

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ «ЭКСПРЕСС-РВ» В ИНТЕРЕСАХ РОССИЙСКИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОМПАНИЙ

И.С. Фролов

Инженер-конструктор 2 категории, Акционерное общество «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва» (АО «РЕШЕТНЁВ»), г. Железногорск

Аннотация. В статье описаны перспективы применения создаваемой спутниковой системы связи «Экспресс-РВ» с космическими аппаратами на высокоэллиптической орбите в интересах российских железнодорожных компаний (перевозчиков). Применение системы актуально на всей территории РФ, особенно на труднодоступных территориях крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока, где отсутствует развитая инфраструктура проводной, радио и сотовой связи. Полученные технические решения при разработке системы призваны решить такие технические задачи как диагностика и мониторинг технического состояния подвижного состава и предоставление мультисервисных услуг связи при осуществлении пассажирских перевозок и организации работы железнодорожных компаний.

Ключевые слова: спутниковая связь, абонентский терминал, орбитальная группировка, высокоэллиптическая орбита, подвижной состав, железная дорога.

В Концепции социально-экономического развития РФ до 2030 года большое внимание уделено развитию территорий крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока. Развитие данных территорий невозможно без строительства транспортных путей: автомобильных и железных дорог, а так же модернизации существующих транспортных артерий, таких как Транссибирская и Байкало-Амурская магистрали [1]. К задаче столь интенсивного развития данных территорий, строительства и модернизации железных дорог нельзя серьезно приступить без создания мощной инфраструктуры связи, с предоставлением всем пользователям (организации, физические лица) всего спектра современных инфокоммуникационных услуг (речь, данные, аудио, видео). Учитывая отдаленность и иногда труднодоступность этих территорий, создание там развитой инфраструктуры связи возможно только на базе систем спутниковой связи.

Применение спутниковых систем связи в интересах железнодорожных компаний (перевозчиков) обусловлено, прежде всего, отсутствием проводной (телефон, телетайп, ВОЛС) и беспроводной (радио, радиорелейной) связи. Данный фактор характерен для вновь строящихся железных дорог, таких как Тихоокеанская железная дорога (угольная компания «Эльга») [2], Амуро-Якутская железно-

дорожная магистраль (АО «АК «Железные дороги Якутии») [3] с перспективами строительства железной дороги в Магадан, Северного широтного хода (участки Обская – Салехард – Надым – Новый Уренгой – Коротчаево) [4]. Применение спутниковых систем связи на участках Транссиба и БАМа может осуществляться в качестве дополнения к существующим видам проводной, сотовой и радиосвязи, для предоставления мультисервисных услуг при осуществлении пассажирских перевозок, организации работы железнодорожных компаний, а также для мониторинга в режиме реального времени технического состояния подвижного состава [5].

Современные существующие системы спутниковой связи базируются в основном на использовании космических аппаратов (КА), функционирующих на геостационарной орбите (ГСО). В средних широтах в районах со сложным рельефом нельзя избежать затенений геостационарных КА связи препятствиями (горами, лесом и городской застройкой), приводящих или к полному отсутствию связи, или к ее неустойчивому функционированию. Особенно заметно это проявляется при связи с такими подвижными объектами как подвижной состав железных дорог.

Проводимые на электронных картах с помощью математического моделирования исследования условий радиовидимости спутников на геостационарной орбите и на высокоэллиптической орбите (ВЭО) с земных станций (ЗС), находящихся в различных регионах РФ, показали, что эффект затенения рельефом местности КА на геостационарных орбитах наблюдается даже в Южных районах страны (например, на территории Республики Алтай и Чеченской Республике), где углы видимости КА на ГСО без учета рельефа составляют более 30° . Наличие гор приводит к отсутствию радиовидимости на значительной части таких территорий даже в благоприятных для таких спутников условиях. [6]

В то же время космические аппараты на высоких эллиптических орбитах в этих районах видны с земных станций под углами места около 60° и эффект их затенения рельефом оказывается существенно ниже (охватывает значительно большие площади этих территорий), чем для геостационарных КА связи.



