

К вопросу применения КВ-радиосвязи на железнодорожном транспорте

И. А. Глухов

Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I
ivan.gluhov.960709@gmail.com

Д. Н. Роенков

Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I
roenkov_dmitry@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается целесообразность использования КВ-радиосвязи на железнодорожном транспорте. Выделены основные направления совершенствования антенных систем КВ-радиосвязи. Рассмотрен мониторинг состояния ионосферы.

Ключевые слова: короткие волны, декаметровые волны, мониторинг состояния ионосферы

I. ВВЕДЕНИЕ

Одно из величайших достижений науки и техники – радио, изобретенное замечательным русским ученым А. С. Поповым в 1895 году. Радио является единственным возможным видом связи между движущимися объектами, поэтому оно имеет широкий спектр применения: все виды транспорта, дипломатические службы, сеть радиосвязи армии и гидрометеослужбы и так далее. Бурное развитие спутниковых систем связи (ССС) в 70-80-х годах XX века оттеснила на второй план КВ радиосвязь. Однако с развитием и внедрением специализированных ЭВМ и микропроцессорной техники вернул к ней интерес.

Например, для передачи 1 Мбайт информации в сутки на расстояние до 1000 км при использовании разных каналов ориентировочно затрачиваются следующие средства [1]:

- спутниковая связь – \$4000;
- волоконно-оптическая связь – \$2500;
- КВ-радиосвязь – \$30.

Было бы неправильно, использовать приведенные выше данные, как безусловное преимущество КВ-радиосвязи. Следует отметить, что не существует универсальных технологий и средств связи. Но совершенно очевидно, что среди известных средств радиосвязи, используемых на железнодорожном транспорте [2], КВ-радиосвязь имеет четко выраженную экономическую целесообразность. В настоящее время, на железнодорожном транспорте используется предпочтительно системы мобильной связи [3] и системы спутниковой связи (ССС) [2]. Однако КВ-радиосвязь может стать достойной альтернативой при организации передачи данных между станциями на малоинтенсивных железнодорожных участках (МЖУ), которые могут достигать по протяженности более 100 км [4]. Так же КВ-радиосвязь может найти применения для совершенствования систем интервального регулирования поездов с использованием цифрового радиоканала [5].

II. РАСПРОСТРАНЕНИЕ КВ РАДИОВОЛН

Короткие волны (декаметровые волны) – радиоволны с частотой от 3 МГц (длина волны ≈ 100 м) до 30 МГц (длина волны ≈ 10 м). На небольшие расстояния в пределах нескольких десятков километров короткие волны распространяются как земные, на большие – как пространственные (ионосферные). За счет многократного отражения от ионосферы (рис. 1), пространственная волна может распространяться на большие расстояния, известен случай, когда волна обходила вокруг земного шара до трех раз [6].

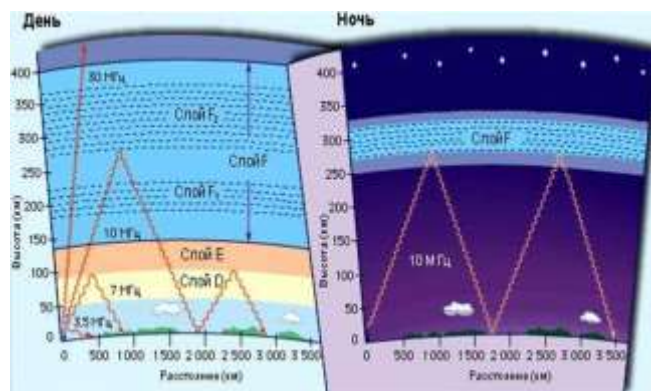


Рис. 1. Распространение коротких волн в зависимости от частоты и времени суток

Известно три основных слоя ионосферы, условно обозначаемые буквами D, E и F (рис. 1). Зная критические высоты и высоты отражающих слоев, можно рассчитать рабочие частоты для связи на то или иное расстояние.

Слой F обладает наибольшей электронной концентрацией, поэтому играет наибольшую роль в распространении коротких волн на большие расстояния. Он существует в течении всех суток, а в зависимости от времени, днем распадается на два слоя: F_1 (внизу) и F_2 (наверху). В низких широтах такое явление наблюдается в течении всего года, а в умеренных и высоких широтах – летом [6]. Наибольшие изменения высот и критических частот наблюдается в слое F_2 .

III. НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА

Практическое применение любой системы радиосвязи возможно только после ее одобрения и стандартизации на международном и национальных уровнях. В настоящее время на территории РФ нет стандарта, предназначенного для КВ-связи на железнодорожном транспорте, но возможным вариантом для применения на железнодорожном транспорте может стать американский стандарт ALE.

IV. МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ИОНОСФЕРЫ

Особенностью распространения радиоволн в диапазоне КВ (от 1,5 до 30 МГц) является то, что радиоэлектронные средства (РЭС) этого диапазона работают с отражением радиоволны от различных слоев ионосферы [7]. При этом отражения могут быть многократными (многоскачковыми). В связи с тем, что свойства ионосферы не являются статичными, вероятность потери связи между приемной и передающей РЭС достаточно велика. Поэтому необходим расчет электромагнитной доступности (ЭМД) для заданного РЭС. Наиболее точные расчеты можно выполнить, используя реальные данные ионосферы.

В настоящее время мониторинг состояния ионосферы ведется на всей территории Земли с использованием различных станций наблюдения, основу которых составляют различные станции вертикального зондирования (ВЗ) ионосферы (рис. 2).

