

Проблемы эксплуатации множества группировок радиоэлектронных средств различного назначения в ходе формирования современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры арктических районов страны

Д. А. Антропов¹, кандидат технических наук
Научный центр перспективных программ Военно-Морского Флота

Проведен анализ условий и проблемных вопросов, возникающих при эксплуатации многочисленных групп радиоэлектронных средств в арктических районах. Подготовлены организационные и технические предложения по оптимизации использования в Арктике радиочастотного ресурса и обеспечения условий электромагнитной совместимости средств и комплексов связи современных информационно-телекоммуникационных систем.

Ключевые слова: радиочастотный ресурс, электромагнитная обстановка, электромагнитная совместимость, радиоэлектронные средства, атмосферно-оптические линии связи, метеорная радиосвязь, дальнее ионосферное рассеяние, защищенные антенно-фидерные устройства.

Руководство страны уделяет пристальное внимание арктическим территориям. Свидетельством этого является утверждение целого ряда концептуальных документов и программ развития данного важнейшего региона, выделение значительных финансовых средств на его социально-экономическое развитие, оборону, научные исследования и международно-правовую защиту.

На состоявшемся 22 апреля 2014 г. заседании Совета безопасности России рассматривались актуальные вопросы реализации государственной политики в Арктике в интересах национальной безопасности. Президент В.В.Путин подчеркнул, что в арктическом регионе сконцентрированы практически все аспекты национальной безопасности: военно-политический, экономический, технологический, экологический и ресурсный. Среди таких важнейших задач, отмеченных Советом безопасности, как повышение качества государственного управления,

ресурсного наполнения программ развития Арктики, международно-правовой защиты границы континентального шельфа России в Северном Ледовитом океане, развития Северного морского пути (СМП), мониторинга состояния окружающей среды арктической экосистемы, комплексного обеспечения безопасности Арктической зоны России, рассматривалась и необходимость создания современной инфраструктуры связи [1].

Ранее в «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» также подчеркивалось отсутствие современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, не позволяющее осуществлять оказание современных услуг связи потребителям на всей территории Арктики. Поэтому одним из приоритетных направлений развития Арктической зоны является построение ее развитой информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, формирование единого информационного пространства. В этих целях указанной стратегией предусматриваются [2]:

- внедрение передовых информационно-телекоммуникационных технологий и систем связи;

¹ e-mail: vnkantropov@mail.ru.

- создание надежной системы оказания услуг связи;
- формирование современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры и интеграции с сетями связи других государств.

Кроме того, в государственной программе «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» в рамках ее подпрограммы № 2 («Развитие опорной арктической инфраструктуры») запланировано создание современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры до конца 2020 г. [3].

Таким образом, для выполнения всего комплекса задач военного и социально-экономического назначения необходимо совершенствование существующих и развертывание новых высокоустойчивых к угрозам природного и искусственного происхождения систем управления удаленными объектами. Технической основой этих систем будут информационно-телекоммуникационные комплексы, в значительной степени базирующиеся на радиоканалах связи.

В условиях современных концепций высокотехнологических войн, активного развития инфраструктуры связи, многочисленных формирований военного и гражданского назначения, внедрения широкополосных цифровых радиотехнологий, конверсии радиочастотного спектра сложнейшей проблемой является обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) группировок радиоэлектронных средств (РЭС) различного назначения (РН), обеспечения эффективности использования ограниченного радиочастотного ресурса (РЧР), особенно метрового и дециметрового диапазонов длин волн.

В ходе исследований выявлены проблемы использования дефицитного РЧР и обеспечения условий ЭМС множества РЭС при формировании единого информационного пространства в Арктике (рис. 1). Основными среди них с учетом [2—6] являются:

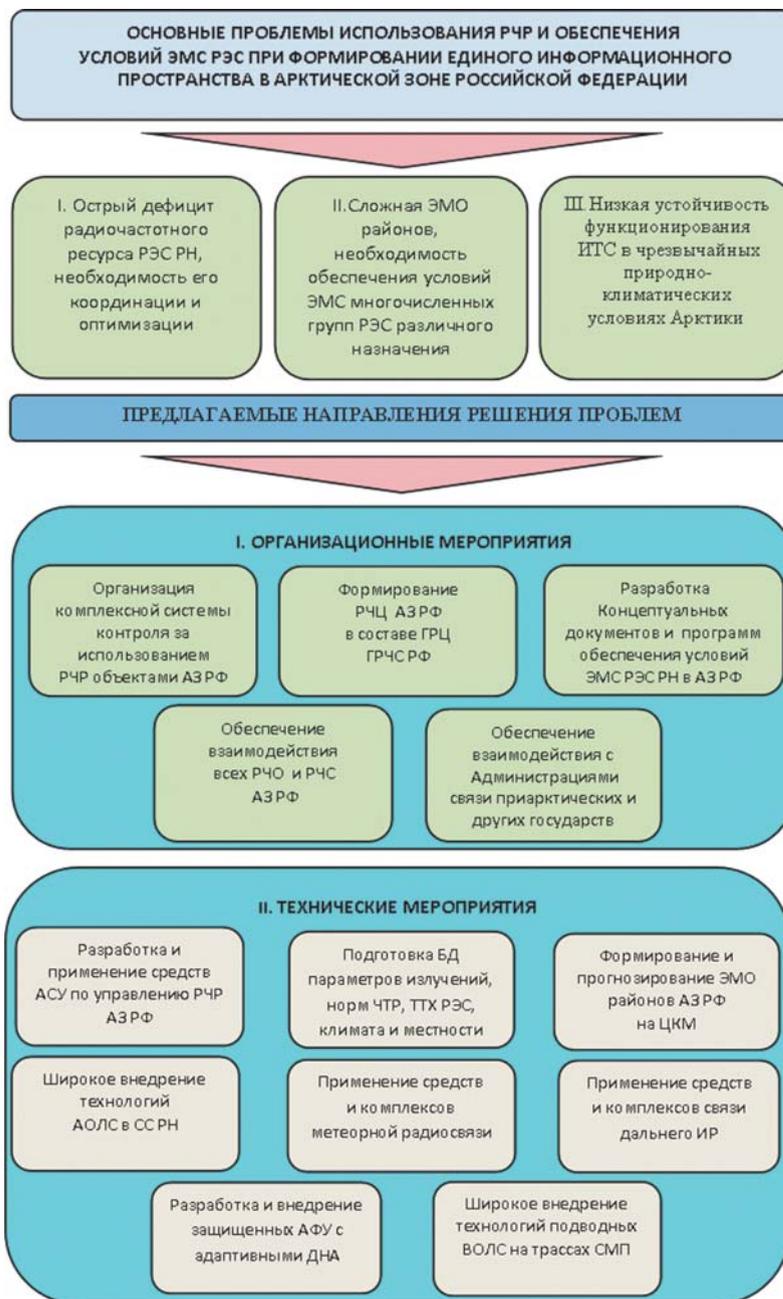


Рис. 1. Проблемы применения РЭС в Арктике

- острый дефицит РЧР для большого числа РЭС РН, необходимость его постоянной координации и оптимизации;
- сложная электромагнитная обстановка (ЭМО) северных районов, необходимость обеспечения условий ЭМС группировок РЭС РН, выполнения норм их частотно-территориального разнеса (ЧТР);
- низкая устойчивость функционирования информационно-телекоммуникационных систем (ИТС) в чрезвычайных природно-климатических условиях Арктики, сложных условиях распространения радиоволн отдельных диапазонов в северных широтах.

