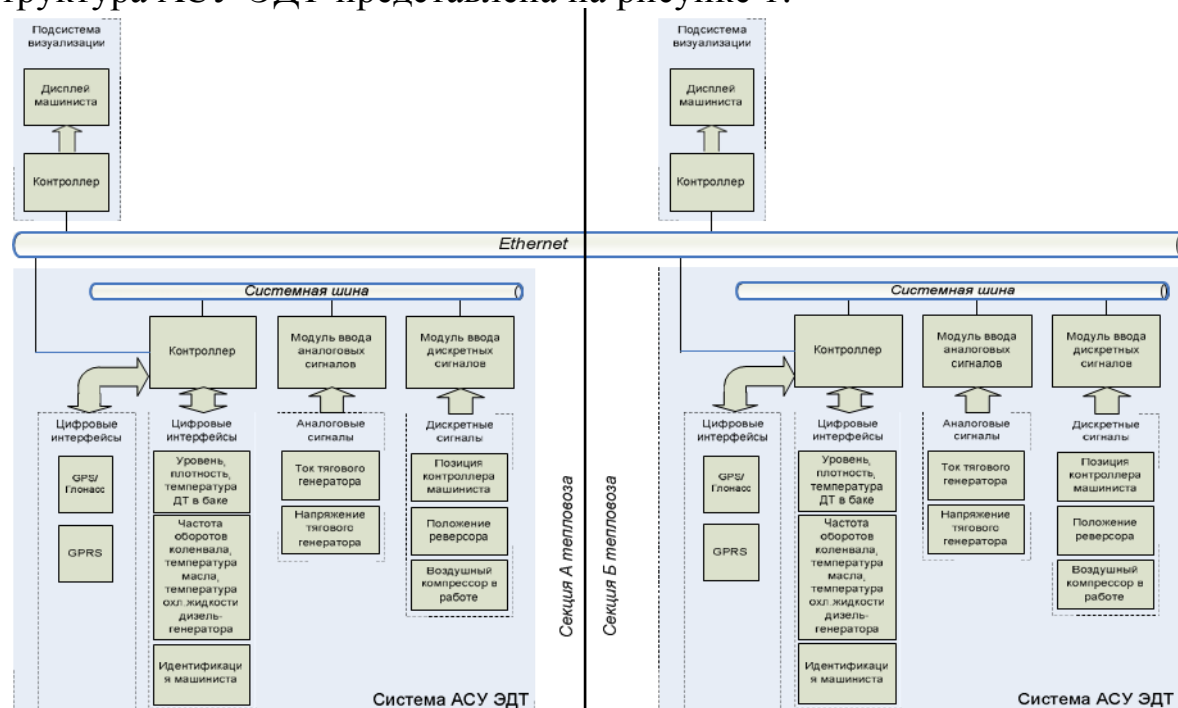


Рисунок 1 - Структура АСУ ЭДТ

Уровень локомотива реализован в виде специализированного программного модуля и соответствующей аппаратной части, являющихся функциональной частью системы АСУ ЭДТ, установленного и эксплуатируемого непосредственно на бортовом контроллере локомотива (тепловоз, электровоз). Данный модуль должен обеспечить в заданном режиме:

- сбор, проверку и хранение параметров, измеряемых датчиками локомотива;
- подготовку для передачи определенных параметров;
- передачу накопленных данных в аналитические системы путем беспроводных каналов передачи данных и/или устройства накопления.

В) Комплексное локомотивное устройство безопасности КЛУБ-У

Устройство КЛУБ-У (рисунок 2) разработано для повышения безопасности движения подвижного состава, предотвращения внештатных ситуаций при его движении посредством применения принудительной остановки.



Рисунок 2 – Структура КЛУБ-У

Сфера использования: на всех типах ТПС, включая движение последних на магистральных путях, оборудованных дополнительными техническими средствами, такими как: путевые устройства автоматической локомотивной сигнализации (АЛСН), многозначная автоматическая локомотивная сигнализация (АЛС-ЕН), система автоматического управления торможением (САУТ), а также на участках, оборудованных системой координатного регулирования движения поездов на базе цифрового радиоканала (РК).

Задачи:

- экстренная остановка поезда по сигналу дежурного по станции (ДСП) или поездного диспетчера (ДНЦ), передаваемому по РК передачи данных, без участия машиниста;

- предотвращение движения поезда после его остановки без санкции ДСП или ДНЦ, передаваемой по РК передачи данных, в том числе и при подходе к запрещающему сигналу светофора.

Функциональные возможности:

- получение и дешифрация данных АЛСН, АЛС-ЕН; определение скорости и местоположения поезда по данным АЛСН и АЛС-ЕН, прибора спутниковой навигации, датчиков скорости и электронной карты участка;
- загрузка значений целевой и предельно допустимой скоростей движения;
- применение режима экстренного торможения при превышении предельно допустимой скорости без участия машиниста;
- применение режима экстренного торможения в случае возникновения внештатной ситуации;
- применение режима экстренного торможения по сигналу дежурного по станции без участия машиниста;
- исключение движения при запрещающем сигнале светофора;
- недопущение несанкционированного включения ЭПК; недопущение самопроизвольного движения локомотива (скатывания);
- постоянный контроль состояния тормозной системы;
- предоставление машинисту своевременной информации о сигналах светофора, фактической и допустимой скорости движения (с погрешностью до 1 км/ч), количестве свободных блок-участков, кривой торможения, местоположения локомотива по данным спутниковой навигации, соблюдение графика движения, сведений о станциях, номерах стрелок, светофорах и пр., расстояниях до контрольных точек, записанных в электронную карту;
- контроль рабочего состояния машиниста; мониторинг соблюдения регламента машиниста и помощника машиниста при начальном движении состава и подъезду к светофору;
- регистрация параметров движения на носителе;
- диагностика.

Комплексы средств сбора и регистрации данных КПД-ЗПА

Комплекс КПД-ЗПА (рисунок 3) обеспечивает:

- измерение и регистрацию скорости, времени, пройденного пути и другой информации по скоростному режиму;
- сигнализацию в случае превышения скорости движения.

Дополнительно комплекс способен обеспечить условия для транспортировки опасных грузов, динамическое взвешивание, мониторинг следования машинистом регламента управления локомотивом при частом изменении направления движения.

Базовый комплект КПД-ЗПА изображен на рисунке 3.



Рисунок 3 - Базовый комплект КПД-З

Преимущества скоростемеров КПД-ЗПА:

- измерение величины перемещения от заданной машинистом отметки;
- высокая точность измерения пути, скорости, ускорения (замедления);
- возможность дистанционной передачи данных;
- автоматизированная расшифровка;
- контроль смены направления движения;
- гибкая конфигурация благодаря открытой архитектуре.

Структура комплекса КПД-З:

- блок управления БУ-ЗПА;
- датчики угла поворота Л178/1.2;
- панель соединительная ПС-ЗП;
- модуль памяти МПМЭ-1.0 (МПМЭ-128);

1.3 Требования к организации каналов спутниковой связи

Спутниковая телеметрическая система включает в себя три сегмента: бортовой телеметрический комплекс, устанавливаемый на тепловозе (подвижная приемо-передающая станция); спутниковый канал связи, наземный комплекс приёма-передачи данных и мультисервисной информации, устанавливаемый на диспетчерском пункте (приемная станция).

Разработка технологии обусловлена необходимостью мониторинга состояния ключевых систем тепловозов, отвечающих за их работоспособность

в режиме реального времени. Решаемые системой задачи включают в себя сбор первичной информации с датчиков различного типа, устанавливаемых на тепловозе, первичную обработку полученных данных, формирование телеметрического кадра и отправку его посредством спутникового канала связи.

Сбор данных с датчиков

Система сбора данных отвечает за приём данных с датчиков, установленных на локомотиве. Данные с датчиков должны приниматься автоматически посредством промышленной шины. При этом в зависимости от особенностей датчика и типа интерфейса его соединения с программной частью должны быть использованы стандартные драйвера производителей датчиков. В случае несовместимости/отсутствия/некорректной работы существующих драйверов, необходимо предусмотреть их разработку. Таким образом, должна быть обеспечена надёжная интеграция системы с аппаратной частью локомотива и обработка следующего перечня данных:

1) Группа параметров топливной аппаратуры:

- уровень топлива в баке тепловоза (остаток топлива);
- плотность топлива в баке;
- температура топлива в баке;
- наличие подтоварной воды;
- масса топлива в баке.

2) Группа параметров дизель – генератора:

- частота оборотов коленчатого вала;
- ток тягового генератора;
- напряжение тягового генератора;
- состояние дизеля (в работе или заглушен);
- температура охлаждающей жидкости;
- температура масла двигателя внутреннего сгорания (далее – ДВС).

3) Группа параметров режима работы тепловоза:

- номер позиции контроллера машиниста;
- положение реверсора (движение вперед / назад).

Основными трудностями в реализации подобной системы являются разница рабочих напряжений датчиков, типов выходного сигнала, различия датчиков на разных типах тепловозов.

Обработка и передача данных

Обработка полученных данных включает в себя преобразование аналогового сигнала в цифровой, а также использование оцифрованных данных для формирования телеметрического кадра с целью дальнейшей передачи. Для решения этой задачи необходимо создание согласующего устройства, способного принять сигналы с датчиков различного типа, выполнить их оцифровку при помощи аналого-цифрового преобразователя и передать их на блок регистрации и накопления информации. Для реализации системы необходимо выбрать типовой состав источников первичной информации, встречаемый на большом количестве актуальных моделей

тепловозов, в соответствии с которым будет разработано согласующее устройство. Передача полученных данных должна производиться в уже существующую в нашей стране систему АСУ ЭДТ, посредством которой можно будет отслеживать положение и состояние каждого тепловоза в режиме реального времени.

Для потребителя экономическая эффективность внедрения системы оценивается как со стороны начальных капитальных затрат, так и последующей стоимости эксплуатации технической системы. При этом основной интерес с точки зрения инвестиций представляют собственной антенна и усилитель мощности, несущие основную финансовую нагрузку.

Выбор прототипа. В качестве прототипа промышленных образцов комплексов спутниковой связи выбираем два комплекса: комплекс, работающий на технологии SkyWan и комплекс, работающий на технологии SkyEdge.

Основу комплексов составят антенные системы SkyWan и RaySat (рисунки 4-5).



Рисунок 4 - Антенная система SkyWan



Рисунок 5 - Антенная система RaySat

Антенные системы включают: систему позиционирования, систему ориентации антенны на спутник связи по азимуту и углу места, систему динамического отслеживания спутниковых сигналов на движущихся

транспортных средствах, а также ряд узлов, определенных особенностями антенн.

Технология создания прототипа включает: создание интерфейса антенных систем, обеспечивающих модульное построение антенных платформ и комплекса спутниковой связи в целом. Модульный принцип дает возможность применять различные типы антенн и модулей обработки в зависимости от поставленных задач.

Технология создания прототипа заключается в корректном составлении технического задания и соответствующем сборе комплекса спутниковой связи по модульному принципу.

При схожести характеристик комплектующих основной определяющей выбора становятся второстепенные факторы, связанные с текущим состоянием информационных и технических систем, доступности оборудования на рынке и наличием сервисных служб.

Немаловажным аспектом создания комплекса спутниковой связи является совместимость технических параметров комплектующих узлов, что требует дополнительной проверки, включающей диаграмму уровней комплекса, тракты приемный, передающий, шлейфового контроля.

Разработанное исполнителями проекта ТЗ на модульное построение антенных платформ имеет следующие требования:

1. Требования назначения

Проект ставит конкретные цели – разработка спутниковой телеметрической системы мониторинга бортовых параметров движения тягового подвижного состава. Система должна быть установлена для опытных испытаний на магистральном тепловозе типа ТЗЗ.

