

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

УДК 621.396

ИОНОСФЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИОСВЯЗИ И РАДИОМОНИТОРИНГА В ДЕКАМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ (1,5–30 МГц)

С.В. Кизима, заместитель генерального директора ФГУП «РЧЦ ЦФО», д.т.н.
М.В. Ладанов, ведущий специалист НПФ «Радиан-М»; mladanov@yandex.ru

Ключевые слова: планирование радиосвязи, максимально применимые частоты (МПЧ), оптимальные рабочие частоты, ионосфера, прогнозирование, суточный ход МПЧ, доступность связи, вертикальное зондирование, радиоэлектронное средство (РЭС), радиочастотный центр (РЧЦ), автоматизированная система радиоконтроля (АСРК).

Введение. Радиосвязь на радиотрассах в декаметровом диапазоне частот (1,5–30 МГц) осуществляется с отражением от слоев ионосферы. Свойства ионосферы не являются статичными, в течение суток они постоянно изменяются. Имеются и сезонные трансформации ионосферы. В связи с этим в течение суток изменяются максимально применимые частоты (МПЧ), оптимальные рабочие частоты (ОРЧ) и наименьшие применимые частоты (НПЧ). Для обеспечения надежной радиосвязи заданного качества требуется учитывать состояние ионосферы как при планировании радиосвязи, так и в ходе повседневной деятельности независимо от ведомственной принадлежности радиотрасс. Необходимость знать текущее состояние ионосферы резко возрастает в случаях резких колебаний параметров ионосферы при магнитных возмущениях, обусловленных активностью Солнца.

Согласно приказу Роскомнадзора от 13.10.2012 № 1109 на базе предприятий радиочастотной службы создается Автоматизированная система радиоконтроля за излучениями радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств в Российской Федерации (АСРК-РФ), составной частью которой является подсистема АСРК до 30 МГц.

Разработка единой системы радиоконтроля в диапазоне до 30 МГц предъявляет дополнительные требования к ионосферному обеспечению деятельности предприятий радиочастотной службы.

Станции технического радиоконтроля (СТРК). Радиомониторинг (радиоконтроль) параметров излучений радиоэлектронных средств (РЭС) гражданского назначения декаметрового (коротковолнового) диапазона ведется со станций технического радиоконтроля, расположенных в федеральных округах Российской Федерации (рис. 1).

Учитывая особенности распространения радиоволн, СТРК ведут контроль параметров РЭС не только на территории своих округов, но и далеко за их пределами. При этом дальность трасс составляет от нескольких сотен до нескольких тысяч километров.

Основными функциями СТРК являются:

- контроль параметров излучений РЭС КВ-диапазона на территории РФ и за рубежом согласно обязательствам перед Международным союзом электросвязи (МСЭ);
- определение местоположения РЭС путем проведения пеленгацион-

ных мероприятий угломерным методом и методом однопунктного пеленгования.

Следует отметить, что в Рекомендациях МСЭ-R SM.854-3 «Радиопеленгация и определение местоположения на станциях контроля» [1] предлагается, чтобы метод SSL (определение местоположения одиночной станции) в диапазоне ВЧ (однопунктное пеленгование) мог дополнять традиционные методы радиопеленгации для сигналов отраженных волн, чтобы системы SSL использовали преимущественно ионосферные зонды в реальном времени, а не ионосферные модели или прогнозирование для определения характеристик ионосферы.

Метод однопунктного пеленгования (SSL) на СТРК ФГУП РЧЦ федеральных округов не используется – и прежде всего из-за отсутствия текущих ионосферных данных.