Рисунок 1 – Углы места для КА, функционирующих на ГСО и ВЭО

Такие же исследования условий радиовидимости применительно к случаю установки приемно-передающих станций (абонентских терминалов (АТ)) на железнодорожный подвижной состав и его следованию по ж/д магистралям РФ показали, что с АТ на ж/д составе геостационарные КА связи в среднем видны примерно в 15% времени, тогда как КА, функционирующие на ВЭО видны практически в 100% времени – за исключением прохождения ж/д состава в необорудованных для связи тоннелях. Если рассматривать не все ж/д магистрали РФ (включая ее Европейскую часть), а только в Азиатской части, то процент видимости геостационарных КА будет еще меньше (в среднем, менее 10%), тогда как условия видимости высокоэллиптических КА практически останутся теми же (около 100%).

Обеспечить непрерывность и надежность спутниковой связи в интересах железнодорожных компаний на территории РФ в средних и северных широтах со сложным рельефом местности возможно при использовании вновь создаваемой компанией 1АО «РЕШЕТНЁВ» спутниковой системы связи (ССС) с космическими аппаратами «Экспресс-РВ» функционирующих на высоких эллиптических орбитах. Космические аппараты данной системы спутниковой связи видны с земных станций (ЗС) и подвижных абонентских терминалов, расположенных в указанных районах, обычно под высокими углами (от 30° – 40° и больше). В этих условиях затенения практически полностью исключаются (Рисунок 2).

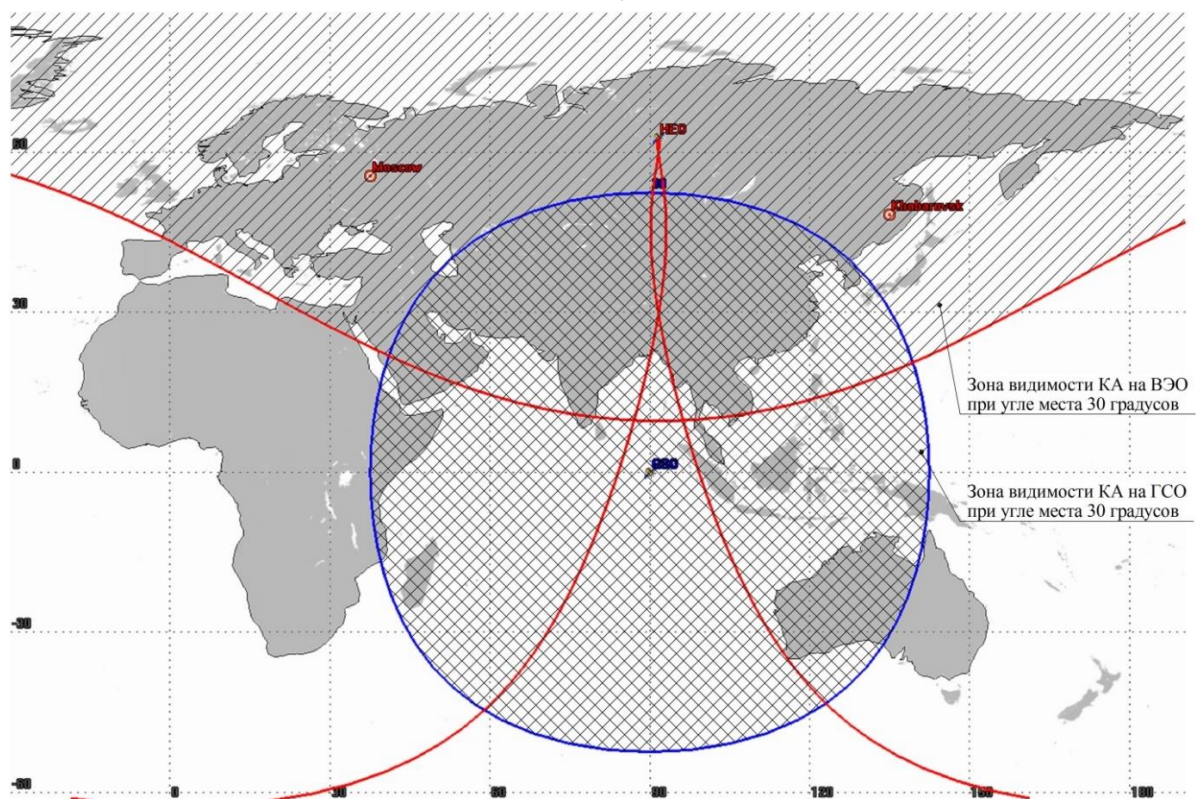


Рисунок 2 – Зоны видимости (угол места 30° с территории РФ): синий цвет – геостационарный КА, красный цвет – высокоэллиптический КА

Спутниковая система связи «Экспресс-РВ» состоит из космического сегмента (орбитальная группировка космических аппаратов) и наземного сегмента (наземного связного комплекса, состоящего из центра спутниковой связи и абонентских терминалов).