2. Технические требования

Спутниковые станции должны быть поставлены на объектах в соответствии с заявленной целью работы. Подрядчик может предлагать любые конфигурации аппаратных средств, в большей степени соответствующих характеристикам стандартной продукции Подрядчика или представляющих собой оптимальный компромисс эксплуатационных характеристик и стоимости, при условии, чтобы удовлетворялись требования Технической Спецификации к готовности, мощности, функциональности и к оборудованию.

2.1. Технология

Сеть должна представлять собой полностью интегрированную сеть цифровой связи.

Конструкция сети должна быть разработана с использованием принципов TDMA-DAMA для спутниковой связи под управлением основной или резервной CCS по топологии «каждый с каждым». Предлагаемая технология должна позволять увеличение пропускной способности каналов передачи данных между любыми двумя станциями до 2048 Кбит/с.

2.2. Функциональные требования

Модульное построение антенных платформ предполагает:

- возможность установки модемов разных производителей;
- возможность работать по топологии Full Mash, Star и Mixed Topology;
- способность используемых антенн ориентироваться на заданные точки приема информации;
- наличие пассивных средств терморегулирования оборудования;
- обеспечение повышенной терморазмерно-стабильности конструкции;
- обеспечение минимальной массы и размеров платформы;
- оптимальное использование кабелей, в том числе с точки зрения их прокладки;
- возможность сборки и испытаний без сложного вспомогательного оборудования.

2.2.1. Основная функция сети заключается в передаче в радиочастотном диапазоне бит-поток цифровых данных, видео и голоса в один или два спутниковых скачка между любыми двумя станциями RaySat и ЦДП.

2.2.2. При проектировании антенных платформ по модульному принципу должны быть предусмотрены каналы связи, работающие в сетях Full Mash и Star.

2.2.3. CCS должна обеспечивать функционирование всех земных станций по заданной карте маршрутов, которая хранится в памяти компьютера управления.

2.2.4. Должна быть предусмотрена возможность перестройки алгоритма работы в течение минимального времени (вручную или автоматически по заданной дате и времени) по одному из нескольких возможных карт маршрутов, хранящихся в памяти компьютера управления Центральной земной станции (основная и резервная).

2.2.5. Система видео- и голосовой связи для диспетчерского, административного и технологического управления компанией должна быть построена по принципу DAMA для всей сети и работать в системах Full Mash, Star.

2.2.6. Система передачи данных должна позволять использование выделенных/закрепленных каналов для передачи данных с заданной скоростью.

2.3. Пропускная способность

Для работы в режиме реального времени сеть спутниковой связи передачи данных должна быть изначально сконфигурирована следующим образом:

- гарантированная скорость канала от RaySat до ЦДП должна быть не менее 256 Кбит/с.

2.4. Техническое обслуживание

После обнаружения повреждения или снижения эффективности функционирования сети причина должна быть немедленно устранена и откорректирована.

Для обеспечения эффективной диагностики и корректирующей разрешающей способности сеть должна обеспечивать возможность

тестирования и диагностики в рабочем режиме локально или дистанционно. Тестирование не должно влиять на функциональные эксплуатационные характеристики сети.

Профилактическое техническое обслуживание и целенаправленный ремонт, предусматривающий устранение конкретной проблемы, должны осуществляться с использованием диагностических, испытательных и тренажерных устройств специального назначения.

Должны быть поставлены комплекты диагностических инструментов. Диагностические инструменты должны обеспечивать проведение комплексного технического обслуживания всех элементов сети и осуществлять диагностику любого повреждения, не требуя никакого дополнительного оборудования.

Отключение и ремонт любого поврежденного устройства не должны прерывать работу системы.

2.5. Возможности расширения сети

Оборудование, поставленное Подрядчиком, должно обеспечивать расширение до 50 % по количеству интерфейсов для всех земных станций, причем такое расширение должно осуществляется путем добавления блоков, модулей и их функциональных связей.

Сеть спутниковой связи должна обеспечивать возможность расширения количества земных станций до 100% от заданного количества.

Контроллер DAMA центральной управляющей станции должен иметь возможность расширения количества голосовых и видеоканалов до 100%.

Источники питания и дистанционный мониторинг должны обеспечивать максимальную емкость системы.

2.6. Готовность сети

Любой «всплеск», приводящий к частоте ошибок по битам более чем 10-3 для временного интервала в 1 (одну) секунду, должен рассматриваться как коммуникационный отказ.

Для каждой земной станции готовность должна быть 99,8 % или выше. Готовность линии связи определяется, как готовность одной земной станции относительно ее контролирующей земной станции.

Готовность сети должна быть 99,8 % или выше. Готовность сети определяется как готовность всех земных станций относительно их контролирующей земной станции.

2.7. Изменения и дополнения ТЗ могут осуществляться исходя из необходимости улучшения качества системы, обеспечения надежности и совместимости с действующим ТПС.

3. Требования к бортовому сегменту телеметрической системы

Установка дополнительного оборудования (устройств) в целях обеспечения выполнения целевой задачи осуществляется на основе частных технических заданий, утвержденных Собственником ТПС и в полном соответствии с требованиями эксплуатационной и технической документацией на ТПС.

4. Требования по безопасности

Конструкция должна предотвращать возможность поражения обслуживающего персонала электрическим током при работе системы.

Система должна быть взрывопожаробезопасной.

Система должна соответствовать всем требованиям СанПиН 5804-91.

5. Требования к разрабатываемой документации

Комплект документации должен включать:

- а) Руководство по эксплуатации;
- б) Инструкция по охране труда при работе с системой;
- в) Паспорт системы.

6. Требования к гарантированию качества

Гарантийный срок исчисляется с даты приемки и составляет не менее 1 года, при условии соблюдения всех требований руководства по эксплуатации.

7. Внесение изменений в техническую документацию

Данное ТЗ в части сроков выполнения и содержания отдельных этапов и работ, решаемых задач может при необходимости по согласованию с Заказчиком изменяться, дополняться и уточняться. Такие изменения оформляются дополнением к ТЗ, которое согласовывается и утверждается в том же порядке, как и основное ТЗ.

1.4 Выводы по главе 1

В первой главе диссертации проведен краткий анализ текущего состояния организации мониторинга параметров движения ТПС. Определены технические требования к организации сети спутниковой связи. В частности:

- анализ систем КЛУБ-У, КПД-3, АСУ ЭДТ;
- определение требований к организации спутниковых систем связи.

В результате исследований для реализации проекта выбор сделан в пользу комплекса КПД-3 и спутниковой системы Gilat.

2 СПУТНИКОВАЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ТПС

2.1 Бортовой телеметрический комплекс

Комплекс датчиковой аппаратуры

В процессе работы телеметрической системы происходит сбор и передача на центральный сервер данных о различных параметрах ТПС. Всю совокупность данных параметров необходимо разделить на отдельные группы согласно их принадлежности различным системам тепловоза. Первичными источниками информации на ТПС является набор датчиков, входящий в измерительную систему и соединенный между собой CAN шиной для передачи получаемых данных на борту тепловоза. Устройство должно обладать возможностью получения пакетов с полезной информацией из данной шины, а значит иметь поддержку протокола CAN и иметь интерфейс CAN версии 2.0 и выше.

Функции электронного скоростемера заключаются в снятии и записи путевых показателей: скорость, ускорение, время в пути, пройденное расстояние и их соотношение с заданными показателями на предмет нарушения регламента. Также проводится измерение второстепенных параметров давления в узлах (таблица 1).

Таблица 1 - Перечень параметров, получаемых посредством электронного скоростемера

Наименование параметра	Единицы измерения	Пределы измерения
Основная скоростемерная информация		
Скорость движения	км/ч	0 - 150
Ускорение (замедление)	м/с ²	От -0,99 до 0,99
Пройденный путь	Км	0 - 9999999
Направление движения		
Второстепенная информация		
Давление в тормозной магистрали	МПа	До 0,98
Давление в тормозном цилиндре	МПа	До 0,98
Давление в питательной магистрали	МПа	До 0,98

Комплексы измерения объема топлива тепловозов предназначены для непрерывного измерения количества топлива в топливных баках тепловозов. Анализ выдаваемых данных позволяет определить время экипировки и

количество заправленного топлива, время слива и количество слитого топлива, расход топлива за любой промежуток времени (таблица 2).

Таблица 2 - Перечень параметров, получаемых посредством системы контроля топлива.

Наименование параметра	Единицы измерения	Пределы измерения
Учет топлива		
Температура топлива	°С	От -50 до +60
Плотность топлива	кг/м ³	766 - 905
Уровень топлива	Мм	0-9999999
Объем топлива	л	не установлен
Приведенный объем топлива при температуре 20 °С	л	не установлен
Масса топлива	кг	500 - 9000

Комплекс регистрации параметров дизель-генераторной установки КРПД предназначен для регистрации и хранения параметров работы дизель-генераторной установки (ДГУ), контроля технического состояния ДГУ, выявления ситуаций, близких к неисправности и предоставления этой информации для оценки компетентным специалистом (таблица 3).

КРПД может применяться на путевых машинах и тепловозах, предназначенных для вождения грузовых, грузопассажирских и пассажирских поездов, или для маневровой работы.

Таблица 3 - Перечень параметров, получаемых посредством комплекса регистрации параметров дизель-генераторной установки.

Наименование параметра	Единицы измерения	Пределы измерения
КРПД		
Частота вращения коленчатого вала ДГУ	об/мин	10 – 2000
Напряжение тягового генератора	В	Не более 1000
Ток тягового генератора	А	Не более 4000
Давление масла в масляной системе ДГУ	кг/см ²	Не более 10
Давление топлива в коллекторе низкого давления ДГУ	кг/см ²	Не более 10
Давление воздуха в воздушном ресивере турбонаддува ДГУ	кг/см ²	Не более 10
Температура масла на выходе ДГУ	°С	Не более 100

Температура охлаждающей жидкости в горячем контуре системы охлаждения ДГУ	°С	Не более 100
---	----	--------------

Перечисленные выше системы передают весь перечень получаемых данных о технологических параметрах тепловоза на специальную CAN шину, объединяющую данные системы в единую сеть (рисунок 6).



Рисунок 6 – Схема вывода данных о технологических параметрах ТПС

Устройство согласования (CAN – контроллер)

Назначение изделия

Устройство согласования предназначено для сопряжения системы мониторинга бортовых параметров тепловоза и системы спутниковой передачи данных. Для выполнения данной функции устройство включает в себя программируемый контроллер способный взаимодействовать с CAN шиной тепловоза, а также обладающий интерфейсом RS232 для передачи данных во внешние устройства. Контроллер выполняет задачу сбора и предварительной обработки телеметрической информации поступающей посредством CAN шины с целью передачи информации по спутниковому каналу.

Краткое описание CAN шины

CAN шина получила широкое распространение в промышленной автоматике, областях авиации, автомобильного и железнодорожного транспорта благодаря высоким скоростям передачи данных и надежности. Применение CAN шины предоставляет следующие преимущества:

- высокая надежность работы за счет автоматического отключения от сети вышедших из строя узлов;
- отсутствие иерархии среди узлов сети, другими словами, для функционирования сети не применяется схема «ведущий» - «ведомый»;
- каждый узел сети способен получать любую передаваемую по шине;

- высокая помехоустойчивость за счет подавления синфазных помех дифференциальным приемопередатчиком;
- наличие арбитража сообщений позволяющего избежать повреждения передаваемой информации при возникновении конфликта в сети.