Среди организационных направлений решения проблем использования РЧР и обеспечения условий ЭМС РЭС в Арктике предлагаются следующие:

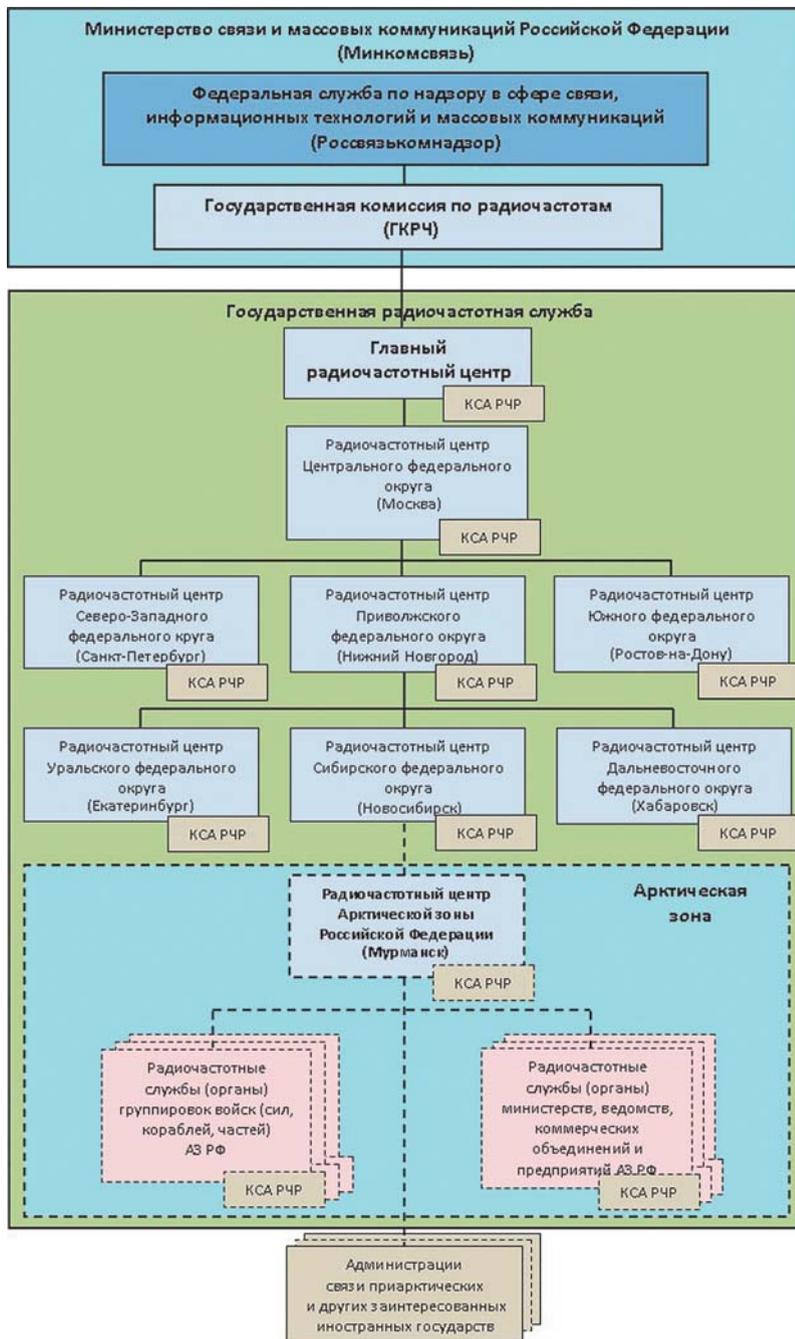


Рис. 2. Структура государственной радиочастотной службы

- организация комплексной системы контроля за использованием РЧР объектами;
- формирование отдельного Арктического радиочастотного центра (РЧЦ) в составе Главного радиочастотного центра Государственной радиочастотной службы;
- разработка концептуальных документов, государственных и ведомственных программ обеспечения условий ЭМС групп РЭС;
- обеспечение взаимодействия федеральных и ведомственных радиочастотных служб и органов (РЧС, РЧО);
- согласование проводимых мероприятий с администрациями связи приарктических и других заинтересованных государств.

Отдельный РЧЦ в Арктике будет обеспечивать проведение экспертизы о возможности использования соответствующих РЭС и их ЭМС с действующими и развертываемыми радиосредствами. Результатом экспертизы будут заключения по ЭМС для РЭС объектов.

Предложена новая структура государственной радиочастотной службы с комплексами средств автоматизации (КСА РЧР) РЧР для специалистов РЧС и РЧО, установленными в каждом РЧЦ (рис. 2).

Среди технических направлений решения проблемных вопросов эффективного использования РЧР и выполнения требований ЭМС РЭС на объектах АЗ РФ выделим следующие:

- разработка и широкое применение средств АСУ по управлению РЧР;
 - подготовка комплекса баз данных параметров излучений, норм ЧТР, тактико-технических характеристик РЭС, климата и местности;
 - формирование и прогнозирование состояния ЭМО районов на цифровых картах местности;
 - широкое внедрение технологий атмосферно-оптических линий связи (АОЛС) в системах связи (СС) различных объектов;
 - применение средств и комплексов метеорной радиосвязи (МРС);
 - применение средств и комплексов связи дальнего ионосферного рассеяния (ДИР);
 - разработка и внедрение защищенных антенно-фидерных устройств с адаптивными диаграммами направленности антенн;
 - широкое внедрение современных технологий прокладки волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) на суше и акваториях СМП.
- Оценка соответствия мероприятий по обеспечению ЭМС РЭС, эффективному использованию РЧР проведена согласно подготовленному общему алгоритму формирования ЭМО райо-