В [1] показано, что если долгосрочное планирование мероприятий радио-

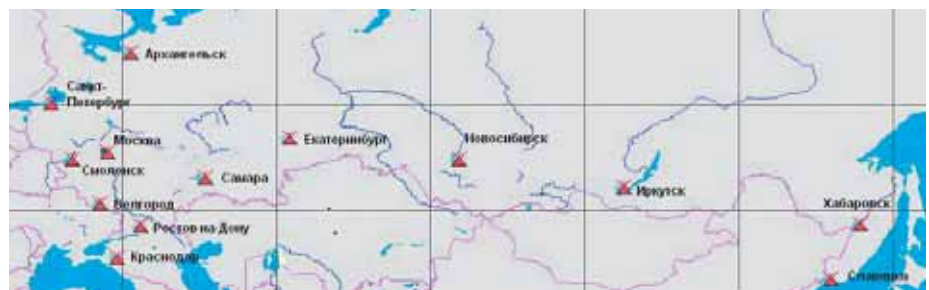


Рис. 1. Схема расположения станций радиоконтроля в РФ



Рис. 2. Расчет ЭМД для пеленгования на основе методики долгосрочного прогнозирования

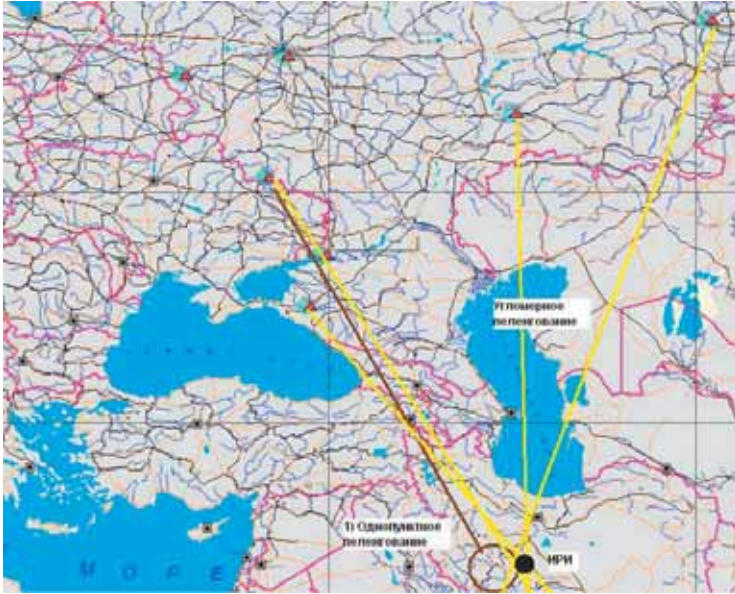


Рис. 3. Уточненное пеленгование

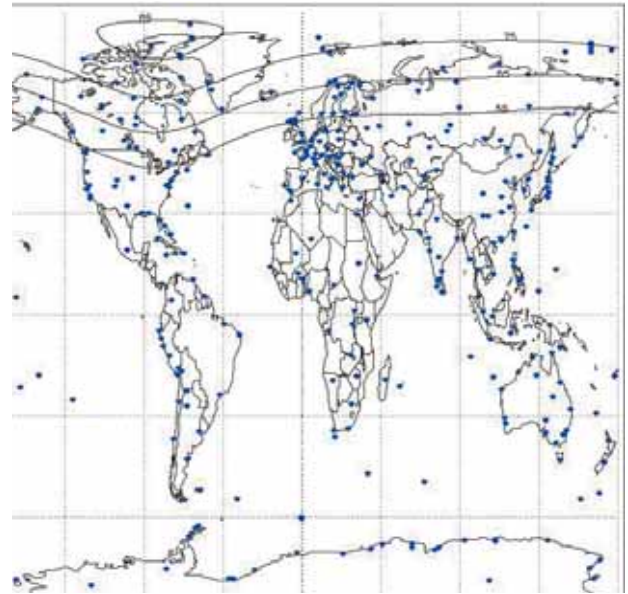


Рис. 4. Мировая сеть станций вертикального зондирования

контроля можно проводить, используя специализированное программное обеспечение [2], то при повседневной деятельности для уточнения электромагнитной доступности РЭС нужно знать текущие параметры ионосферы.

Однопунктное пеленгование в АСРК до 30 МГц. Актуальность реализации в АСРК до 30 МГц однопунктного пеленгования обусловлена следующими факторами.