Получение телеметрической информации тепловоза

Для получения информации о параметрах движения тягового подвижного состава необходимо наличие физического соединения контроллера с шиной CAN, а также описание CAN протокола, используемого системой мониторинга параметров движения тепловоза. В качестве физического подключения к шине необходимо использовать два сигнальных провода CAN-H и CAN-L. Идентификация пакетов, передаваемых шиной с целью определения принадлежности значения определенному параметру движения, происходит на основе описания применяемого протокола. Обработка данных телеметрии с целью передачи по спутниковому каналу связи включает в себя:

- выделение полезной информации из полученного сообщения;
- формирование телеметрического кадра в соответствии с выбранной разработчиком структурой;
- привязка кадра к географическим координатам и времени.

Передача полученного телеметрического кадра производится при помощи одного из интерфейсов передачи данных, реализованных на контроллере, например: USB, Ethernet, UART, RS232 и другие. Общая схема получения технологических параметров ТПС и общая схема передачи технологических параметров ТПС посредством спутникового канала связи приведены на рисунках 7-8.

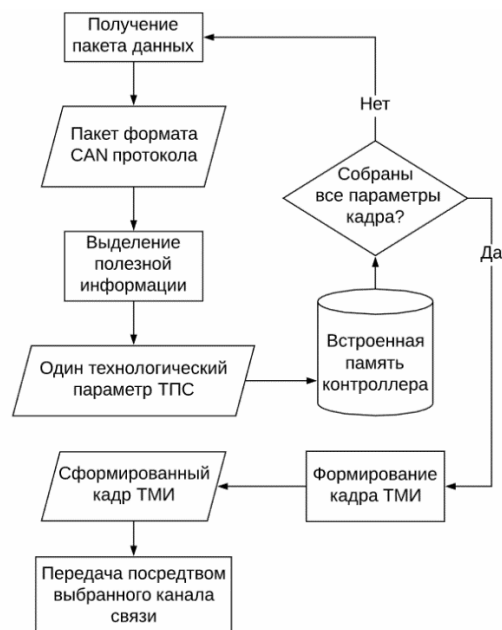


Рисунок 7 – Общая схема получения технологических параметров ТПС

Предположительный размер одного телеметрического кадра составляет 250 кбит.

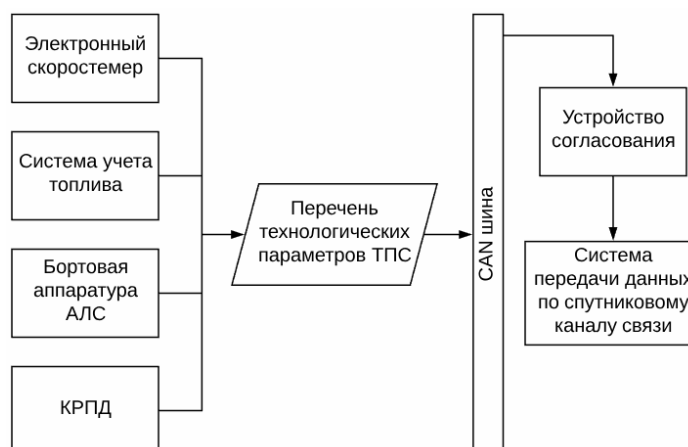


Рисунок 8 – Схема передачи технологических параметров ТПС посредством спутникового канала связи

Сервер MOXA

На выходе согласующего устройства (контроллера CAN) информационные данные в виде последовательного порта RS232 поступают в сервер MOXA, серии Nport IA5150. Сервер NPort IA (рисунок 9) – устройство, используемое для соединения промышленного оборудования с последовательным интерфейсом к сетям Ethernet. Использование данного сервера обуславливается необходимостью преобразования формата данных, получаемых с устройства согласования в Ethernet пакеты для дальнейшей передачи по спутниковому каналу. Способен поддерживать следующие протоколы: TCP Client, TCP Server, Real COM, UDP, PairConnection и EthernetModem.



Рисунок 9 - Сервер Nport IA5150/5250

Данные передаются с интерфейсов RS-232/422/485, обеспечивая совместимость с имеющимся ПО при подключении вспомогательных устройств: измерительные приборы, контролеры, электроприводы, двигатели, дисплеи операторов и сканнеры штрих-кодов.

Описание аппаратной части

Управление устройствами промышленной автоматизации, имеющих интерфейс RS-232/422/485, осуществляется сервером NPort IA. Существует две разновидности вышеуказанного сервера: с одним и двумя последовательными портами портом и двум последовательными портами RS-232/422/485.

Ниже на рисунке 10 приведено обозначение всех входных (RS-232/422/485) и выходных (Ethernet) портов, а также светодиодных индикаторов.

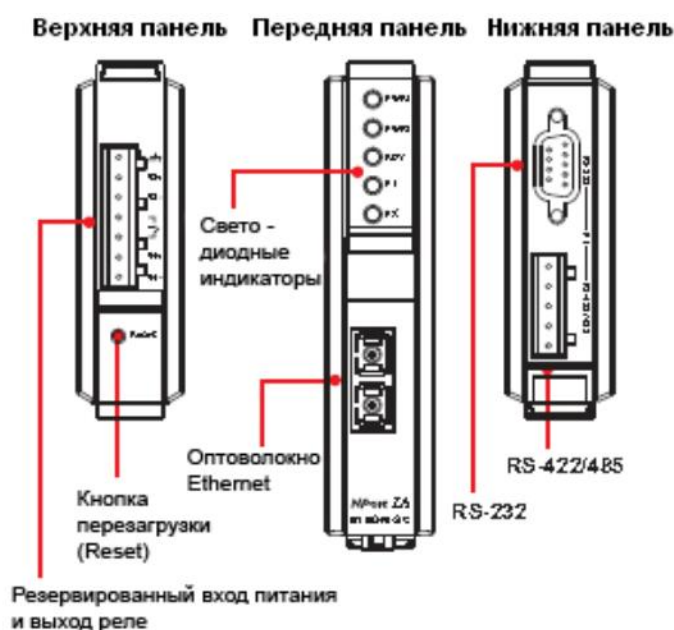


Рисунок 10 - Сервер серии NPort IA5150

Ниже в таблице 4 приведена маркировка портов сервера серии NPort IA5150.

Таблица 4 - Маркировка портов сервера серии NPort IA5150

Название	Цвет	Функция
PWR1, PWR2	красный	Питание идет на вход PWR1, PWR2.
RDY	красный	Мигает: конфликт IP-адреса, срабатывание выхода реле или некорректный ответ сервера DHCP/BOOTP. Горит: Питание включено, идет загрузка NPort IA.
	зеленый	Мигает: Функция Location утилиты NPort

		Administrator указывает на расположение сервера Горит: Питание подключено и NPort IA работает штатно.
	выключен	Питание отсутствует.
Ethernet	оранжевый	Скорость Ethernet 10 Мбит/сек.
	зеленый	Скорость Ethernet 100 Мбит/сек.
	выключен	Ethernet-кабель не подключен/неисправен.
P1, P2	оранжевый	Идет прием данных.
	Зеленый	Идет передача данных.
	выключен	Прием/передача данных не осуществляется.
FX	оранжевый	Мигает: прием/передача данных. Горит: режим ожидания.

В таблице 5 приведены технические характеристики серверов серии NPort IA.

Таблица 5 - Технические характеристики серверов серии NPort IA

Наименование сервера	Потребляемый ток	Напряжение питания	Рабочая температура
NPort IA5150I	360 мА	12 ~ 48 В	0 ~ 55°C
NPort IA5150-S-SC	420 мА	12 ~ 48 В	0 ~ 55°C
NPort IA5250	440 мА	12 ~ 48 В	0 ~ 55°C
NPort IA5150I-S-SC	470 мА	12 ~ 48 В	0 ~ 55°C

На выходе сервера MOXA имеем последовательный порт Ethernet 1, который далее подключается ко входу Ethernet коммутатору (Ethernet 2) серии MikroTik RB2011 UiAS-2HnD.

Ethernet-коммутатор серии MikroTik

В виду физического ограничения наличия Ethernet портов на спутниковом модеме, необходимых для передачи мониторинговых и мультисервисных данных по спутниковому каналу связи, в спутниковую телеметрическую систему мониторинга вводится Ethernet-коммутатор серии MikroTik.

MikroTikRouterBoard 2011UAS-RM - это мультипортовый маршрутизатор от компании Mikrotik. Он предназначен для использования внутри помещения. Маршрутизатор оборудован высокопроизводительным процессором Atheros AR9344 с частотой 600 МГц и оперативной памятью 128Мб. Такие технические данные в сочетании с фирменным программным комплексом RouterOS с лицензией пятого уровня позволяют этому маршрутизатору выполнение множества задач в профессиональном сегменте.

MikroTikRouterBoard2011UAS имеет десять сетевых портов, способных самостоятельно определять скорость подключения. Пять из которых являются 10/100/1000 MbitGigabitEthernet портами, а другие пять являются 10/100

MbitFastEthernet портами. Коммутатор также оборудован разъемом для SFP-трансиверов.

Размеры металлического корпуса MikroTik RouterBoard 2011UAS-RM (рисунок 10) соответствуют форм-фактору 1U, что означает возможность установки маршрутизатора в коммутационную стойку, устанавливаемую в кабине машиниста. Электропитание устройства может выполняться благодаря блоку питания с напряжением 8-28 В через специальный разъем, а также по протоколу PoE. Максимальная потребляемая мощность составляет 15 Вт.



Рисунок 10 - Внешний вид MikroTik RouterBoard 2011UAS-R

В таблице 6 приведены технические характеристики коммутатора MikroTik RouterBoard 2011UAS-R.

Таблица 6 - Технические характеристики Ethernet-коммутатора MikroTik RouterBoard 2011UAS-R

Бренд	<u>MikroTik</u>
Артикул	RB2011UAS-RM
Тип оборудования	промышленный маршрутизатор
Стандарты проводной связи	PassivePoE
Операционная система	RouterOS L5
Процессор	Atheros AR9344
Частота процессора	600 MHz
Размер оперативной памяти	128 MB
Порты и интерфейсы	5 x 10/100 Mbit Fast Ethernet порт с поддержкой Auto-MDI/X
	5 x 10/100/1000 Mbit Gigabit Ethernet порт с поддержкой Auto-MDI/X 1 x SFP port
Службы	Auto VPI/VCI detection DDNS

	DHCP DHCP Server DLNA DMZ DNS DNS Proxy IGMP NAT NTP Client PPP Port Forwarding Port Trigger SNMP System Event Log UPnP Universal Repeater Virtual Server
Кнопки	Reset
Индикаторы	Power Ethernet activity User
Способы подключения WAN	DHCP L2TP PPPoE PPTP статический IP
Возможность установки в стойку	1U
Потребляемая мощность (макс)	15 Watts
Питание	8-28V
Рабочая температура	-30...+70 °C
Рабочая влажность	0...95%
Комплектация	Маршрутизатор в корпусе 1U Блок питания
Размеры (Ш×В×Г)	21.4 × 8.6 cm

Вес товара	0.146 kg
Срок гарантии производителя	12 мес

Спутниковый модем SkyEdge II Pro R

SkyEdge II Pro RM – приемо-передающий VSAT-терминал модульного типа, обеспечивающий широкополосный IP-доступ, а также групповую адресацию. Применяется для обеспечения широкополосного доступа к Интернету, поддерживает мультимедийные приложения и телефонную связь (рисунок 11). Устанавливается в стойку, которая находится в кабине машиниста.



Рисунок 11 - Спутниковый модем SkyEdge II Pro RM

SkyEdge II Pro работает с использованием стандартов DVB-S2, DVB-RCS. Применение адаптивной модуляции и кодирования (ACM) для исходящих каналов стандарта DVB-S2 позволяет эффективно использовать полосу пропускания и обеспечивает высокую эксплуатационную готовность. Mesh карта снижает задержку при связи между двумя VSAT терминалами. Подключение к PC обеспечивается четырьмя разъемами. Также терминал может иметь дополнительные разъемы (рисунок 12).