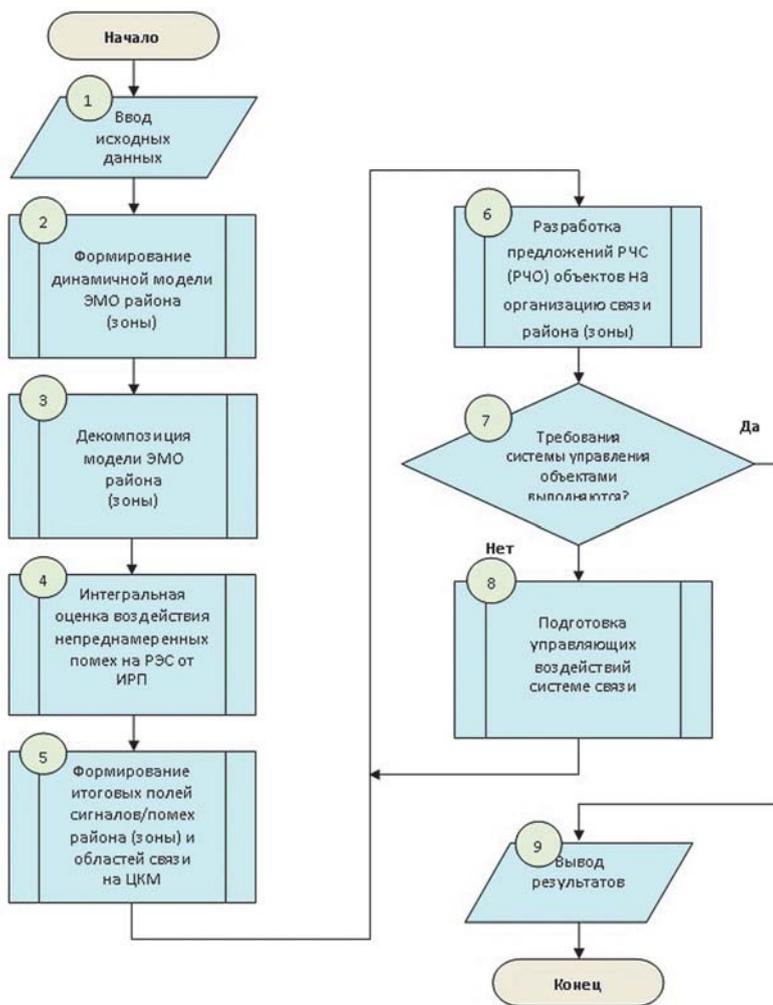


Рис. 3. Общий алгоритм формирования ЭМО района (зоны)