Орбитальная группировка «Экспресс-РВ» состоит из 4 космических аппаратов, каждый из которых находится в отдельной орбитальной плоскости (Рисунок 3). Орбитальные плоскости разнесены по долготе восходящего узла в геоцентрической инерциальной системе координат на 90 градусов. Наивысшая точка орбиты (апогей) – 42000 км, низшая точка орбиты (перигей) – 1000 км. Период обращения КА за один виток (полный оборот по траектории орбиты) составляет 12 часов. Продолжительность рабочего участка орбиты (осуществление сеансов связи) около 6 часов в районе апогея (± 3 часа от апогея). Одновременно в системе работают 2 космических аппарата на основном витке с обслуживанием заданных многолучевых зон (Рисунок 3) и на сопряженном (Рисунок 4), тем самым обеспечивается возможность организации круглосуточной связи в Ku - диапазоне частот на территории РФ и акватории Северного Ледовитого океана.

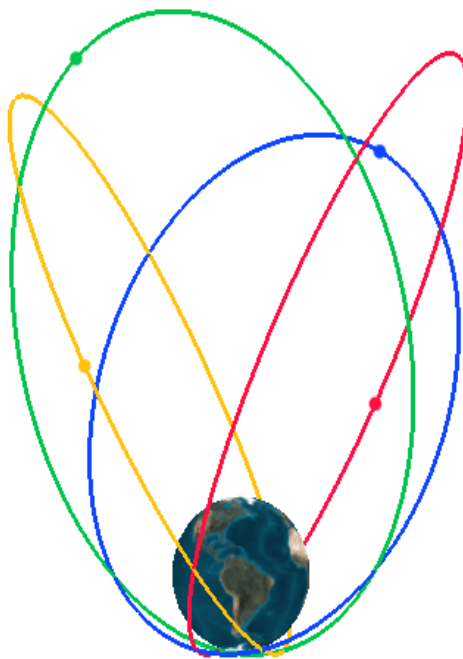
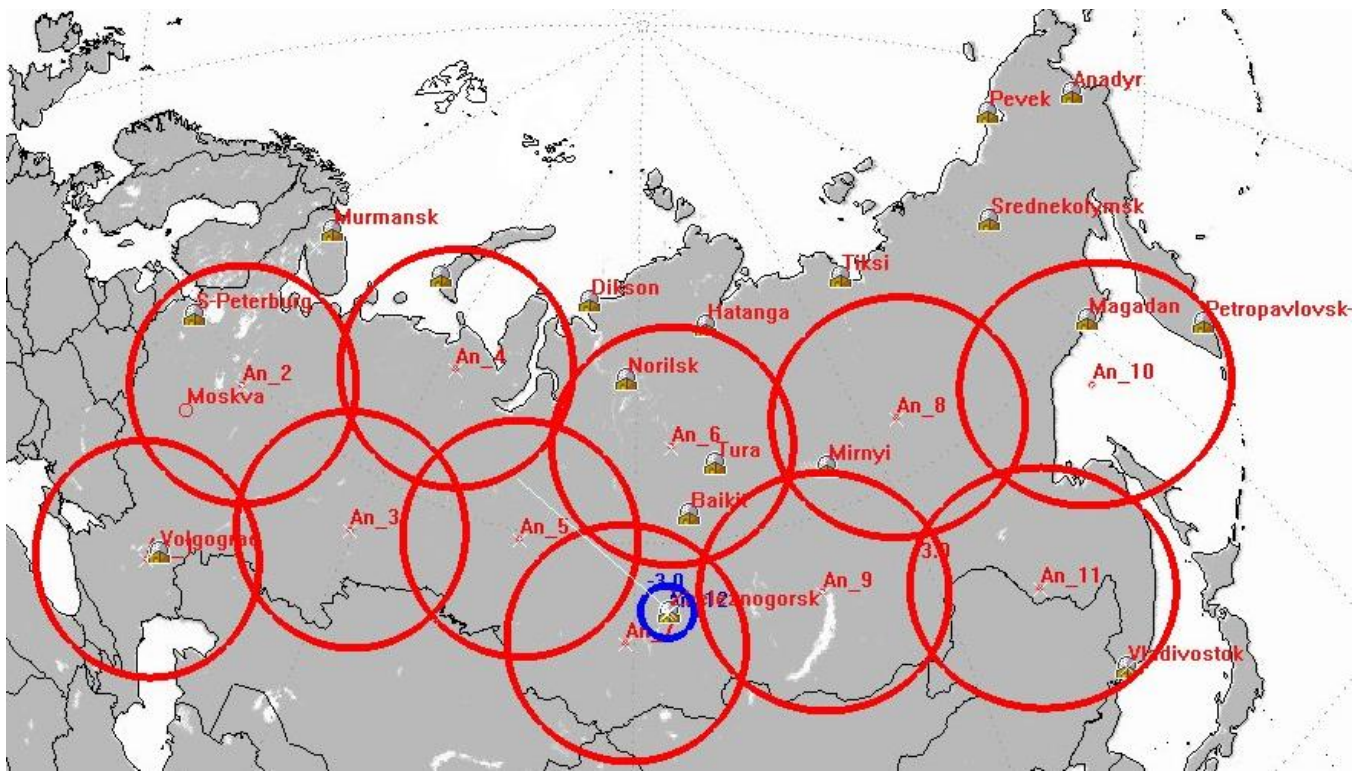