В случае выявления на СТРК параметров излучений РЭС или при получении соответствующей заявки необходимо определение местоположения источников радиоизлучений (РЭС) до 30 МГц. С помощью однопунктного пеленгования можно установить (пусть и не совсем точно) местоположение источника радиоизлучения, после чего таким же образом определяется необходимая база для пеленгования угломерным способом с привлечением пеленгационной сети радиочастотной службы.

В Институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН) проработаны вопросы расчета электромагнитной доступности (ЭМД) РЭС до 30 МГц для сети пеленгаторов.

Пример расчета ЭМД для пеленгования в СПО «Прогноз распространения радиоволн...» разработки НПФ «Радиян-М» с применением методики долгосрочного прогнозирования показан на рис. 2.

По результатам расчетов ЭМД производится уточненное пеленгование (рис. 3). Из примера на рис. 2 видно, что выбраны СТРК Краснодара, Самары и

Екатеринбурга. В случае необходимости и при соответствующих договоренностях можно привлекать пеленгаторы и других государств.

Применение однопунктного пеленгования упорядочит и значительно ускорит процесс определения местоположения РЭС с использованием пеленгационной сети страны.

Ионосферное обеспечение радиосвязи и радиоконтроля. Особенностью радиоконтроля в диапазоне КВ (от 1,5 до 30 МГц) является то, что РЭС этого диапазона работают с отражением радиоволны от различных слоев ионосферы. При этом отражение может быть многократным (многокачковым). Вероятность того, что заданное РЭС не будет доступно для СТРК по ЭМД, очень велика, особенно при контроле магистральных радиотрасс, у которых высокие рабочие частоты. Поэтому необходим расчет ЭМД для заданного РЭС. Наиболее точно расчеты можно выполнить по реальным данным ионосферы.

Наблюдения за состоянием ионосферы ведутся на всей территории Земли с использованием различных станций наблюдения, основу которых составляют станции вертикального зондирования (ВЗ) ионосферы (рис. 4).

Основные параметры ионосферы, которые можно получить от станций вертикального зондирования для проведения необходимых расчетов радиотрасс: критические частоты слоев ионосферы (f_oF_2 , f_oF_1 , f_oE), действующие высоты слоев отражения, коэффициент пересчета M3000 и др.

Результаты таких измерений собираются в различных прогностичес-

ких центрах. В России измерениями состояния ионосферы занимаются ИЗМИРАН – ведущий институт в нашей стране по изучению распространения радиоволн, а также Институт прикладной геофизики им. академика Е.К. Федорова (ИПГ), на базе которого воссоздается разрушенная с распадом СССР единая сеть ионозондов. Однако процесс идет крайне медленно. Видимых подвижек за последние два года не произошло.

Следует учесть, что одна станция вертикального зондирования ионосферы может обслуживать территорию $\pm 15\text{--}20$ град. по долготе (1600–2200 км) и до 5–10 град. по широте (500–1100 км). При этом чем больше удаление точки отражения радиоволны от станции ВЗ, тем ниже точность. С определенной долей вероятности можно сказать, что станция ВЗ в Москве может обслужить однокачковые трассы дальностью до 3000 км. Этого достаточно для наблюдения РЭС на европейской части России и частично на азиатской. Для обеспечения контроля РЭС за пределами РФ на запад следует использовать другие станции ВЗ на территории Европы. Для трасс на восток страны необходимо применять соответствующие ионозонды в азиатской части РФ.

НПФ «Радиян-М» более двух лет осуществляет сбор и обобщение данных вертикального зондирования ионосферы. Результаты выполненных работ позволяют сделать ряд важных выводов.

В настоящее время на территории РФ ионозонды вертикального зондирования ионосферы работают в сле-

дующих населенных пунктах: Москва (ионозонды ИЗМИРАН и ИПГ), Салехард, Подкаменная Тунгуска, Ростов-на-Дону, Санкт-Петербург, Калининград, Томск, Мурманск, Новосибирск, Иркутск, Норильск, Хабаровск, Магадан. Не все из них включены в единую сеть, а некоторые неисправны. При этом данные всех ионозондов, в отличие от большинства станций ВЗ иностранных государств, закрыты от общего доступа, а данные, которые размещаются на официальных сайтах, непригодны для компьютерной обработки. НПФ «Радиян-М» в течение двух лет получает данные непосредственно от ИЗМИРАН. Данные от ИПГ загружаются с итальянского сайта. В настоящее время для радиочастотной службы потенциально доступны только европейские зонды, из них всего два – на территории России (рис. 5).