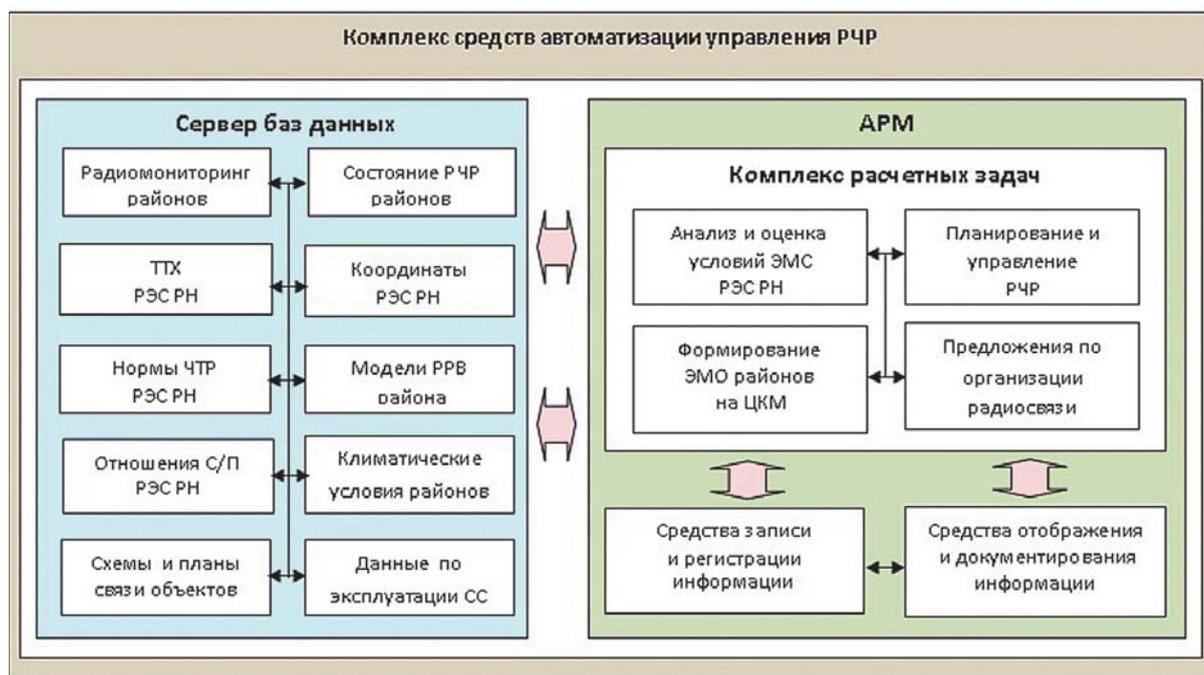


Рис. 4. Комплекс автоматизации управления РЧР

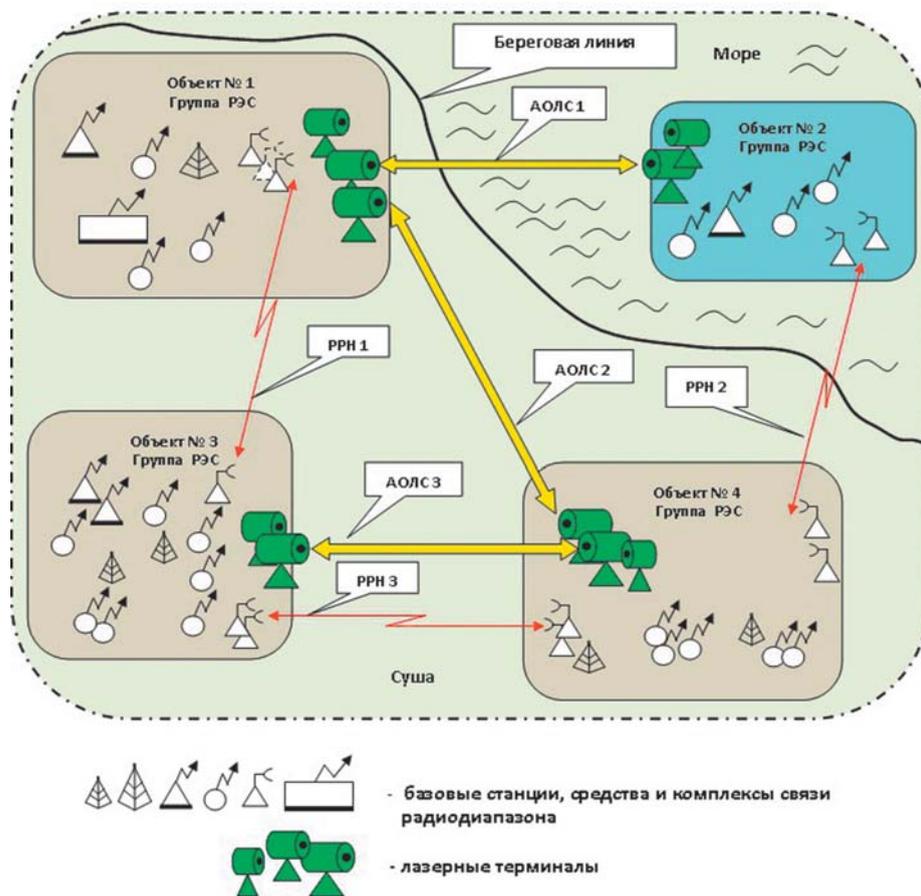


Рис. 5. Комбинированные сети связи объектов различного базирования

на (зоны), основными блоками которого являются (рис. 3):

- формирование динамичной модели ЭМО района (зоны) размещения объектов различного назначения и базирования;
- декомпозиция модели ЭМО района (зоны) на целый ряд частных, отдельных функциональных задач с учетом принятых в модели ограничений и допущений;
- интегральная оценка воздействия непреднамеренных помех на рассматриваемое РЭС от различных источников радиопомех района (зоны);
- формирование электромагнитных полей сигналов, помех, областей устойчивой связи и закрытых зон на цифровых картах местности;
- разработка РЧС (РЧО) министерств и ведомств предложений на организацию СС объектов района (зоны);
- оценка соответствия требованиям соответствующих систем управления объектами различного назначения и базирования;
- подготовка управляющих воздействий для СС объектов.

С учетом [7—10] проводится оценка степени использования РЧР и условий ЭМС различных РЭС:

$$\begin{cases} \delta_{ci} \geq \delta_{mi}, \\ S_{pv} \geq N_{CC}, \\ \Delta f_{mp} \geq \frac{\Delta f_c + \Delta f_m}{2}, \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta F_{ci} = f_\beta - f_\alpha, \\ Q_{CC} = \sum_{i=1}^S \delta_{ci} \leq (f_\beta - f_\alpha), \end{cases}$$

где δ_{ci} — значение разности между средними частотами спектров излучений и амплитудно-частотной характеристики каналов приема радиосредств, которое реализуется при назначении рабочих частот i -й радиолинии; δ_{mi} — допустимое значение разности частот, в пределах которого наблюдается воздействие радиопомехи на канал приема; Δf_{mp} — требуемое значение разности между средними частотами спектров сигнала Δf_c и помехи Δf_m ; $(f_\beta - f_\alpha)$ — ширина выделенной полосы частот ΔF_{ci} , в которой N радиолиниям может назначаться S рабочих частот (основные, запасные, резервные), при этом $S \geq N$; Q_{CC} — используемая в СС часть полосы частот ΔF_{ci} .

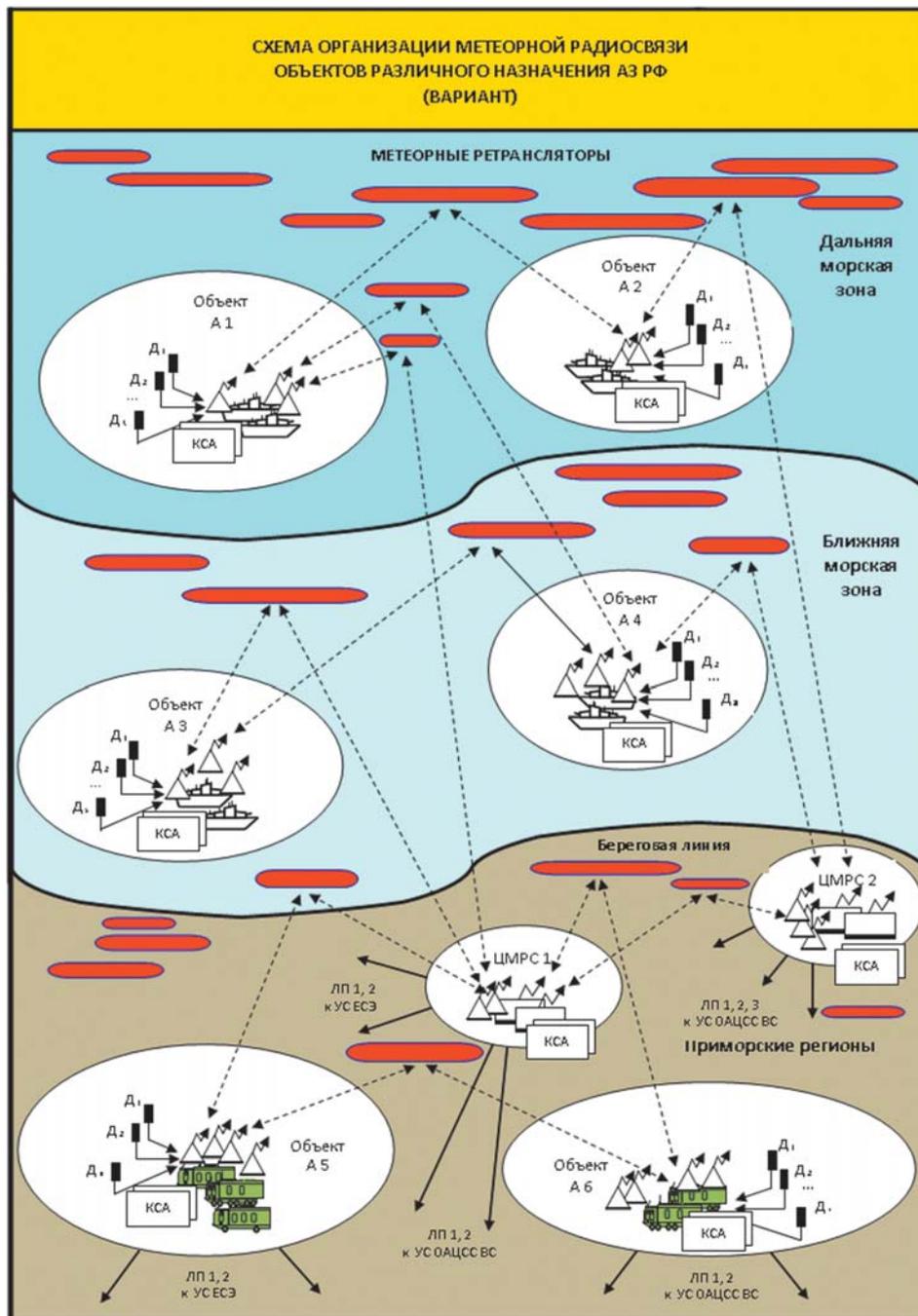


Рис. 6. Система метеорной радиосвязи объектов Арктики

Рассмотрим подробнее предлагаемые технические решения проблемных вопросов использования РЧР и условий ЭМС для РЭС систем связи объектов.