Рисунок 3 – Построение орбитальной группировки «Экспресс-РВ»

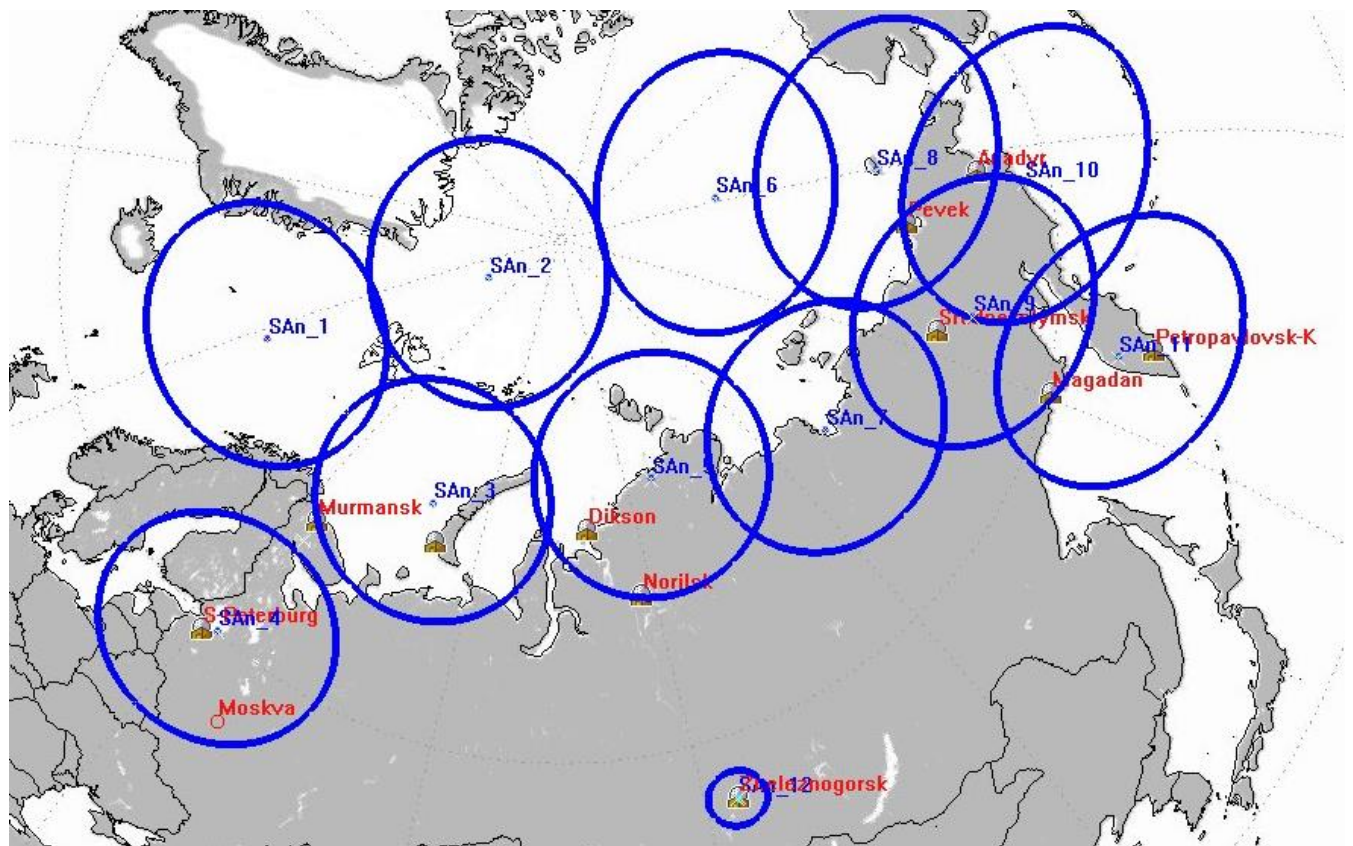
Основные задачи, выполняемые центром спутниковой связи (ЦСС):