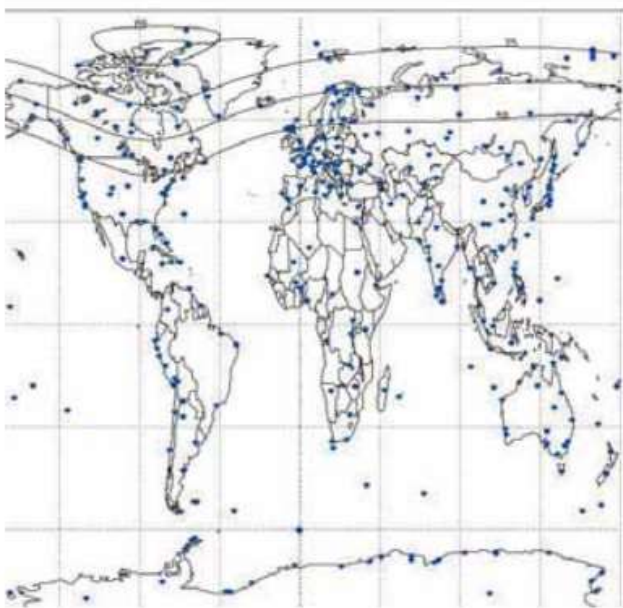


Рис. 2. Мировая сеть станций вертикального зондирования (ВЗ)

В РФ мониторингом состояния ионосферы занимаются ИЗМИРАН – ведущий институт страны по изучению распространения радиоволн, а также Институт прикладной геофизики им. академика Е.К. Федорова (ИПГ).

Полученные данные о состоянии ионосферы используются для проведения необходимых расчетов радиотрасс: критические слои ионосферы (foF_2 , foF_1 , foE), действующие высоты слоев отражения, коэффициент пересчета M3000 и др.

Результаты таких измерений собираются в различных прогностических центрах. В настоящее время на территории РФ ионозонды ВЗ работают в следующих населенных пунктах: Москва (ионозонды ИЗМИРАН и ИПГ), Салехард, Подкаменная Тунгуска, Ростов-на-Дону, Санкт-Петербург, Калининград, Томск, Мурманск, Новосибирск, Иркутск, Норильск, Хабаровск, Магадан [7]. Следует отметить, что не все из них включены в единую сеть, а некоторые неисправны. В отличие от большинства станций ВЗ иностранных государств, данные всех ионозондов РФ закрыты от общего доступа, а данные, которые размещаются на официальных сайтах, непригодны для компьютерной обработки [7]. В

настоящее время в общем доступе находятся данные только европейских зондов, два из которых находятся на территории РФ (рис. 3).



Рис. 3. Расположения ионозондов вертикального зондирования ионосферы

V. АНТЕННЫЕ СИСТЕМЫ КВ-РАДИОСВЯЗИ

Одной из важнейшей составляющей радиолинии является антенна. Это особенно важно для антенн КВ-радиосвязи.

Как известно, для эффективной передачи сигнала, высота антенны должна быть соизмерима с длиной волны. Поэтому антенны КВ-радиосвязи имеют огромные размеры и являются однонаправленными с параметрами диаграммы направленности, формируемыми геометрией антенн. В современных условиях, когда усилия исследователей и разработчиков сосредоточены на создании эффективных систем формирования цифровых сигналов, их обработки, адаптации параметров к сигнально-помеховой обстановке, повышения пропускной способности линий КВ-радиосвязи, несовершенство антенных систем может существенно минимизировать конечный результат [1].

Сегодня комплексно решаются задачи по сокращению площадей, занимаемых полноразмерными эффективными антеннами КВ диапазона и совершенствованию характеристик антенных КВ-систем. На территории РФ разработкой антенных систем КВ диапазона занимаются: НИИ Радио, РИМР и др. Актуальной тенденцией в этой сфере является разработка антенных систем на основе фазированных антенных решеток (ФАР). Следует выделить основные направления совершенствования антенных систем [1]:

- обеспечение многоканальности приемных антенных систем;
- разработка антенных систем с интеллектуальным изменением положения главного лепестка диаграммы направленности;
- определение типа излучателя и его основных электрических характеристик, удовлетворяющих требованиям к единичному антенному элементу цифровой ФАР;
- разработка оптимальных конфигураций размещения антенных элементов ФАР и расстояний между ними в диапазоне рабочих частот.

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

КВ-радиосвязь обладает многими достоинствами, что делает ее актуальной для использования на железнодорожном транспорте. Это выражается потенциальной возможностью организации глобальной связи, включающей все объекты РЖД, на сравнительно недорогом радиооборудовании; отсутствии необходимости в развитой инфраструктуре, обслуживающей радиосвязь, что делает незаменимой КВ-радиосвязь, там, где другие виды связи отсутствуют.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Ступницкий М.М., Лучинин Д.В. Потенциал КВ-радиосвязи – для создания цифровой экосистемы России // Электросвязь. 2018. №5. С. 49-54.
- [2] Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Стандартизация систем беспроводной связи для железных дорог // Автоматика, связь, информатика. 2020. №4. С. 38-42.
- [3] Строганова Е.П. Безопасность транспорта зависит от радиосвязи / T-comm: телекоммуникации и транспорт. Т4. №5.2010. С.37-40.
- [4] Об утверждении результатов классификации железнодорожных линий. Распоряжение № 3188р. Москва, 2015.
- [5] Понятов А.А. Принципы организации системы КВ радиосвязи с использованием наклонного зондирования ионосферы для динамического управления частотами / Актуальные проблемы современного транспорта. 2020. №3. С.30-38.
- [6] Полярные сияния и распространение радиоволн: [сайт]. URL: <https://big-archive.ru/geography/aurora/12.php> (дата обращения: 20.02.2022).
- [7] Кизима С.В., Ладанов М.В. Ионосферное обеспечение радиосвязи и радиомониторинга в декаметровом диапазоне частот (1,5-30 МГц) / Электросвязь. 2013. №7. С. 1-4.