Очевидна необходимость разработки и широкого применения должностными лицами РЧС (РЧО) средств АСУ по управлению РЧР. Типовой КСА РЧР (рис. 4) включает в себя базы данных о РЭС и районах, комплексы расчетных задач условий ЭМС, средства записи, регистрации, отображения и документирования информации.

Перспективным направлением, позволяющим эффективно решать проблемные вопросы экономии РЧР, является широкое применение атмосферных оптических (лазерных) технологий, позволяющих осуществлять обмен информацией в диапазоне волн около 0,3—10 мкм в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра.

Рассматриваемая АОЛС включает в себя приемопередающие лазерные терминалы, устанавливаемые на базе автомобильной техники, специализированных

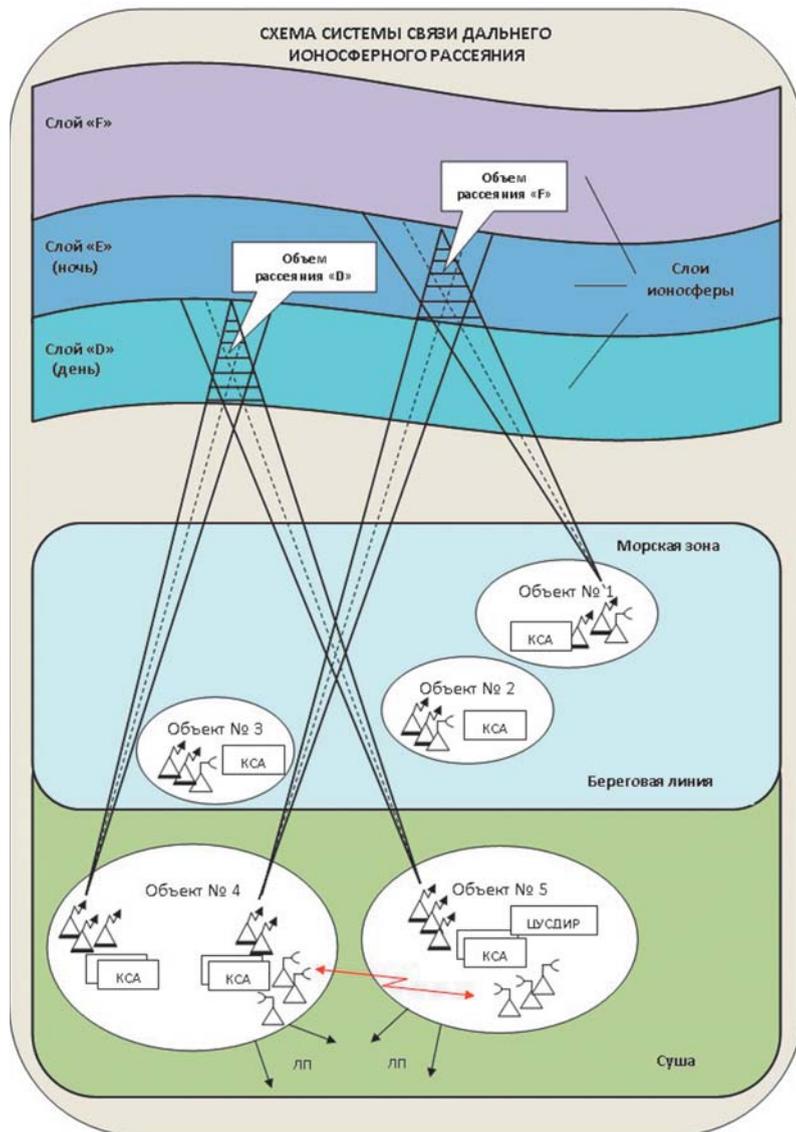


Рис. 7. Система дальнего ионосферного рассеяния объектов Арктики

вышках, мачтах, летно-подъемных средствах, кораблях, высотных зданиях. Основными преимуществами АОЛС перед линиями связи, образованными средствами связи радиодиапазона, являются:

- использование нелицензируемого диапазона длин волн;
- высокая пропускная способность;
- полная электромагнитная совместимость;
- конфиденциальность передачи информации;
- низкие затраты на установку и эксплуатацию.

Вместе с тем недостатком АОЛС является их зависимость от состояния атмосферы. Они чувствительны к поглощению излучения газами и парами компонентов атмосферы, к рассеиванию аэрозолями и осадками, а также к молекулярному рассеянию (сильный снегопад, туман и др.). Дополнительное ослабление вносят процессы, связанные с неоднородностями показателя преломления воздуха

и обуславливающие флуктуации амплитуды и фазы оптической волны [11].

Проведенные специалистами связи экспериментальные исследования эффективности АОЛС в центральных районах Москвы и Санкт-Петербурга показывают, что на расстояниях 2—3 км при среднегодовых погодных условиях вероятность связи не ниже значений 0,8—0,95.

Поскольку в арктических районах прогнозируется сложная ЭМО, обусловленная радиоизлучениями многочисленных групп РЭС РН, то будут формироваться зоны, где не выполняются требования по защитным отношениям сигнал/помеха. В этих условиях эффективным будет применение комбинированных линий связи.