Отсутствие ионосферных данных от станций ВЗ на территории страны отрицательно сказывается не только на возможности выполнения мероприятий радиоконтроля для всех РЧЦ ФО, но и на проведении радиосвязи в декаметровом диапазоне частот различными службами.

Для исправления ситуации и обеспечения возможности получения ионосферных данных на территории РФ необходимо:

- изыскать способы получения данных от уже имеющихся в стране и за рубежом ионозондов;
- создать сеть ионозондов для нужд радиосвязи и радиоконтроля до 30 МГц на базе предприятий радиочастотной службы страны (рис. 6).

Поскольку в европейской части РФ уже имеется доступ к данным некоторой части ионозондов, предстоит установить ионозонды в основном в азиатской части России. И разместить их следует на СТБК в Екатеринбурге, Новосибирске, Иркутске, Хабаровске, Магадане. Для обеспечения южных направлений целесообразно установить зонд на СТБК Белгорода или Краснодара. Все зонды необходимо свести в единую сеть с размещением данных на общем сервере АСРК и здесь же производить предварительную обработку данных и размещение их в едином формате в базе данных.

Наличие собственной сети ионозондов заметно снизит зависимость радиочастотной службы от наличия данных из других организаций и ведомств на территории РФ. Будет обеспечена возможность проведения расчетов радиотрасс по реальным данным на даль-



Рис. 5. Расположение ионозондов вертикального зондирования ионосферы

ности свыше 3000 км при соответствующей доработке имеющегося алгоритма расчетов. Кроме того, все данные от своих зондов можно получать в едином формате.

Необходимость единого формата при получении данных ВЗ очень важна. В настоящее время имеются разнотипные ионозонды, которые размещают выходные данные в различных форматах. Зачастую они трудно поддаются обработке или грешат неполнотой, из-за чего расчеты на нужные дальности связи невозможны.

Предложения по аппаратной части ионозондов. Приведем характеристики малогабаритного ионозонда «Прогноз», изготавливаемого ИЗМИРАН (рис. 7):

- диапазон частот: 1–20 МГц;
- мощность (в импульсе): 600 Вт;
- время сканирования диапазона частот: от 30 до 60 с;

- сеансы зондирования: регулируемые, от 5 мин до 1 ч;
- возможность удаленного управления: допускается базовой конструкцией;
- требуемая площадь для размещения антенно-фидерных устройств: 20x20 м; высота подвеса антенны 15–16 м.

Размещение ионозондов на территории СТБК не повлияет на выполнение мероприятий радиоконтроля, так как излучаемая мощность передатчика ионозонда незначительна, время сеанса зондирования тоже мало, а для задачи прогнозирования достаточно будет проводить сеансы один раз в 30 мин. Кроме того, не требуются сверхзатраты на установку антенны зонда.

Основные направления работ. Создание сети ионозондов радиочастотной службы и ионосферных данных обеспечения радиосвязи и радиоконтроля не-