- Оказание услуг спутниковой связи в Ku – диапазоне (частотные диапазоны 10,7 – 12,75 и 12,75 – 14,8 ГГц);
- Формирование, организация, конфигурирование, форматирование и коммутирование цифровых каналов и трактов;
- Обслуживание и администрирование собственных сетей;
- Подключение пользователей к услугам связи.

В состав центра спутниковой связи входят центральные станции (ЦС) с антенными постами, модемным оборудованием, центром управления системой, маршрутизаторы. В задачи ЦС входят организация приема-передачи сигналов с КА, автоматическое обнаружение и сопровождение КА на орбите, взаимодействие с модемным оборудованием.



а – на основном витке



б – на сопряженном витке

Рисунок 4 – Многолучевая зона покрытия КА «Экспресс-РВ» в Ки-диапазоне в апогее

Центр спутниковой связи будет размещен в непосредственной близости от существующих магистральных линий связи и коммуникаций, что существенно расширяет возможности применения данной системы спутниковой связи различными ведомствами, организациями, в том числе и железнодорожными компаниями.

В рамках создания данной системы разрабатывается несколько типов абонентских терминалов для установки как на стационарных объектах, так и на подвижных (подвижной состав железных дорог). Общий вид терминалов представлен на рисунке 5 и их основные характеристики приведены в таблице 1 [7].



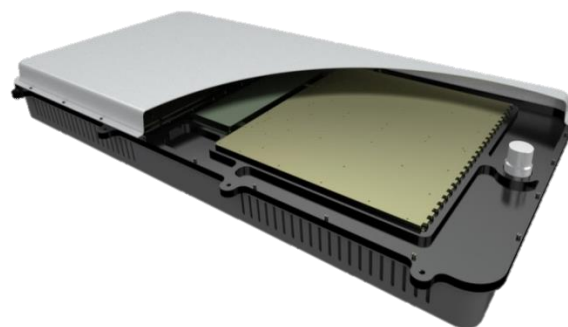
а) Абонентский терминал тип 1



б) Абонентский терминал тип 2



в) Абонентский терминал тип 3



г) Абонентский терминал тип 4

Рисунок 5 – Общие виды абонентских терминалов

Применение систем спутниковой связи на ВЭО имеют такую важную и значимую особенность, как необходимость слежения антенной системы центральных станций и абонентских терминалов за положением космического аппарата на орбите, так и космический аппарат должен иметь функцию перенацеливания узконаправленных антенн на земные станции и абонентские терминалы. Данный фактор обусловлен тем, что КА постоянно передвигаются относительно земной поверхности, в отличие от геостационарной орбиты, где угловая скорость движения КА по орбите, расположенной в плоскости экватора Земли, равна угловой скорости вращения Земли, что создает эффект «зависания» геостационарного КА относительно поверхности Земли.

Таблица 1 – Основные технические характеристики абонентских терминалов

Параметры	АТ тип 1	АТ тип 2	АТ тип 3	АТ тип 4
Частотный диапазон	Передача 10 700-11 700 МГц Прием 13 750-14 500 МГц			
Тип антенны	Офсет	Фазированная антенная решетка (ФАР)	Прямо-фокусная	Активная фазированная антенная решетка (АФАР)
Тип опорно – поворотного устройства (ОПУ)	2-осевое	2-осевое	3-осевое	Электронное сканирование
Диаметр рефлектора	0,9 м	Эквивалент 0,9 м	1,2 м	0,9 м (эквивалент)
Скорость приема / передачи (ПРМ/ПРД), Мбит/с	60/4	60/4	70/6,5	60/4
Эквивалентная изотропная излучаемая мощность (ЭИИМ) дБВт	47,5	47,5	50	47,9
G/T, дБ/К	13	13	16	13,8

Абонентские терминалы тип 1-3 ССС «Экспресс-РВ» имеют в своем составе опорно-поворотные устройства (ОПУ) для осуществления слежения за космическим аппаратом. Абонентский терминал тип 4 конструктивно построен на основе активной фазированной антенной решеткой, где перенацеливание луча в горизонтальной и вертикальной плоскости осуществляется путем изменения управляющих сигналов на фазовращатели антенной решетки.