Комбинированное радиорелейно-оптическое направление (сеть) связи (рис. 5) включает радиорелейные средства связи, образующие радиорелейные

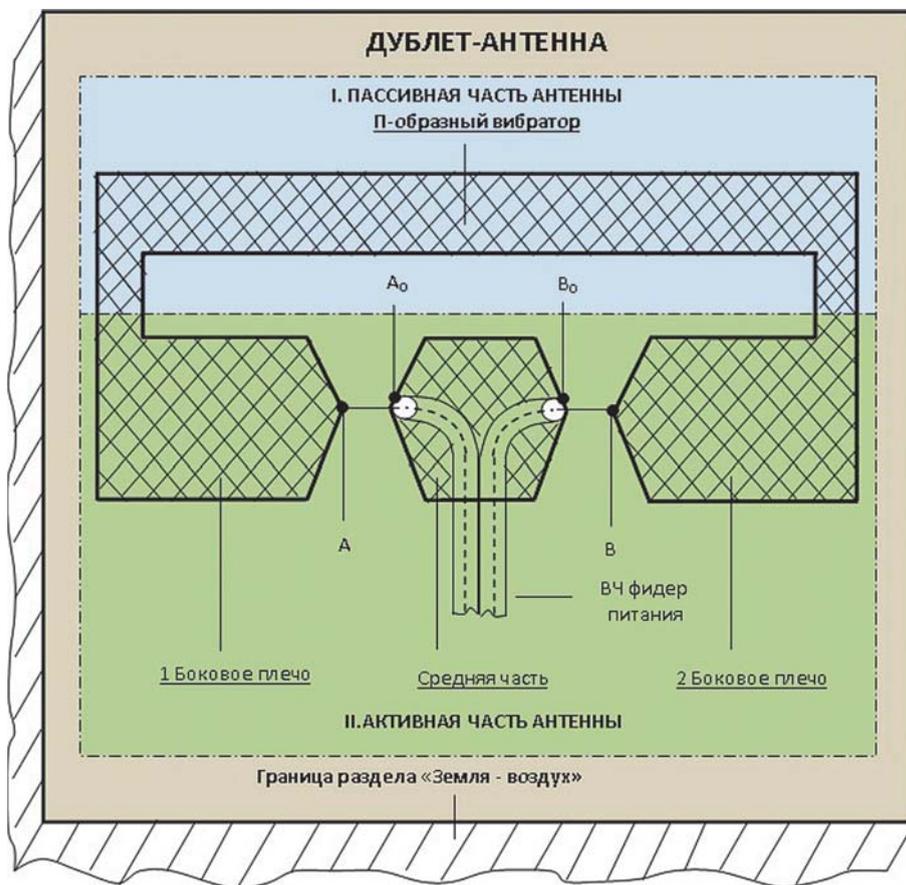


Рис. 8. Защищенная дублет-антенна

направления (PPH) и атмосферные оптические цифровые лазерные терминалы, образующие требуемые участки АОЛС.

Применение комбинированных сетей (направлений) связи в районах со сложной ЭМО позволит существенно повысить их помехоустойчивость, обеспечить высокие показатели вероятностно-временных характеристик каналов связи — коэффициента готовности и времени безотказной работы.

Кроме того, АОЛС также могут использоваться для связи:

- ретрансляторов на летно-подъемных средствах;
- между кораблями и судами различных классов и рангов;
- при организации резервных каналов в сложной ЭМО районов;
- в качестве атмосферных оптических релейных вставок в ВОЛС;
- для привязки узлов связи объектов к Единой сети электросвязи (ЕСЭ) и специальным системам связи Российской Федерации;
- в интересах решения проблемы «последней мили».

В целом внедрение технологий АОЛС позволит существенно снизить нагрузку радиочастотного спектра (15—20%), эффективно решать проблемные вопросы ЭМС для РЭС объектов.

Серьезными недостатками систем радиосвязи, использующих ионосферное рассеяние, являются зависимость от нестабильности ионосферы и необходимость смены рабочих частот в течение суток. В связи с этим для повышения устойчивости систем управления объектами, особенно в северных широтах, широко применяются каналы метеорной радиосвязи. По надежности связи системы метеорной радиосвязи (СМРС) имеют значительные преимущества, поскольку не подвержены поглощениям и ионосферным магнитным бурям, позволяют обеспечить надежную связь в любое время на одной частоте. Несмотря на активное применение СМРС в США, Канаде и других странах, в России эти системы пока не находят широкого применения.

Вариант перспективной СМРС объектов (рис. 6), размещенных на суше и (или) в море, представляет собой большую, территориально распределенную систему, включающую в себя:

- комплексы и средства автоматизации связи;
- центры управления метеорной радиосвязи (ЦМРС) объектов;
- узловые и абонентские станции МРС различного базирования;
- аппаратуру контроля качества МРК;
- аппаратуру быстрого действия;