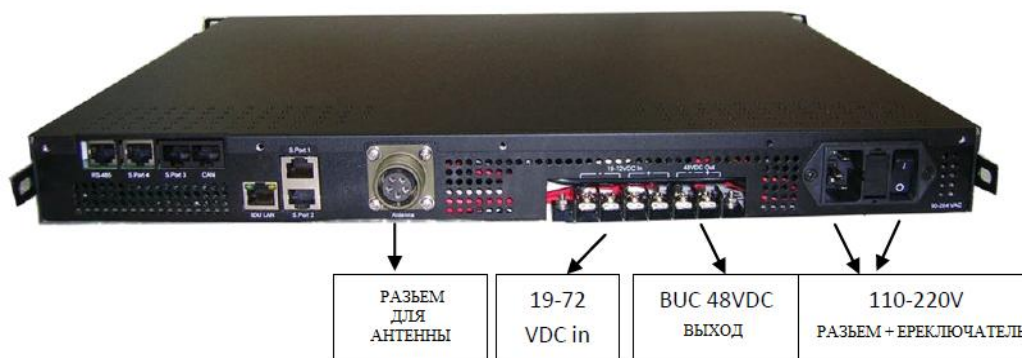


Рисунок 12 - Вид терминала SkyEdge II Pro RM, вид сзади

Последовательность подключения:

1) Ethernet-кабель соединяет LAN-порты компьютера и спутникового терминала;

- 2) питание 220 В через разъем DC IN;
- 3) через разъемы Tx и Rx посредством коаксиального кабеля идет соединение со спутниковым терминалом. Rx – входящий, Tx – исходящий.

Отличительные черты модема SkyEdge II Pro:

- высокая скорость входящего канала и исходящего канала;
- высокий коэффициент готовности ;
- ускорение HTTP, TCP, VPN;
- поддерживается MESH карта;
- слоты расширения (4 шт.);
- поддержка QoS, что позволяет качественно передавать голосовой и видео трафик, предоставлять доступ в Интернет. для высококачественной передачи VoIP-, видео-трафика и доступа к Интернет;
- 19-дюймовое стойное исполнение, 1U;
- терминал VSAT и с использование стандартов с расширенной функциональностью DVB-S2 и DVB-RCS.

В таблице 7 приведены основные технические характеристики спутникового терминала SkyEdge II Pro RM

Таблица 7 - Технические характеристики спутникового терминала SkyEdge II PRO

Параметры	Характеристики
Исходящий канал	- Используемые стандарты: DVB-S2 ACM, DVB-S - Скорость: от 256 кбит/с до 45 Мбит/с - Модуляция: 32ASPK, QPSK, 16APSK, 8PSK. - Помехоустойчивое кодирование: BCH (DVB-S2) и LDPC.
Запросный канал	- Передатчик: Ku, ExtKu с мощностью 2Вт-20Вт; C, Ext C с мощностью 4Вт-20Вт; Ka-диапазон с мощностью 4Вт - Внешний: 6Вт BUC и выше; Внутренний: от 24В до 4Вт BUC; Ku, ExtKu, C, Ka - Приемник: тип стандартный или PLL - Размер типовой антенны: C-диапазон: 1.8 м; Ka-диапазон и Ku-диапазон: от 0.55 м до 1.2 м;
Характеристики IP	- IP-функциональность - расширенная: IP prioritization, Multi VRF & VLAN, IGMP, IPv6, NAT/PAT, RIP, DHCP, VRRP. - VLAN - поддержка до 8, DiffServ, ACL - BandwidthonDemand, Multi-LevelQoS и MPN, TCP&HTTP ускорение,
Внутренний блок	- РЧ интерфейс: прием/передача, разъемы F-типа - 2, 75Ом

	- Интерфейс данных: асинхронный RS232 (RJ-45), 4xEthernet 10/100BaseT,
Карты расширения	- слоты расширения – 4 шт. - слот для Mesh карты - до 8 FXS портов - FXS карты 2x2 порта, MESH-карта 1 порт
Характеристики электропитания	- Переменное напряжение 100-240В; - Постоянное напряжение 24В DC (19В-36В), 48В DC (36В-72В) - Потребление: 13Вт (при использовании дополнительных карт расширения требуется 10 Вт на каждую)
Условия эксплуатации	- температурный рабочий диапазон: -5 / +50°С - условия хранения: -40 / +70°С при относительной влажности не более 90%

Далее все данные, снимаемые с датчиков ТПС проходя через спутниковый терминал SkyEdge II PRO RM, последовательно подключаются с антенной системой, спутниковым передатчиком Wavestream мощностью 40W, производства компании Gilat (Израиль), а также приемником PLL LNB. Оба работают в диапазоне (RF) L-Band. Приемник и передатчик подключаются с подвижной двунаправленной антенной системой. В данной работе предлагается использование антенны RaySat ER – 7000, которая предназначена для промышленного использования в поездах и больших транспортных средствах.

2.2 Подвижная спутниковая антенна RaySat ER-7000

RaySat ER-7000 от Gilat - это надежная низкопрофильная двухполосная антенная система (рисунок 13), которая позволяет осуществлять широкополосную спутниковую связь в режиме реального времени и во время движения ТПС для передачи видео, голоса и данных.

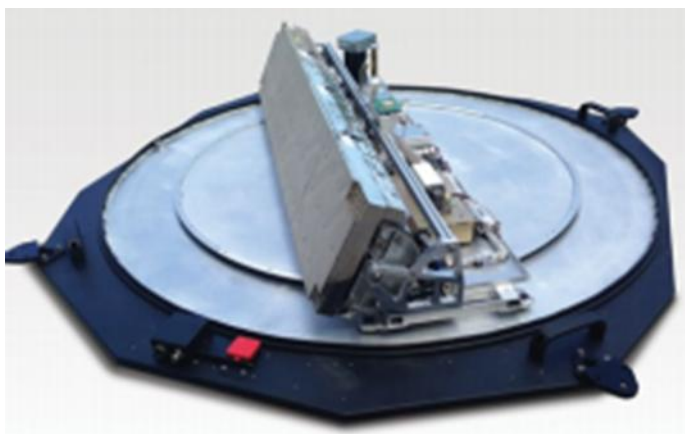


Рисунок 13 - Подвижная двунаправленная антенная система RaySat ER – 7000

Технические характеристики спутниковой подвижной антенны даны в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики антенной системы RaySat ER–7000

Параметр	Характеристика
<i>Электрические характеристики</i>	
Частотный диапазон:	Прием: 10.95 — 12.75 ГГц, передача: 14.0 – 14.5 ГГц
Диапазон промежуточных частот (вход)	Вход: 950 — 1450 МГц Выход: 950 — 1450 МГц
Усиление:	Прием: 35 дБи Передача 36 дБи
Коэффициент добротности	13.0 дБ/°К
Эффективная мощность (изотропная)	52 дБВт
Кроссполяризационная развязка	> 25 дБ
Поляризация	линейная
Напряжения	DC 12-24В, AC 110-220В (ант)
Мощность потребления	250 Вт + 10Вт (IDU)
Передатчик	до 40Вт
<i>Интерфейсы электрические</i>	
Разъем Rx (прием)	TNC
Разъем Tx (передача)	WR75
<i>Производительность</i>	
Диапазон и режим работы по азимуту	360° (настройка автоматическая)
Диапазон и режим работы по углу места	0° — 90° (настройка автоматическая)
Диапазон и режим изменения поляризации	от -180° до +180° (настройка автоматическая)
Скорость вращения по азимуту	150°/с

Скорость наведения на спутник	<12 с
Скорость повторного наведения на спутник	<5 с (если продолжительность блокады спутника <20 мин)
Точность наведения по углу места	0.9° @ 45°/с, 180°/с ²
Точность наведения по азимуту	0.2° @ 60°/с, 360°/с ²
<i>Условия эксплуатации</i>	
Температурный режим	-40° / +70°С
Относительная влажность	не более 95%
Скорость движения	не более 350 км/ч
<i>Габариты и вес</i>	
Габариты антенны	Диаметр 130 (170 включая BUC) x ширина 130 Ш x высота 30 см
Вес антенны	50 кг
Габариты контроллера	19дюймов 1U
Вес контроллера	6 кг

Антенна RaySat ER - 7000 maximизирует пропускную способность, используя высокоэффективную волноводную панель, а ее минимальный размер и вес обеспечивают легкий и безопасный монтаж автомобиля. ER7000 оснащен несколькими бортовыми датчиками слежения, которые обеспечивают точное отслеживание, кратчайшее первоначальное получение и мгновенное время повторного обнаружения после потери сигнала.

ER7000 может быть развернут как часть полного интегрированного терминала SOTM, состоящего из антенны, Gilat BUC и модема Gilat GLT1000, управляемого единой системой управления. При интеграции с сторонними модемами антенна поставляется с блоком управления антенной (ACU).

Антенна Raysat ER-7000 подключается к модему SkyEdge II PRO RM (устройство темного цвета), последовательно подключаясь с контроллером спутниковой антенны. Контроллер обладает высокой точностью автоматического наведения. Панель контроллера снабжена клавиатурой и LCD-дисплеем, разъемами для подключения внешних устройств.

Подключение антенны Raysat ER-7000 со спутниковым модемом осуществляется посредством кабелей Tx и Rx. Как было упомянуто выше, один кабель идет на прием (Rx) информации, а другой - на передачу (Tx).

Настройка спутникового модема будет осуществляться машинистом ТПС посредством персонального компьютера, который будет находиться на борту ТПС.

Подключение ПК и спутникового модема SkyEdge II PRO RM будет осуществляться через коммутатор MIKROTIK (последовательный порт RJ45), а также с помощью специального ПО установленного на ПК машиниста.

2.3 Спутниковый канал связи

Для обеспечения спутникового канала связи будет использоваться спутник КазСат-3. Отечественный спутник КазСат-3 покрывает практически всю территорию Казахстана (рисунок 14) и обеспечивает непрерывную связь. Кроме того, значительно упрощается задача согласования орбитально-частотного ресурса в Казахстане.

Расчёт линии связи для подвижной антенны Raysat E-7000 и антенны 1.8 м приведён ниже. В качестве исходных данных принят канал связи Алматы 1,8м — территория Казахстана 0,6м E-7000.

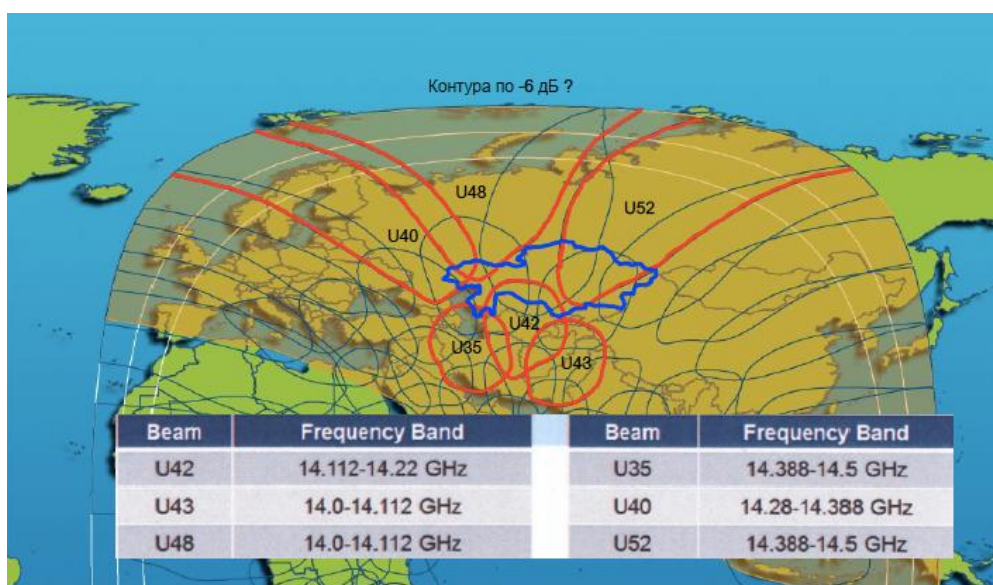


Рисунок 14 – Зоны покрытия территории Казахстана спутником КазСат-3

В рамках реализации расчетной части магистерской диссертации рассмотрим в качестве центральной земной станции (ЦЗС) станцию, расположенную в г.Алматы, где будет находиться центр приема бортовых параметров тепловоза. В качестве удаленного терминала примем подвижную станцию RaySat E-7000, расположенную на крыше ТПС.