Данный абонентский терминал состоит из конструкции - основания, блока системы наведения (БСН), фазированной антенной решетки (ФАР), блока цифрового управления (БЦУ), усилителя мощности с конвертером (УМК) и двух внешних антенн глобальной навигационной спутниковой системы. Общий вид абонентского терминала тип 4 приведен на рисунке 6.

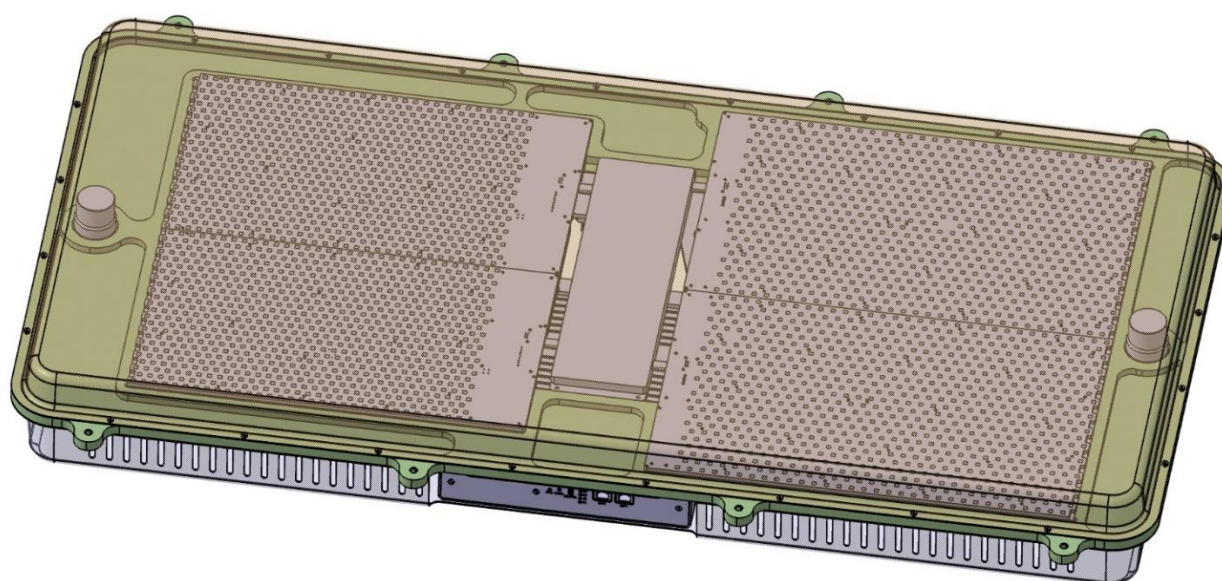


Рисунок 6 – Общий вид абонентского терминала тип 4

Электропитание данного терминала производится от промышленной сети переменного тока напряжением 220 Вольт частотой 50 Гц. Допустимая мощность электропотребления 1 кВт.

Данный АТ, по условиям технического задания на его разработку, должен штатно функционировать на крыше пассажирского вагона или локомотива. Пример расположения АТ тип 4 на крыше локомотива приведен на рисунке 7.

Перспективы применения спутниковой системы связи «Экспресс-РВ» после ее запуска и ввода в эксплуатацию поможет создать, а где-то и расширить возможности по предоставлению мультисервисных услуг связи при осуществлении пассажирских перевозок и организации работы железнодорожных компаний.

На рисунке 8 приведена схема перспективного применения системы спутниковой связи на железнодорожном транспорте. Данная схема может дополняться исходя из потребностей потребителей.