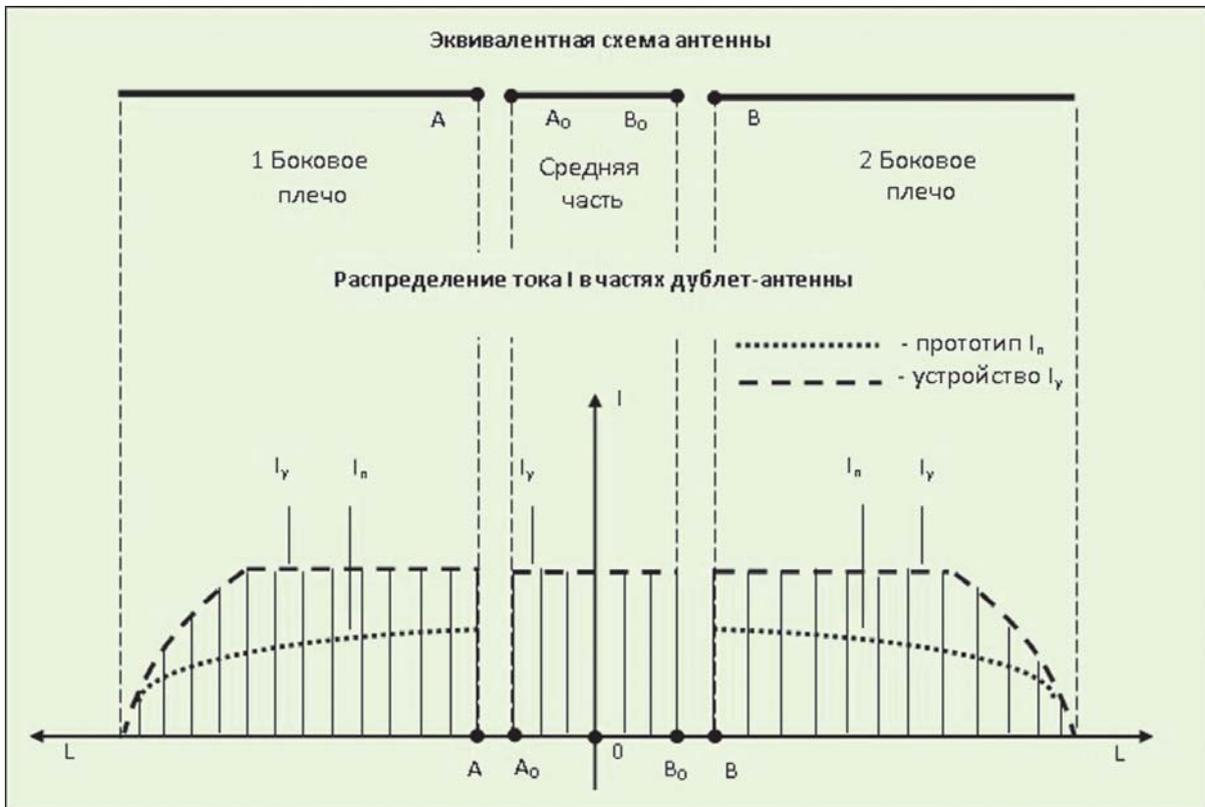


Рис. 9. Распределение тока в дублет-антенне

- информационные датчики (Ді) различного назначения на объектах;
- линии привязки (ЛП) к узлам связи (УС) объединенной автоматизированной цифровой системы связи Вооруженных сил (ОАЦСС ВС) и ЕСЭ Российской Федерации.

При этом устойчивость СМРС будет зависеть от структуры сети, возможности ретрансляции информации по обходным направлениям.

Основными направлениями использования СМРС объектов с учетом [12] могут являться:

- связь между объектами, находящимися в труднодоступных районах в северных широтах, подверженных ионосферным возмущениям;
- в качестве резервных каналов в существующих системах связи, использующих обычные виды распространения радиоволн;
- совместное использование с навигационными средствами и комплексами для сбора информации о местоположении объектов;
- дистанционный сбор данных о состоянии объектов, экологии районов, предупреждения о чрезвычайных событиях и стихийных бедствиях.

Широкое внедрение СМРС позволит значительно повысить устойчивость систем управления объектов, размещаемых в арктических районах, обеспечить экономию использования РЧР до 10—15%.

Другим направлением оптимизации использования РЧР является широкое применение средств ДИР. Существование в ионосфере локальных неоднородностей турбулентного происхождения приводит к рассеянию радиоволн метрового диапазона. Рассеивающий объем, образованный пересечением пространственных диаграмм направленности антенн, находится в областях ионосферы «D» днем и «E» ночью на высотах около 70—100 км. Линии ДИР обеспечивают дальность связи до 2000 км в диапазоне частот около 30—70 МГц.

Наиболее ценным свойством для арктических трасс является устойчивость сигналов на линиях ДИР при возмущениях в ионосфере, нарушающих работу коротковолновых радиолиний. Линии ДИР характеризуются возможностью круглосуточной работы на одной частоте и низким уровнем помех [13].

Предлагаемая система связи дальнего ионосферного рассеяния (СДИР) объектов наземного и (или) морского базирования (рис. 7) представляет собой большую территориально распределенную систему, включающую в себя технические элементы:

- комплексы и средства автоматизации связи;
- центры управления средствами дальнего ионосферного рассеяния объектов;
- узловые и абонентские станции ДИР различного базирования;

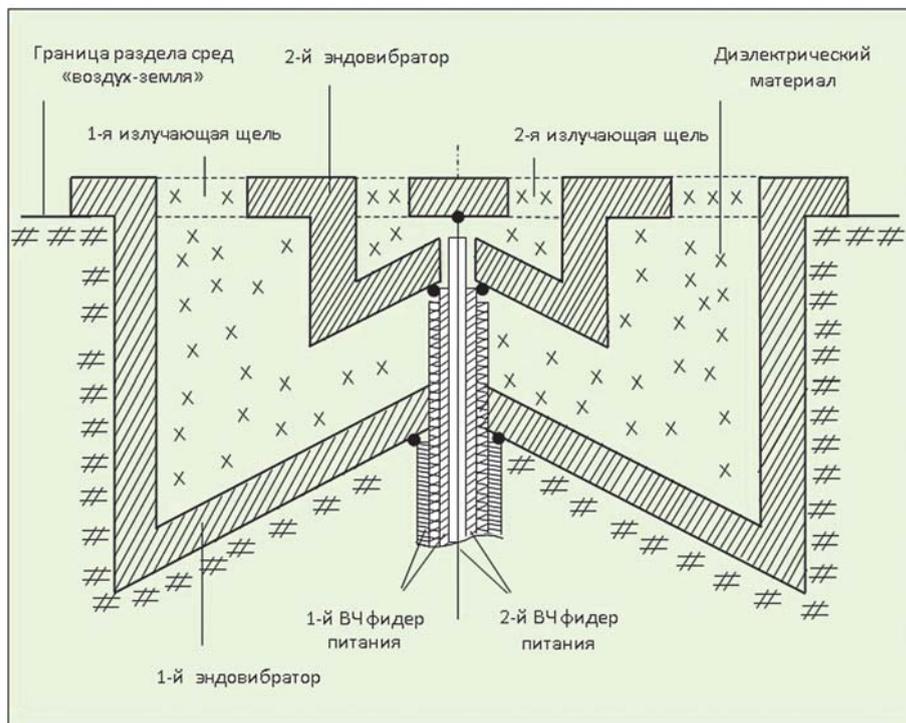


Рис. 10. Защищенная кольцевая щелевая антенна

- источники информации о состоянии объектов, экологии районов и др.
 - различные ЛП к УС специальных систем и ЕСЭ РФ.
- При этом к средствам и комплексам СДИР, антеннам предъявляются весьма высокие технические требования.

Важными направлениями использования СДИР объектов являются:

- связь между объектами, находящимися в удаленных северных районах, подверженных ионосферным возмущениям;

- использование в качестве дополнительных резервных каналов связи;
- дистанционный сбор данных о состоянии объектов, проводимых работах, экологии районов и др.

Применение СДИР может снизить нагрузку радиочастотного спектра до 10%, эффективно решать вопросы ЭМС для РЭС объектов.