Для расчета спутниковой линии связи в прямом и обратном каналах рассмотрим наихудший сценарий отправки и приема спутникового сигнала связи с точки зрения метеорологических и географических условий. Для этого была выбрана Западно-Казахстанская область, которая изобилует горной местностью и повышенным уровнем влажности, что негативно отражается на качестве спутникового сигнала (Таблица 9.1). Таблица 9.1 - Географическое расположение спутниковых станций

Наземная станция	Алматы	ЗКО (Бородулиха)	КАЗСАТ-3
Широта	43°15'23" с.ш.	51°37'04" с.ш.	0
Долгота	76°55'42" в.д.	80°93'02" в.д.	58,5° в.д.

Определим коэффициент усиления для спутниковой станции по формуле:

$$G = 10 \log \eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right), \quad (2.1)$$

где D - диаметр антенны;

λ - длина волны;

η - коэффициент эффективности усиления.

Для подвижной спутниковой станции RaySat E-7000 в ЗКО (прямой канал):

$$G = 10 \log 0,6 \left(\frac{\pi \cdot 0,6 \cdot 30 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^8} \right) = 35,89 \text{ Дб} \quad (2.2)$$

Для ЦЗС в г.Алматы (прямой канал):

$$G = 10 \log 0,7 \left(\frac{\pi \cdot 1,8 \cdot 30 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^8} \right) = 45,36 \text{ Дб} \quad (2.3)$$

Рассчитаем ЭИИМ для линии подвижная станция – спутник :

$$EIRP = P_t \cdot G_t, \quad (2.4)$$

где P_t - передаваемая мощность, ДбВт;

G_t – коэффициент усиления для передающей станции.

Таким образом, для передающей станции в ЗКО:

$$EIRP = 9,64 + 35,89 = 48,2 \text{ ДбВт} \quad (2.5)$$

Для наземной станции в г.Алматы:

$$EIRP = 6,23 + 45,36 = 51,59 \text{ ДбВт} \quad (2.6)$$

Расстояния от наземной станции до спутника рассчитывается по формуле :

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0,2954 \cdot \cos \varphi}, \quad (2.7)$$

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

где ξ - широта местоположения земной станции,

β - разность долгот орбитального спутника и наземной станции,

d - расстояние от наземной станции до орбитального спутника, км.

Подставляя исходные данные в формулу (2.7), получим следующие результаты:

для Алматы:

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0,2954 \cdot \cos 43^\circ 15' \cos 18,05^\circ} = 38028,11 \text{ км} \quad (2.8)$$

Для ЗКО:

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0,2954 \cdot \cos 51^\circ 37' \cos 22,43^\circ} = 38824,439 \text{ км} \quad (2.9)$$

Проведем расчет угла места и азимута на орбитальный спутник с наземных станций:

$$\text{Азимут} = 180^0 - \arctg\left(\frac{\text{tg}\beta}{\sin\xi}\right), \quad (2.10)$$

$$\text{Угол места} = \arctg\left(\frac{\cos\beta \cdot \cos\xi - 0,15126}{\sqrt{\sin^2\beta + \cos\beta \cdot \sin\xi}}\right) \quad (2.11)$$

где $\beta = \gamma - \delta$,

γ - долгота спутниковой точки, в градусах;

δ - долгота наземной станции, в градусах;

ξ - широта наземной станции, в градусах.

Таким образом, подставив исходные данные в формулы (2.10) и (2.11), получим следующие результаты:

для подвижной станции в ЗКО :

$$\text{Азимут} = 180^0 - \arctg\left(\frac{\text{tg}18,05^0}{\sin43,15^0}\right) = 207,85^0, \quad (2.12)$$

$$\text{Угол места} = \arctg\left(\frac{\cos18,05^0 \cdot \cos43,15^0 - 0,15126}{\sqrt{\sin^2 18,05^0 + \cos18,05^0 \cdot \sin43,15^0}}\right) = 27,56^0 \quad (2.13)$$

для наземной станции в г.Алматы:

$$\text{Азимут} = 180^0 - \arctg\left(\frac{\text{tg}22,43^0}{\sin51,37^0}\right) = 205,93^0, \quad (2.14)$$

$$\text{Угол места} = \arctg\left(\frac{\cos22,43^0 \cdot \cos51,37^0 - 0,15126}{\sqrt{\sin^2 22,43^0 + \cos22,43^0 \cdot \sin51,37^0}}\right) = 35,75^0. \quad (2.15)$$

Проведем расчет затухания энергии спутникового сигнала в свободном пространстве по формуле:

$$L = 20 \lg\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right), \quad (2.16)$$

где L - затухание энергии, дБ;

$\lambda = \frac{c}{f}$ - длина волны, м;

d - расстояние между спутником ЦЗС, м;

f - частота сигнала, Гц.

$c = 3 \cdot 10^8$ м/с - скорость света;

Таким образом, для ЗКО затухание энергии сигнала в свободном пространстве на линии Земля - спутник ($f = 14$ ГГц, $\lambda = 0,021$ м) будет равно:

$$L \uparrow = 20 \lg\left(\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 38824,439 \cdot 10^3}{0,021}\right) = 207,19 \text{ дБ} \quad (2.17)$$

а на линии спутник - Земля ($f = 11$ ГГц, $\lambda = 0,027$ м) получим:

$$L \uparrow = 20 \lg\left(\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 38824,439 \cdot 10^3}{0,027}\right) = 204,89 \text{ дБ} \quad (2.18)$$

Таким же образом рассчитывается затухание в свободном пространстве для наземной станции в г.Алматы. Подставив в формулу (2.16) исходные данные, получим затухание на линии Земля-спутник:

$$L \uparrow = 20 \lg\left(\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 38028,11 \cdot 10^3}{0,021}\right) = 207,01 \text{ дБ} \quad (2.19)$$

а на линии спутник - Земля:

$$L \uparrow = 20 \lg \left(\frac{4 \cdot 3.14 \cdot 38028.11 \cdot 10^3}{0.027} \right) = 204.84 \text{ дБ} \quad (2.20)$$

Развернутый анализ энергетических параметров спутникового сигнала в прямом и обратном каналах на линии «вверх» и «вниз» приведен в таблицах 9.2-9.8.

Для оптимального расчёта 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 9.2 - Выбор спутникового канала для расчета линии связи для подвижной антенны RaySat E-7000

Satellite	KAZSAT3	Transponder Configuration	1375 D02:KZ3-1-H->KZ3-1-V
Resource Request	AST SE2 zapros na rachet E7000-1.8FAlm	Customer	Astel
Resource Request ID	18092006	Carrier Type	AST 1024 QPSK 3/4

Таблица 9.3 - Исходные данные для энергетического расчета прямого канала подвижной антенны RaySat E- 7000 ЗКО-Алматы на линии «вверх»

Up Antenna & Earth Station	
Antenna Name	ast E-7000 wost case up
Station Name	\$ VKO boroduliha wost case up for K3
Latitude (°N)	51.374
Longitude (°E)	80.932
Azimuth (°)	207.853
Elevation (°)	27.56
Sat Range (Km)	38824.439
Diameter (m)	0.6
EIRP Min (dBW)	20.0
EIRP Max (dBW)	51.52
HPA to Tx antenna losses (dB)	0.5

Таблица 9.4 - Исходные данные для энергетического расчета прямого канала подвижной антенны RaySat E- 7000 ЗКО-Алматы на линии «вниз»

Down Antenna & Earth Station	
Antenna Name	Ast Almaty 1.8 for E-7000
Station Name	Ast Almaty 1,8
Latitude (°N)	43.267
Longitude (°E)	76.932
Azimuth (°)	205.931
Elevation (°)	36.758
Sat Range (Km)	38028.11
Diameter (m)	1.8

Receiver (LNA) noise temp. (K)	75.0
Feeder Attenuation (dB)	2.1
Antenna noise temp. (K)	16.68
System noise temp. (K)	196.44
Receive gain (dBi)	45.36
Antenna G/T (dBi/K)	20.33
Carrier	
Information Bit Rate (Kbit/s)	1024.0
Overhead:	UNKNOWN
FEC	3/4
Reed Solomon	UNKNOWN
Modulation	QPSK
Used Bandwidth (Mhz)	0.8192
Allocated Bandwidth (MHz)	0.82
Symbol Rate (kbaud)	682.67
RollOff	0.2
Space (%)	0.1

Таблица 9.5 - Энергетический расчет прямого канала для подвижной антенны RaySat E-7000 ЗКО-Алматы (наихудший сценарий)

Uplink	
Station HPA (W)	37.82
Tx Gain (dB)	35.89
Antenna Transmit EIRP (dBW)	45.53
RR uplink Cent. Freq. (MHz)	14073.8168
Total attenuation (dB)	212.8
Free space loss (dB)	207.19
Gaseous attenuation (dB)	0.13
Rain attenuation (dB)	5.26
Power flux density (dBW/m ²)	-121.94
Uplink gain correction (dB)	1.14
Satellite antenna ref gain (dBi)	32.77
C/I (dB)	13.19
Uplink C/N (dB)	12.32
Downlink	
RR downlink Cent. Freq. (MHz)	11023.8168
Total attenuation (dB)	204.94
Free space loss (dB)	204.89
Gaseous attenuation (dB)	0.05
Rain attenuation (dB)	0.0
Downlink gain correction (dB)	2.01

Downlink antenna ref gain (dBi)	31.23
Satellite EIRP at ref (dBW)	18.34
Satellite EIRP Rx ES (dBW)	20.36
C/I (dB)	46.66
Downlink C/N (dB)	8.1
Total link	
C/N (dB)	5.79
Service Availability Type	Optimized
Service availability (%)	99.96
Required Eb/N0 (dBHz)	4.0
Margin (dB)	0.03
Bw utilization (%)	1.52
Power utilization (%)	0.05
Transponder	
EIRP saturation at Ref. (dBW)	51.57
SFD (dBW/m ²)	-81.87
IBO (dB)	16.63
OBO (dB)	10.57
G/T (dBi/K)	8.41
Intermodulation ratio (dB)	31.62
Up/Down Center Frequency (MHz)	14093.75 11043.75
Transponder Bandwidth (MHz)	54.0

Таблица 9.6 - Исходные данные для энергетического расчета обратного канала подвижной антенны RaySat E- 7000 Алматы-ЗКО на линии «вверх»

Up Antenna & Earth Station	
Antenna Name	Ast Almaty 1.8 for E-7000
Station Name	Ast Almaty 1,8
Latitude (°N)	43.267
Longitude (°E)	76.932
Azimuth (°)	205.931
Elevation (°)	36.758
Sat Range (Km)	38028.11
Diameter (m)	1.8
EIRP Min (dBW)	20.0
EIRP Max (dBW)	52.0
HPA to Tx antenna losses (dB)	1.0