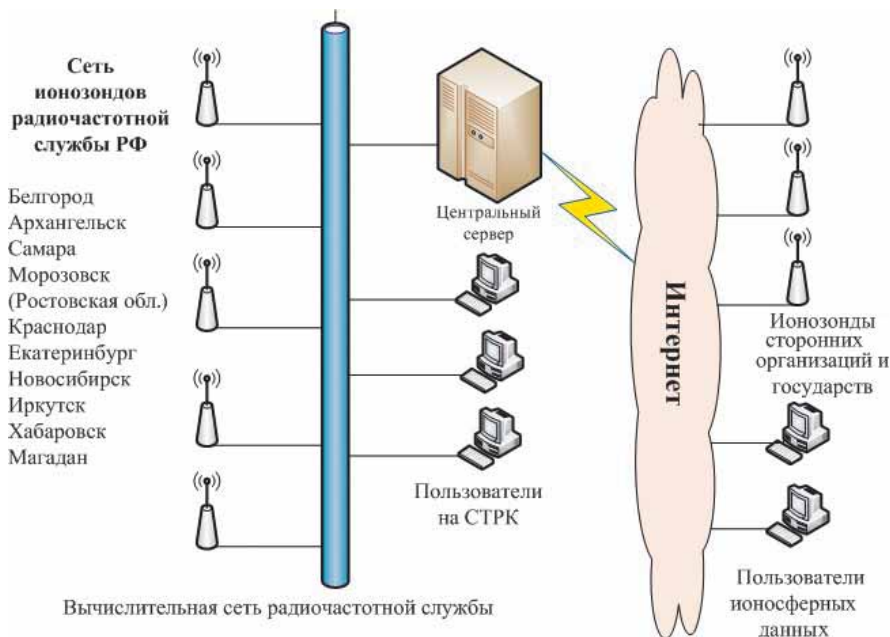


Рис. 6. Сеть ионозондов на базе РЧЦ России



Рис. 7. Ионозонд «Прогноз»



Рис. 8. Страница сайта «Радиян-М»

обходимо осуществлять по следующим основным направлениям:

1. Оснащение СТ РК РЧЦ федеральных округов ионозондами, создание и формирование баз данных ионосферного зондирования.

2. Разработка функциональных модулей специализированного программного обеспечения АСРК до 30 МГц:

- модуль получения и обработки данных от сети собственных ионозондов с размещением в ионосферной базе данных;

- модуль получения и обработки данных от других доступных ионозондов с размещением в ионосферной базе данных;

- модуль расчетов и выдачи оповещений пользователям о текущем состоянии ионосферы и геомагнитной обстановке.

3. Создание системы управления сетью ионозондов.

Разместив ионозонды на СТ РК, можно будет обеспечить потребности РЧЦ федеральных округов в данных зондирования ионосферы для использования их при планировании и осуществлении мероприятий радиоконтроля в диапазоне частот до 30 МГц. При этом есть реальная возможность улучшить и радиосвязь на КВ на территории страны и планеты путем предоставления ионосферных данных заинтересованным организаци-

ям или размещая их в открытом доступе. Такими организациями могут быть силовые ведомства, ОАО «РЖД», ОАО «Российская телекоммуникационная сеть» и ряд других организаций.

В США имеются серверы, где собираются ионосферные данные из множества стран, в том числе и из России; они предоставляются для общего доступа. В России такого сервера нет. Поэтому целесообразно в рамках действующего интернет-портала Федеральной автоматизированной информационно-аналитической системы в области использования радиочастотного спектра (ФАИС), сопряженного с АСРК-РФ, создать соответствующий раздел публичных данных зондирования ионосферы для нужд пользователей радиочастотного спектра.

О том, насколько востребованы ионосферные данные, говорит статистика посещаемости страницы сайта НПФ «Радиян-М», где ежедневно публикуются прогнозы прохождения радиоволн на несколько направлений (рис. 8). За год было более 9000 посещений, из них 6700 из России.

Заключение. Создание сети ионозондов радиочастотной службы значительно расширит возможности выполнения мероприятий радиоконтроля в диапазоне частот до 30 МГц. А предоставление ионосферных данных для общего пользования повысит надежность и качество радиосвязи различных радиослужб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендация МСЭ-R SM.854-3. Радиопеленгация и определение местоположения на станциях контроля // [Электронный ресурс]: сайт МСЭ. URL: <http://www.itu.int/rec/R-REC-SM.854-3-201109-1/en>.
2. Справочник по радиоконтролю // МСЭ, 2002.

Получено 11.06.13

Не забудьте подписаться на журнал «Электросвязь»



- во всех почтовых отделениях по каталогам:

«Агентство «Роспечать», индекс – 71107; «Пресса России», индекс – 41411; «Почта России», индекс – 61854;

- через альтернативные агентства:

«Урал-Пресс» – www.ural-press.ru

- в редакции журнала «Электросвязь»

тел. (495) 625-84-36, e-mail: tim@elsv.ru www.elsv.ru