Следующим важным направлением является разработка защищенных широкополосных пластинчатых антенн, размещенных у границы сред

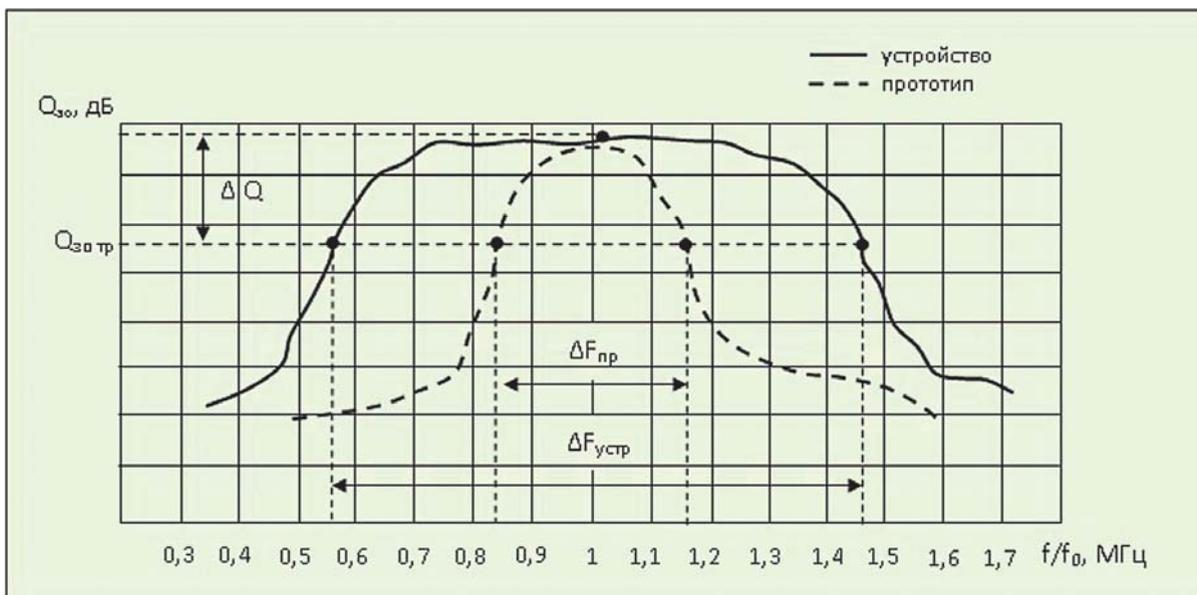


Рис. 11. Диапазонные свойства кольцевой щелевой антенны

«воздух — земля», с улучшенными электрическими характеристиками.

Разработанная дублет-антенна декаметрового (метрового) диапазона волн (рис. 8) предназначена для повышения надежности радиосвязи при воздействиях внешней среды и включает активный трехсекционный вибратор, состоящий из двух боковых плеч и средней части, и П-образный вибратор. Все вибраторы выполняются из пластинчатых металлических проводов (сеток), расположенных близко под (над) границей «земля-воздух». Питающий радиочастотный фидер подключается к боковым плечам и средней части активного вибратора [14]. В новом устройстве существенно увеличены равномерность растекания и амплитуда тока антенны (рис. 9).

Преимущество нового устройства по сравнению с прототипом состоит в увеличении коэффициентов усиления антенны и бегущей волны (20—25%), надежности связи (15—25%) на линиях длиной до 600—1000 км.

Следующим рассматриваемым типом защищенных антенно-фидерных устройств являются кольцевые щелевые антенны (КЩА) [15—16]. Новая конструкция КЩА (рис. 10) содержит большой и дополнительно установленный малый эндовибраторы, образующие особые излучающие щели, два высокочастотных питающих кабеля и диэлектрический материал.

На графике зависимости защитного отношения сигнал/помеха $Q_{зо}$ от диапазонных свойств антенны (рис. 11) видно, что частотный диапазон $\Delta F_{устр}$ нового устройства более чем вдвое расширен по сравнению с диапазоном прототипа $\Delta F_{пр}$.

Технико-экономический эффект от применения предложенной КЩА заключается в возможности организации новых широкополосных режимов работы РЭС, обеспечения устойчивой радиосвязи в условиях помех, возможности функционирования в чрезвычайных условиях.

В целях существенной экономии РЧР в Арктике предлагается активная прокладка кабельных и волоконно-оптических линий и сетей связи. При этом предполагается прокладка ВОЛС на всем протяжении Северного морского пути на основе широкого использования подводных коммуникационных технологий.

В целом отмеченные основные проблемные вопросы эксплуатации множества групп различных РЭС и предложенные организационные и технические мероприятия по их решению позволят наряду с другими планируемыми мероприятиями системно обеспечить в установленные сроки формирование единого информационного пространства в арктических районах России.

Литература

1. Заседание Совета Безопасности по вопросу реализации государственной политики в Арктике. 22 апреля 2014 г. // <http://xn--d1abbgf6aiiy.xn--p1ai/%D0%B2%D1%8B%D1%81%D1%82%D1%83%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F/20845>.

2. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года // http://www.roskodeks.ru/news_full.php?nid=167622.

3. Государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» // <http://www.programs.gov.ru/Portal/programs/passport?gpld=62AC4D4F-9B6D-4450-85DD-B98C77C6AC66>.

4. Патрушев Н. П. Арктические войны: Зачем России охранять свои ледяные границы // Аргументы и факты. — 2013. — № 15.

5. Васильев Д. И., Галеев Р. Г., Рахманов А. А. Направления развития информационно-телекоммуникационной среды Арктики // Связь в ВС РФ-2010. — М.: Компания «Информационный мост», 2010.

6. Кондратьев А. Е. Будущее сетевых войн // Независимое воен. обозрение. — 2012. — № 31.

7. Федеральный закон «О связи» от 7 июля 2003 г. № 126-ФЗ.

8. Регламент радиосвязи: В 2 т. — М.: Радио и связь, 1985.

9. Таблица распределения полос частот между радиослужбами РФ в диапазоне частот от 3 кГц до 400 ГГц / Гос. комиссия по радиочастотам. — М., 1996.

10. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем: Учебное пособие / Под ред. М. А. Быховского. — М.: Экотрендз, 2006. — 376 с.

11. Уймин А. А. Беспроводной защищенный канал передачи данных «Оптическая система связи ОСС» // Связь в ВС РФ-2010 — М.: Компания «Информационный мост», 2010.

12. Титков С. Б. Технические предложения по использованию метеорной связи // Защита информации. Инсайд. — 2006. — № 3.

13. Каменев В. В., Виноградов Б. А., Левчук П. Ф. Антенны и распространение радиоволн. — Л.: ВАС, 1977.

14. Дублет-антенна, согнутая из пластин: заявка на патент 2311422 от 1977. Франция / Дубост Г., Хавот Н. Дублет-антенна. Заявка на патент Франция 2279233. 1976.

15. Пат. 2189675 Российская Федерация. Кольцевая щелевая антенна / Фидельман В. Е., Артамошин А. Д., Николаев В. И., Медников Б. М., Горбаченко П. З., Лебедев И. Б., Кира В. Н. Описание изобретения к патенту Российская Федерация. 2002.

16. Пат. 2189677 Российская Федерация. Кольцевая щелевая антенна / Фидельман В. Е., Артамошин А. Д., Николаев В. И., Колосов С. И., Горбаченко П. З., Лебедев И. Б., Медников Б. М. Описание изобретения к патенту Российская Федерация. 2002.