Таблица 9.7 - Исходные данные для энергетического расчета обратного канала подвижной антенны RaySat E- 7000 ЗКО-Алматы на линии «вниз»

Таблица 9.8 - Энергетический расчет обратного канала для подвижной антенны RaySat E-7000 ЗКО-Алматы (наихудший сценарий)

Uplink	
Station HPA (W)	3.88
Tx Gain (dB)	46.69
Antenna Transmit EIRP (dBW)	51.59
RR uplink Cent. Freq. (MHz)	14072.9968
Total attenuation (dB)	210.61
Free space loss (dB)	207.01
Gaseous attenuation (dB)	0.07
Rain attenuation (dB)	3.44
Power flux density (dBW/m ²)	-114.21
Uplink gain correction (dB)	1.69
Satellite antenna ref gain (dBi)	32.77
C/I (dB)	24.18
Uplink C/N (dB)	20.59
Downlink	
RR downlink Cent. Freq. (MHz)	11022.9968
Total attenuation (dB)	204.92
Free space loss (dB)	204.84
Gaseous attenuation (dB)	0.09
Rain attenuation (dB)	0.0
Downlink gain correction (dB)	0.96
Downlink antenna ref gain (dBi)	31.23
Satellite EIRP at ref (dBW)	26.58
Satellite EIRP Rx ES (dBW)	27.54
C/I (dB)	54.89
Downlink C/N (dB)	6.05

Down Antenna & Earth Station	
Antenna Name	ast E-7000 worst case down
Station Name	\$ ZKO worst case dn K3
Latitude (°N)	43.222
Longitude (°E)	51.172
Azimuth (°)	169.364
Elevation (°)	39.62
Sat Range (Km)	37802.346
Diameter (m)	0.6
Receiver (LNA) noise temp. (K)	75.0
Feeder Attenuation (dB)	1.14
Antenna noise temp. (K)	16.27
System noise temp. (K)	154.32
Receive gain (dBi)	35.06

Antenna G/T (dBi/K)	12.04
Total link	
C/N (dB)	5.83
Service Availability Type	Optimized
Service availability (%)	99.96
Required Eb/N0 (dBHz)	4.0
Margin (dB)	0.07
Bw utilization (%)	1.52
Power utilization (%)	0.32
Transponder	
EIRP saturation at Ref. (dBW)	51.57
SFD (dBW/m ²)	-81.87
IBO (dB)	16.79
OBO (dB)	10.72
G/T (dBi/K)	8.96
Intermodulation ratio (dB)	31.88
Up/Down Center Frequency (MHz)	14093.75 11043.75
Transponder Bandwidth (MHz)	54.0

Таким образом, был произведен энергетический расчет линии связи для спутникового канала 1Мбит/с. Выбор данной скорости рассматривается как оптимальный для обеспечения передачи данных с ТПС, а также аудио-видео сигнала. Как показал проведенный расчет, в качестве ЦЗС необходимо установить наземную станцию с антенной, диаметром не менее 1.8м и ЭИММ не более 52 ДбВт. Следует отметить, готовность линии спутниковой связи составляет не менее 99,96% на линии Алматы - ЗКО и 99,98 % на линии ЗКО - Алматы.

2.4 Схема монтажа комплексной телеметрической системы мониторинга параметров движения ТПС

Проект структурированной кабельной сети для типовых секций ТПС

Задание на проектирование определяет потребность оборудования ТПС структурированными кабельными сетями согласно действующим нормативным документам; технические условия обуславливают объем выполняемых работ.

При разработке СКС учтены требования «Правил устройства электроустановок Республики Казахстан» касательно отдельных видов систем и сетей.

Ниши, каналы, сквозные отверстия, закладные детали, которые требуются для кабельных сетей и установки оборудования определены для составных частей последних. Критериями технических решений являются надежность работы, удобство и безопасность эксплуатации, использование современного оборудования, энергоэффективность и ресурсоэкономность.

СКС отвечают требованиям санитарно-гигиенической и пожарной безопасности.

Оборудование прошло проверку на соответствие требованиям электромагнитной совместимости согласно техническому регламенту, утвержденного постановлением правительства РК от 09.08.2010 № 812.

В целях гарантированной унификации компонент и обеспечения прямой и обратной совместимости оборудования, а также упрощения процедуры постановки СКС на гарантию, при построении СКС используется оборудование от двух производителей: компании Gilat и ОАО «Электромеханика».

Структурированные кабельные сети делятся на подсистемы, состоящие из функциональных элементов. Последние состоят из пассивных элементов, группируемых по определенным правилам. Каждый из пассивных элементов в свою очередь, принадлежит одной из категорий оборудования, обуславливаемых полосой пропускания частот (таблица 10).

Таблица 10. Характеристики СКС

Категория	Полоса	Приложение
3	16 МГц	С
5/5e	100 МГц	D
6	250 МГц	E
6A	500 МГц	Ea
7	600 МГц	F
7A	1000 МГц	Fa

При проектировании рекомендуется использовать высокие категории, поскольку системы СКС относятся к системам длительного пользования, и запас по полосе пропускания благоприятно скажется на дальнейшей эксплуатации. В этой связи нами выбрана категория 7 А (таблица 10).

Организация спутникового канала связи с установкой VSAT станции на тепловозе ТЭМ 2

На рисунке 15 представлена общая блок-схема организации спутникового канала связи с установкой VSAT станции на тепловозе. В верхней части рисунка «Оборудование, устанавливаемое на тепловозе ТЭМ - 2У» представлено оборудование, которое будет установлено на тепловозе серии ТЭМ - 2.

Основным сегментом является приемопередающая антенная система RaySatER – 7000, установка и монтаж которой планируется на крыше тепловоза, как показано на рисунке 16. На рисунке 17 представлена крыша

тепловоза с креплениями и кабельной прокладкой (условное графическое обозначение приведено ниже под рисунком).

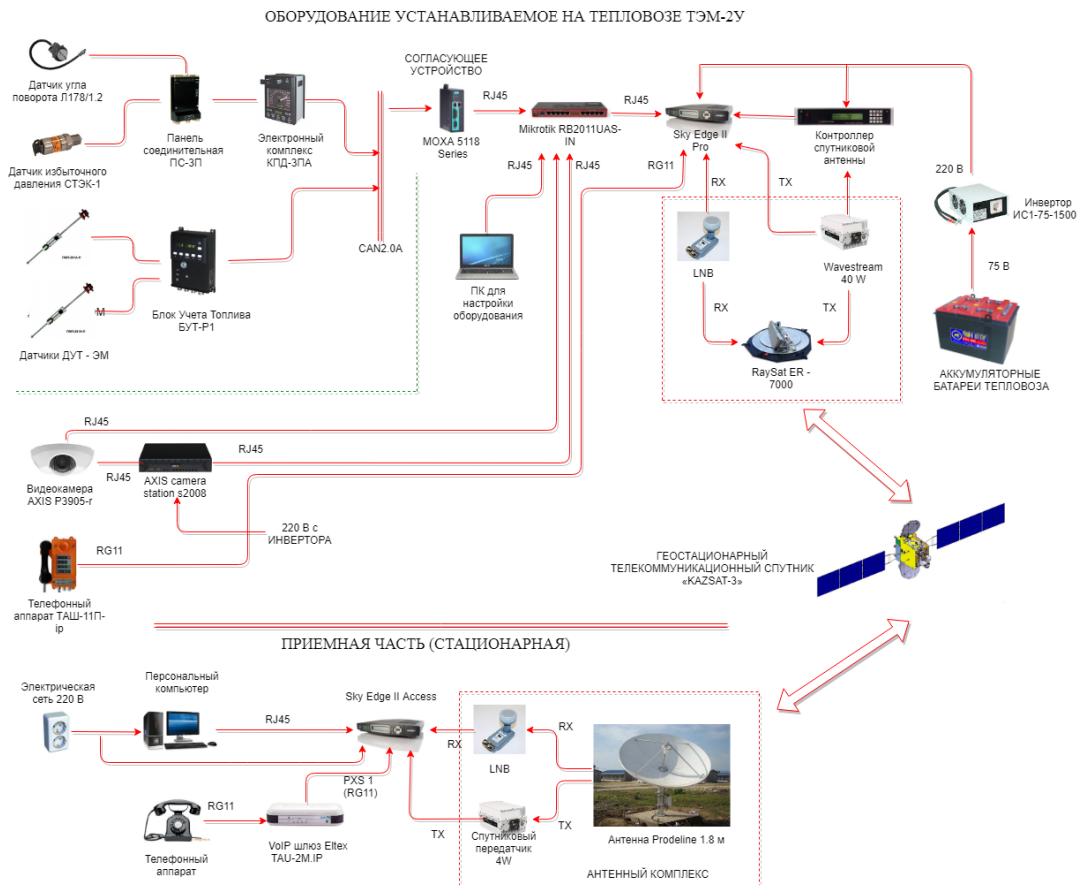


Рисунок 15 - Общая блок-схема спутниковой телеметрической системы мониторинга бортовых параметров тягового подвижного состава

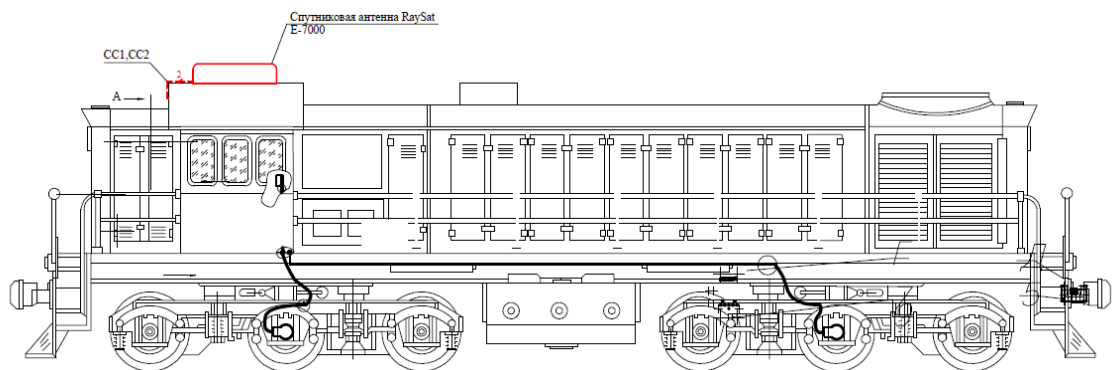


Рисунок 16 - Установка антенны RaySatER-7000 на крыше тепловоза



Рисунок 17 - Установка антенны RaySatER-7000 на крыше локомотива

Примечания по установке антенны RaySatER-7000:

- 1) Сварку конструкций производить электродами типа Э42ГОСТ9467-75.
- 2) Контроль качества сварных швов производить согласно СНиП РК 5.04-18-2002.
- 3) Защиту металлических конструкций от коррозии производить в соответствии с требованиями СНиП РК 2.01-19-2004:
 - степень очистки поверхности металлических конструкций по ГОСТ 9.402-2004 - третья;
 - грунтовка металлических поверхностей производится грунтовкой ГФ - 021;
 - окраска металлоконструкций за два раза эмалью ПФ (быстросохнущая) по ТУ 6-10-1710-79;
 - качество лакокрасочного покрытия по ГОСТ 9.032-74* должно соответствовать IV классу.

4) В местах болтового соединения М 10 сверлить отверстия Ø12 мм.

5) Опору к крыше тепловоза крепить стальными заклепками.

Монтаж и прокладка кабельной сети для антенной системы

Для обеспечения надежности работы электронного оборудования на борту ТПС будет установлен 19-дюймовый шкаф-контейнер, в котором будет находиться электронное оборудование. На рисунке 18 представлена кабина машиниста (вид сверху) и установка оборудования внутри кабины (условные графические обозначения показаны под рисунком).