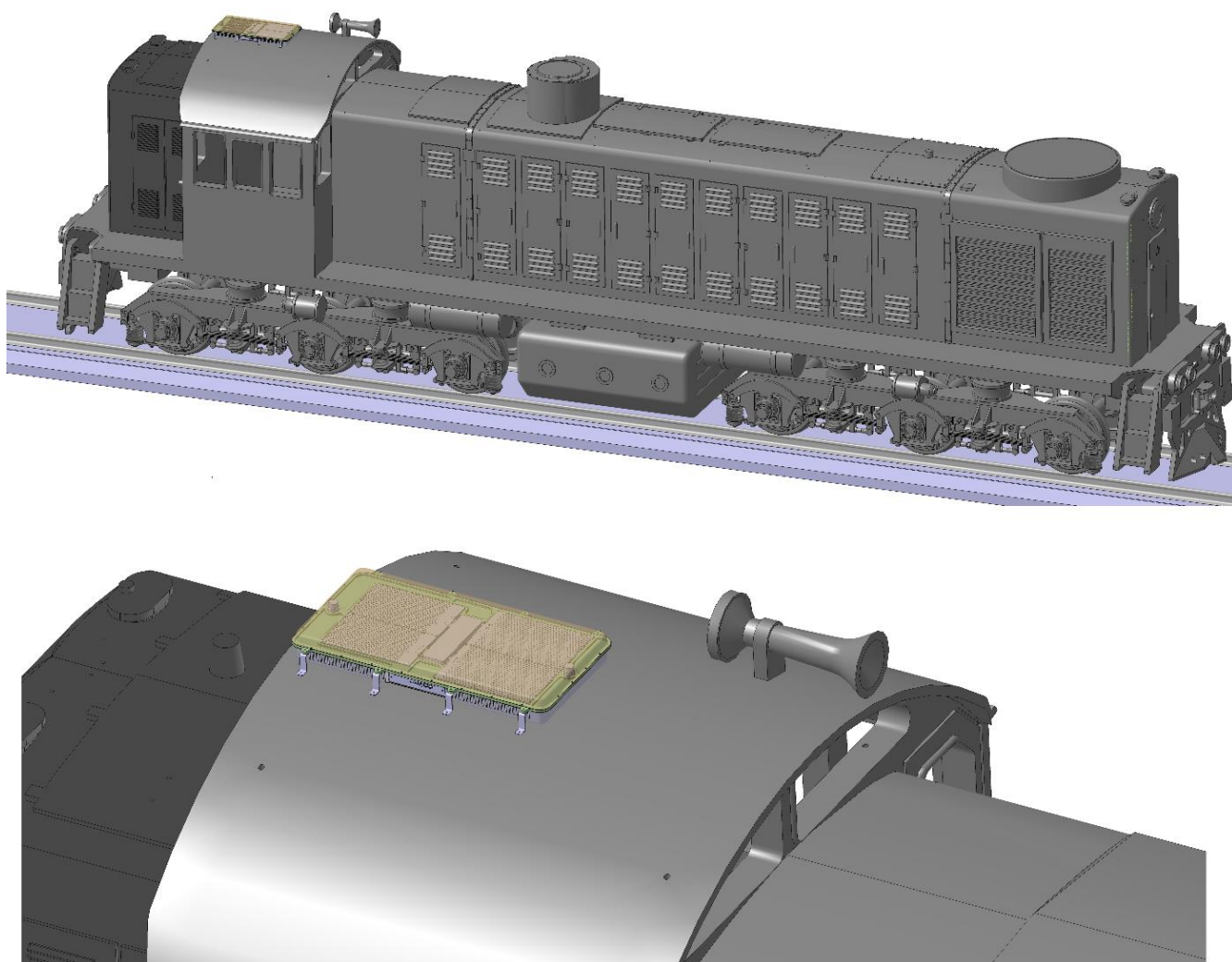


Рисунок 7 – Расположение абонентского терминала тип 4 на крыше локомотива

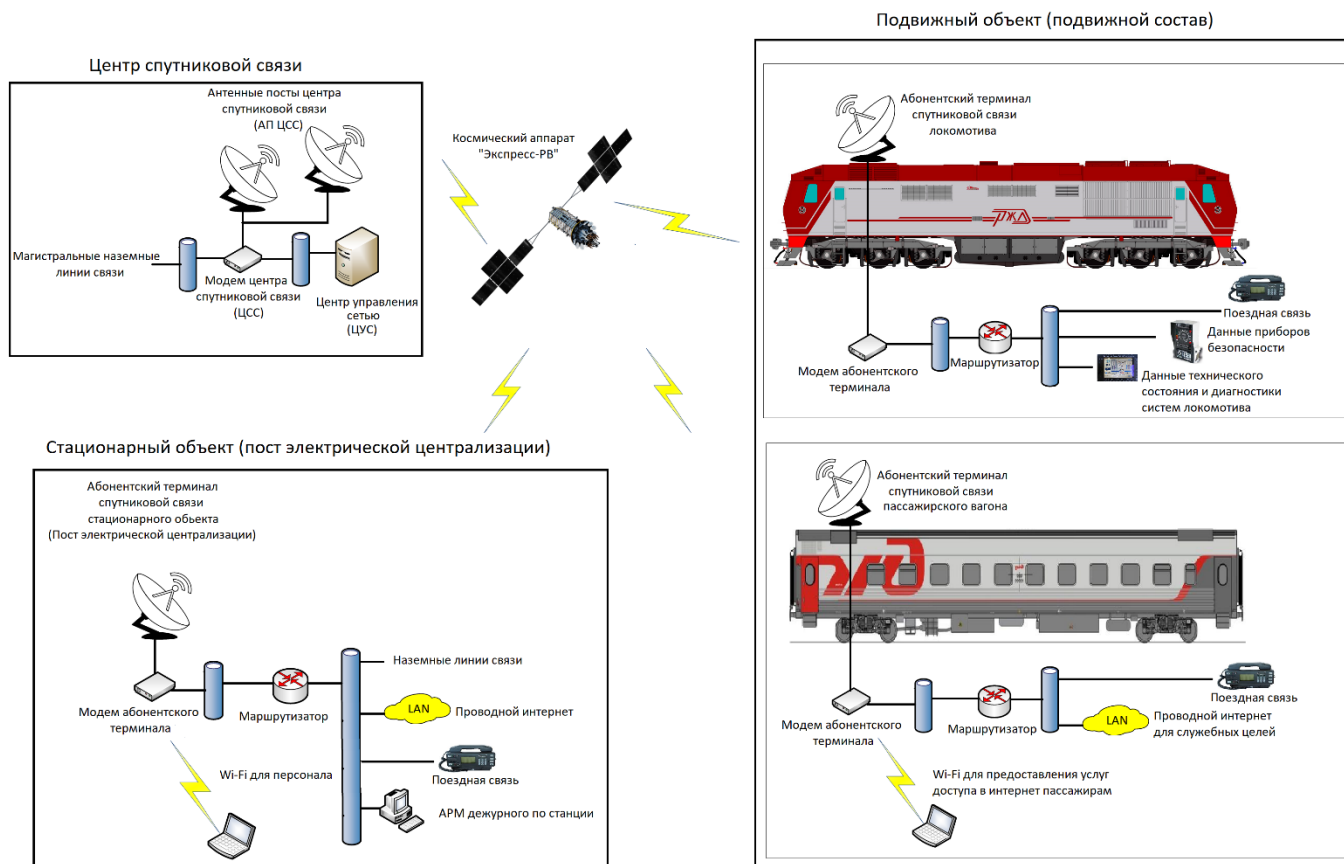


Рисунок 8 – схема перспективного применения системы спутниковой связи «Экспресс-РВ» в интересах железнодорожного транспорта

Список использованных источников

1. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года, март, 2013 Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/41d457592e04b76338b7.pdf> (дата обращения 05.03.2025)
2. Угольная компания Эльга : официальный сайт URL: // <https://elga.ru> (дата обращения 05.02.2025).
3. АО «АК «Железные дороги Якутии»»: официальный сайт URL: // <https://rw-y.ru> (дата обращения 05.02.2025).
4. Официальный сайт полномочного представителя Президента Российской Федерации в Уральском федеральном округе: официальный сайт URL: // <http://uralfo.gov.ru/projects/sshh/> (дата обращения 05.02.2025).
5. Российские железные дороги: официальный сайт URL: <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=215271> (дата обращения 05.02.2025).
6. Камнев Е.Ф., Аболищ А.И., Акимов А.А., Белов А.С., Бобков В.Ю., Пелехатый М.И. Системы спутниковой связи с эллиптическими орбитами, разнесением ветвей и адаптивной обработкой. – М.: Глобсатком, 2009. – 724 с. с ил.
7. «Экспресс-РВ-ЦСС» Обзор перспективных спутниковых абонентских терминалов, 2023 Режим доступа: <https://www.satcomrus.ru/upload/iblock/b06/dky9355wcqpo78iuqvjdjnxatrghi2hu7.pdf> (дата обращения 05.03.2025).