Примечания по прокладке кабельной сети:

- 1) Проектируемые кабели на всем протяжении прокладываются в металлорукаве.

2) После прокладки кабелей отверстия герметизируются огнестойкой пеной.

3) Настенный 19-дюймовый шкаф-контейнер 6U устанавливается на стене, в помещении машиниста, высоту установки определить по месту.

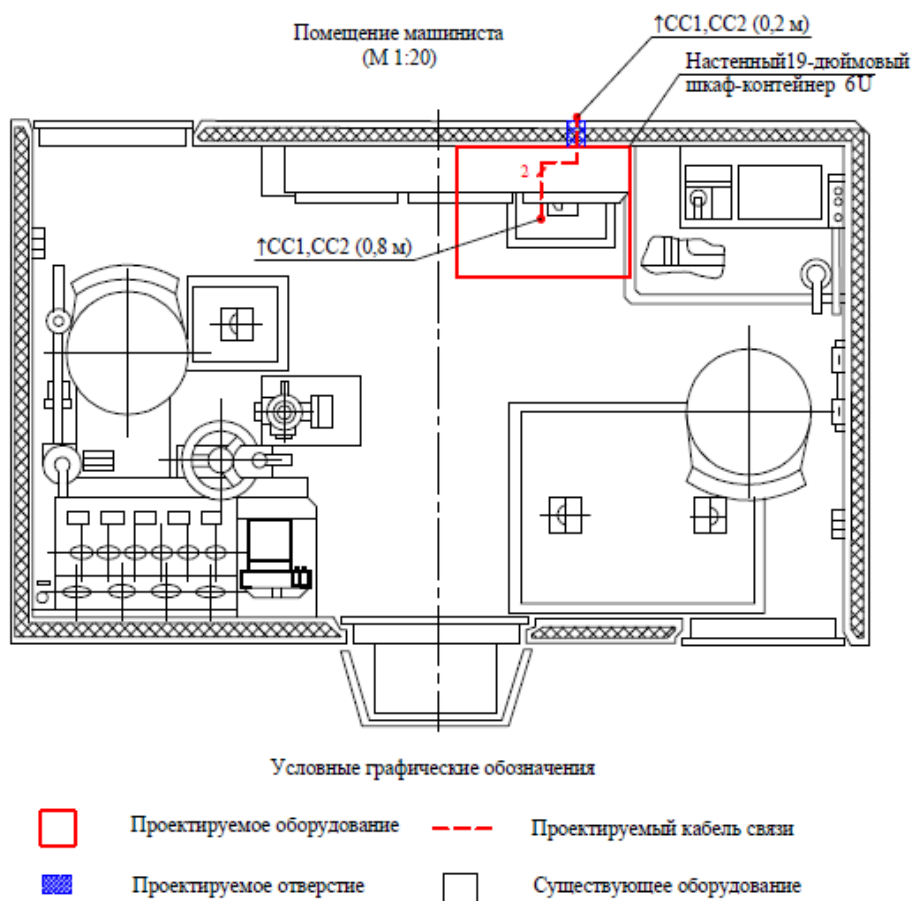


Рисунок 18 – Установка оборудования в кабине машиниста (вид сверху)

Монтаж и прокладка кабельной сети для системы КВАРТА-Р1

Система учета топлива КВАРТА-Р1 состоит из:

- блока учета топлива БУТ-Р1;
- двух датчиков ДУТ-ЭМ (для измерения уровня температуры и плотности топлива);

Информация, снимаемая с датчиков ДУТ-ЭМ, передается в антенную систему RaySatER - 7000 посредством шины CAN2.0A.

На рисунке 19 приведена установка датчиков топлива ДУТ-ЭМ в топливном баке ТПС. Синим цветом показана кабельная прокладка для связи датчиков с соединительной панелью. Также указано место установки датчиков. Блок учета топлива БУТ-Р1 показан на рисунке 20.



Рисунок 19 - Установка датчиков топлива ДУТ-ЭМ в топливном баке ТПС

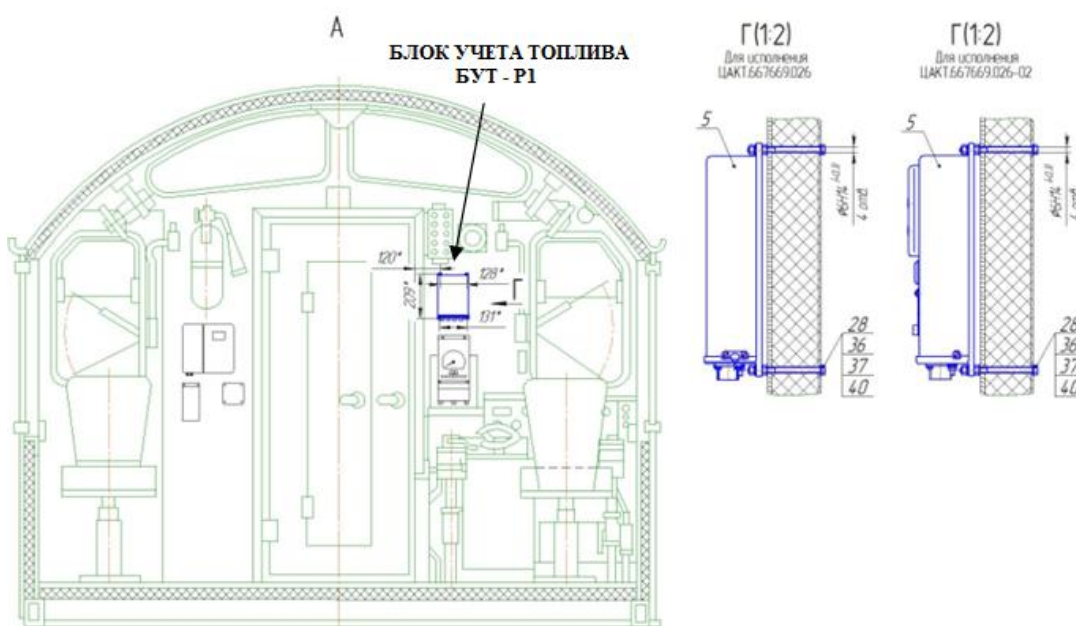


Рисунок 20 - Установка датчиков топлива ДУТ-ЭМ в топливном баке ТПС

Примечание по установке и монтажу системы учета топлива и системы контроля параметров движения:

1) Электромонтаж выполнить по схеме электрического подключения ЦАКТ.667669.026 35;

2) Окраска вновь установленного оборудования под цвет существующих частей тепловоза. Системы измерительные поз.46, поз.47, рукав поз.52 не окрашивать.

3) Установку систем измерительных на поз.46, поз.47 на боках регулировать подбором шайб поз.22, поз.23, поз.24, поз.25, обеспечив зазор 2 мм. между дном бака и торцом штанги системы измерительной.

4) Авто герметик-прокладка маслобензостойкий ТУ 2513-045-05766764-01

5) Размещение блока поз.5 установить по месту при монтаже. Разметку крепежных отверстий производить по блоку поз.5.

6) Расположение вводов в кузов труб поз.14, места приварки банок поз.8 и крепления уголков поз.10 длину рукавов поз.52 уточнить по месту, исходя из удобства монтажа.

7) Внутреннюю кромку среза труб поз.53 притупить фаской $1.5 \times 45^\circ$

8) Провода ЦАКТ.685614.125 и ЦАКТ.685614.126 кабели: ЦАКТ.685692149, ЦАКТ.685692087, ЦАКТ.685692.319 и ЦАКТ.685692320 входят в состав КМЧ ЦАКТ.466941.026 и КМЧ ЦАКТ.466941.026-02.

9) Хомуты поз.44, площадка под винт поз.45 и саморезы поз.48 входят в состав КМЧ ЦАКТ.466941.026 и КМЧ ЦАКТ.466941.026-02

Монтаж и прокладка кабельной сети для системы КПД - 3ПА

Комплекс регистрации параметров движения КПД - 3ПА состоит из:

- Съёмного модуля памяти МПМЭ;
- Блока управления БУ - 3ПА;
- Панели соединительной ПС - 3П;
- Датчиков избыточного давления СТЭК - 1;
- Датчиков пути и скорости Л178.

Информация, снимаемая с датчиков СТЭК - 1 и Л178, передается в антенную систему RaySat ER - 7000 посредством шины CAN2.0A.

На рисунке 21 показано местоположение установки системы учета топлива КВАРТА-Р1 и блок управления БУ-3ПА.

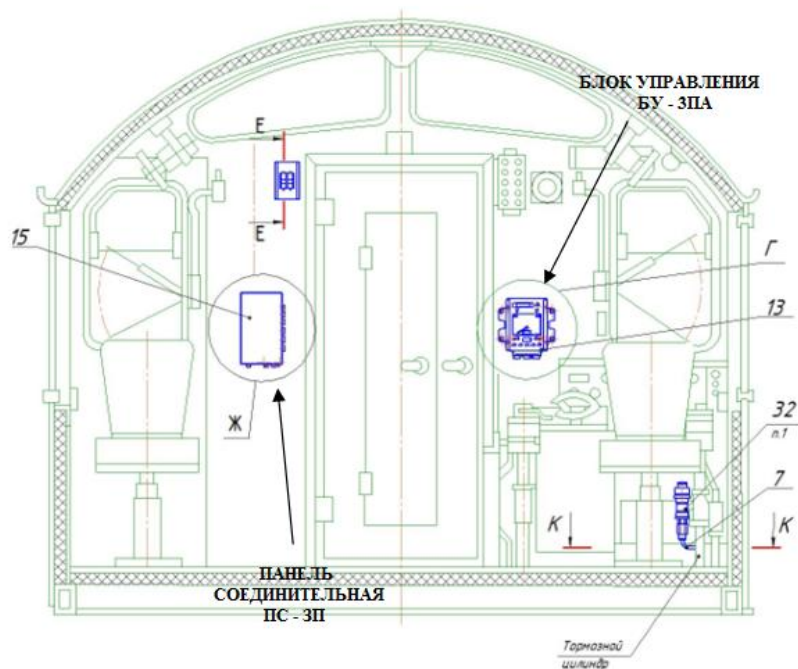


Рисунок 21 - Установка датчиков топлива ДУТ-ЭМ в топливном баке ТПС

2.5 Выводы по главе 2

В главе 2 показана проведенная работа по:

- бортовому телеметрическому комплексу;
- подвижной спутниковой антенне RaySat ER-7000;
- спутниковому каналу связи;
- схема монтажа комплексного оборудования спутниковой телеметрической системы мониторинга параметров движения ТПС.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Разработка методологии проведения испытаний СТС на типовом ТПС

Процедура подготовки каждой земной станции к работе с космическим сегментом (паспортизация) включает в себя:

- оформление разрешения на использование соответствующих полос радиочастот;
- испытания земной станции (по первому и второму этапам);
- оформление протоколов испытаний и паспорта земной станции.

Разрешение на использование радиочастот и эксплуатацию оформляется установленным порядком владельцем земной станции (в уполномоченном органе).

Испытания земной станций проводятся поэтапно с использованием соответствующей методики.

Первый этап испытаний

Автономные испытания радиооборудования ЗССС проводятся операторами связи и вещания самостоятельно.

1. Целью первого этапа испытаний является проверка параметров земной станции на соответствие данным, указанным заявителем в заявке на оказание услуг спутниковой связи.

2. Испытания на первом этапе проводятся владельцем земной станции в автономном режиме без излучения СВЧ-мощности в направлении на геостационарную орбиту.

3. По результатам первого этапа испытаний владельцем земной станции составляются протоколы проверки ее параметров. В протоколах приводятся фактические значения параметров по результатам испытаний и значения, указанные заявителем в заявке на оказание услуг спутниковой связи.

4. При соответствии фактических значений параметров испытываемой земной станции их заявленным значениям и наличии разрешения Центра ЭМС РЭС РЦ КС на эксплуатацию данного РЭС пользователь письменно извещает РЦ КС о своей готовности ко второму этапу испытаний с приложением протоколов испытаний и копии разрешения на эксплуатацию РЭС.

Второй этап испытаний

Целью второго этапа испытаний является проверка с помощью системы мониторинга связи РЦ КС параметров антенны и высокочастотных параметров испытываемой земной станции при работе с космическим сегментом.

1. Испытания по второму этапу проводятся после получения от пользователя извещения по п. 3 приведенного ниже. Испытания проводятся в соответствии с программой испытаний.

2. Информацию о СМ и порядок проведения испытаний РЦ КС заблаговременно доводит до сведения пользователя.

3. Оперативное руководство проведением испытаний осуществляет отдел мониторинга связи РЦ КС (далее ОМС), для чего используется канал служебной связи между ОМС и испытываемой станцией, организованной пользователем.

5. Канал служебной связи должен функционировать в течение всех испытаний. При нарушении служебной связи испытания прерываются, а передатчик земной станции немедленно выключается. Испытания могут быть возобновлены только после восстановления служебной связи.

6. Каждый выход земной станции в режим излучения мощности в направлении на геостационарную орбиту осуществляется только по команде оператора СМ.

7. Перед выходом в режим излучения мощности в направлении на геостационарную орбиту персонал земной станции должен убедиться в выполнении следующих условий:

- частота и выходная мощность передатчика соответствуют требуемым значениям, предварительно согласованным с оператором СМ;
- побочные и внеполосные излучения на выходе передатчика ниже допустимого уровня.

8. Передатчик земной станции должен включаться только на время непосредственного проведения испытаний.

9. Результаты измерений, проведенных в ходе второго этапа испытаний, пользователь и оператор СМ оформляют соответствующими протоколами и направляют их в РЦ КС для последующего анализа и принятия решения о допуске к космическому сегменту. Результаты анализа РЦ КС сообщает пользователю в 3-дневный срок после завершения второго этапа испытаний.

10. По результатам анализа испытаний и представления пользователем в РЦ КС паспорта земной станции с проверенными техническими параметрами РЦ КС оформляет разрешение на допуск данной станции к космическому сегменту, если установлено ее соответствие условиям договора и (или) требованиям, определенным в разделе 3 настоящего Регламента для данного типа станции.

11. При несоответствии земной станции условиям договора и (или) требованиям, определенным в разделе 3 настоящего Регламента для данного типа станции, пользователь принимает необходимые меры для устранения выявленных несоответствий или обращается в РЦ КС с целью совместного определения приемлемого решения.

12. После устранения пользователем несоответствий, выявленных в ходе испытаний, пользователь обращается в РЦ КС с предложением заключить договор о проведении повторных испытаний доработанной земной станции.

13. После приведения в соответствие фактических параметров земной станций с условиями договора и проведения в случае необходимости повторных испытаний РЦ КС оформляет разрешение на допуск земной станции к космическому сегменту.

14. Наличие оформленного разрешения на допуск земной станции к космическому сегменту служит основанием для ввода в эксплуатацию спутникового канала связи с использованием данной земной станции.

15. В случаях перевода земных станций, для которых оформлены разрешения на допуск к космическому сегменту с использованием одних КА на работу через транспондеры других КА РЦ КС, имеющие кроссполяризационное уплотнение, эти земные станции в обязательном порядке проходят процедуру проверки на соответствие требованиям по кроссполяризационной развязке.

Автономные испытания составных частей СТС на типовом ТПС

Оборудование было проверено в соответствии с программой и методикой испытаний, описанной выше. В таблице 11 приведены общие сведения о приемопередающей подвижной станции спутниковой связи серии Raysat ER – 7000. В таблицах 12 - 14 представлена программа испытаний земной станции спутниковой связи.

Таблица 11 – Общие сведения о приемопередающей подвижной станции спутниковой связи RaySat ER – 7000

Наименование	Сведения
Название станции	«Приемопередающая подвижная станция спутниковой связи серии Raysat ER - 7000»
Страна	Республика Казахстан, г.Алматы
Тип крепления и тип антенны	Тип крепления: Металлическая опора Тип Антенны: Приемопередающая подвижная станция спутниковой связи Raysat ER – 7000
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 12 - Программа, методика и результаты испытаний

1. Общий запуск приемопередающей подвижной станции 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		☐	☐
Установлено соединение с модемом SkyEdge II Pro через Ethernet		☐	☐
Б) Итог испытаний			
Общий запуск внешнего блока RaySat E – 7000 проведен успешно. Замечаний нет.		☐	☐
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	☐	☐
Температура, градусы	25° C	☐	☐
4. Итог испытаний			
Испытание передатчика и его функций проведено успешно. Замечаний нет.		☐	☐

Таблица 13 – 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	Ok	Ok	☐	☐
Итог 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 14 – 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 во всей сети.			
Испытание	1.Подсоединить камеру видео к маршрутизатору 2. Проверка стабильности видеотрафика			
Результат испытаний				
Соединение:	Корректность установки	Качество видеосвязи	Удовл.	Неудовл.
Ethernet	Ok	Ok	☐	☐
Итог испытаний				
Испытание видеосвязи в стационарном режиме проведено успешно. Замечаний нет.			☐	☐
2. ИСПЫТАНИЕ ВИДЕОСВЯЗИ В СЛУЧАЕ ДВИЖЕНИЯ ТПС				
Цель испытания	Проверка корректности конфигурации SkyEdgeIIPro и видеосвязи 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	☐	☐
Испытание видеосвязи в состоянии движения ТПС проведено успешно. Замечаний нет.			☐	☐

3.2 Выводы по главе 3

В экспериментальной части данной диссертации проведена следующая работа:

- разработана методология автономного испытания спутниковой телеметрической системы и ее составных частей;
- составлен АКТ и методология испытаний спутниковой телеметрической системы и ее 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).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Суть предлагаемой технологии состоит в создании информационного канала телеметрической системы, обеспечивающего согласование РПДА и низкопрофильной антенной системы для непрерывной передачи регистрируемых параметров движения ТПС на сервер локомотивного депо и сервер управления дороги в реальном масштабе времени.

Новизна работы состоит в том, что впервые используется технология регистрации и передачи технологических параметров ТПС в движении и на стоянке по спутниковым каналам связи.

Создана бортовая телеметрическая система (устройство) с использованием спутниковой технологии (способ) передачи технологических данных с использованием низкопрофильной спутниковой антенны.

Рынок услуг в пассажирских и грузовых перевозках получит дополнительный импульс в решении проблемы увеличения грузооборота и эффективности за счет достижения следующих показателей.

1) Снижение расхода топлива до 5%, масла – до 3%. Возрастает точность планирования и расчета расхода топлива. Снижаются затраты теплотехника – до 10%.

2) Каждый оборудованный локомотив демонстрирует экономию электроэнергии на тягу до 15% (зависит от условий эксплуатации).

3) Снижаются трудозатраты организаций, эксплуатирующих ТПС, на расшифровку скоростемерных лент, учет потребленной электроэнергии, диагностику и ремонт ТПС, демонтаж электромеханических счетчиков. Эффективность затрат по данным направлениям повышается до 20%.

4) Информация, получаемая по спутниковым каналам связи в оперативном режиме, позволит повысить пропускную способность железнодорожных путей на 10-12% за счет более точного соблюдения графика движения.

Существующие системы РПДА позволяют осуществлять измерение в автоматическом режиме более 50 параметров работы тепловоза, контролировать параметры работы дизель-генератора тепловоза, вести высокоточный учёт дизельного топлива в баке тепловоза, расход электроэнергии. В процессе работы ТПС производится запись и хранение значений регистрируемых параметров во внутренней памяти и на съёмный носитель информации (катридж), 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 морально устарели.

Конкурентные преимущества данной работы состоят в следующем.

Инновационные. Телеметрическая система для ТПС создается впервые и позволит:

- повысить коэффициент готовности (соотношение «включил и работает») до 92% относительно альтернативных каналов передачи данных: оптика (75%), DSL (68%);

- обеспечить пропускную способность не менее 600 Мбит/с в прямом канале и 310 Мбит/с в обратном канале. Скорость в существующих каналах GPRS/GSM в отдельных зонах составляет 56 кбит/с;

- обеспечить устойчивый канал связи вне зависимости от зон покрытия мобильными сетями передачи данных. Космические аппараты КазСат-2, КазСат-3 обеспечивают стабильный канал спутниковой связи на 99,9% территории Казахстана. Мобильные сети не способны обеспечить сравнимое покрытие;

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

- обеспечить высокую отказоустойчивость в следствие широкого температурного рабочего режима применяемой антенны, а также ее низкопрофильности, снижающую ветровую нагрузку, что актуально в условиях тяжелых климатических условий Казахстана;

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

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бобков В.Ю. и др. Выбор оптимальных параметров земных станций при проектировании спутниковых линий связи // Connect, 2004. - № 3. - С. 62-64.
2. Суйменбаев Б.Т. и др. Концептуальные положения развития космической отрасли Республики Казахстан / Под общей ред. Суйменбаева Б.Т./ Алматы: Изд-во «Кто есть кто в Республике Казахстан», 2007. - 48с.
3. Захватов А.В. Автоматизированный учет расхода топлива // Локомотив. – 2017. – №7.
4. Игин В.Н., Захватов А.В., Карянин В.И. Автоматизация контроля расхода топлива топлива // Локомотив. – 2015. – №2.
5. Шкуропат И. Преимущества оснащения локомотивов и ССПС новыми комплексами КПД-ЗПС // РСП Эксперт– 2017. – №5-6.
6. Юматов А.В.; Электронный скоростемер КПД-ЗПВ. – Локомотив топлива // Локомотив. – 2012. – №12.
7. Лакин И.И. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-программных комплексов топлива // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. – №1 (49).
8. Спутниковые сети связи: Учебное пособие/ В.Е. Камнев и др. М.: ООО «Военный парад», 2010.
9. Кантор Л.Я. Расцвет и кризис спутниковой связи// Электро-связь. - 2007. - № 7.
10. 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.
11. Спутниковая связь. Фиксированная спутниковая служба: Справочник МСЭ. – 2-е изд., перераб. и доп. Напечатано в России, 1992. – 628с.
12. SatelliteCoverageMaps// Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.satbeams.com/footprints>.
13. Sky Ray. Mobile satellite solutions. [Электронный ресурс].— Режим доступа: http://alongside.ru/modules/forum/download.php_id=264
14. Спутниковые и телевизионные новости. Электронный ресурс.— Режим доступа: <http://telesat-news.net>.

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

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

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

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ А

1. 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.

2 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 4.4 – 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	Ok	Ok	☒	☐
Итог 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 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		☒	☐
Установлено соединение с модемом SkyEdge II Pro через Ethernet		☒	☐
Б) Итог испытаний			
Общий запуск внешнего блока RaySat E – 7000 проведен успешно. Замечаний нет.		☒	☐
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	☒	☐
Температура, градусы	25 ⁰ C	☒	☐
4. Итог испытаний			
Испытание передатчика и его функций проведено успешно. Замечаний нет.		☒	☐

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	☒	☐
Итог испытаний			☒	☐
Испытание видео связи в стационарном режиме проведено успешно. Замечаний нет.				
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	☒	☐
Испытание видео связи в состоянии движения ТПС проведено успешно. Замечаний нет.			☒	☐

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)

