

УДК 621.396

Николай Александрович Масесов
Игорь Вячеславович Панченко
Леонид Александрович Бондаренко
Вячеслав Вячеславович Малых

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКОНФИГУРАЦИИ

Постановка проблемы. Анализ последних исследований и публикаций

Совершенствование системы радиосвязи приобретает в настоящее время особую значимость в связи с утвержденным замыслом перевода системы связи Вооруженных Сил на цифровые методы обработки и передачи информации. Этот документ в определенной степени замыкает систему взаимоувязанных концептуальных документов, имеющих исключительную важность в деле укрепления национальной безопасности государства.

Основу совершенствования существующей системы радиосвязи должны составить автоматизированные приемо-передающие комплексы (ППК) стационарных и полевых радиоприемных станций нового поколения, разработанных на новой элементной базе с использованием передовых технологий радиодоступа, обеспечивающих создание более совершенных и гибких структур.

Исследования перспектив развития систем, комплексов и средств радиосвязи проводятся с целью обеспечения устойчивого, надежного и своевременного доведения информации различным пользователям в условиях воздействия естественных и искусственных дестабилизирующих факторов, являются актуальной научной задачей.

Научно-технические задачи проводимых исследований должны решаться в рамках реализации концепции создания объединенной автоматизированной цифровой системы связи (ОАЦСС) специального назначения, в основе которой лежат эталонная модель взаимодействия открытых систем OSI (open systems interconnection basic reference model) и современные телекоммуникационные технологии, основанные на применении радиоустройств с программируемыми параметрами (SDR - Software Defined Radio).

Формулирование цели статьи.

Изложение основного материала

Целью статьи является научное обоснование выбора направлений развития систем радиосвязи специального назначения с учетом существующих и перспективных подходов к построению реконфигурируемых автоматизированных радиосредств и комплексов.

В соответствии с рекомендациями МСЭ-R к радиоустройствам с программируемыми параметрами (SDR) относятся радиопередатчик и/или радиоприемник, использующий технологию, позволяющую с помощью программного обеспечения устанавливать или изменять рабочие радиочастотные параметры, включая, в частности, диапазон частот, тип модуляции или выходную мощность, за исключением изменения рабочих параметров, используемых в ходе обычной предварительно определенной работы с предварительными установками радиоустройства, согласно той или иной спецификации или стандарта системы [1].

Основные направления исследований, проводимых при создании автоматизированной цифровой системы радиосвязи:

комплексный подход при создании, внедрении и эксплуатации перспективных сетей, радиоканалов и комплексов средств радиосвязи;

реализация технологии проектирования, обеспечивающей, в конечном счете, создание сетей, радиоканалов и комплексов средств радиосвязи, устойчиво функционирующих в условиях воздействия различного рода дестабилизирующих факторов;

выполнение не только традиционных требований по созданию «набора» технических средств, объединенных в некую информационно-управляющую сеть, а реализация главной задачи, для которой создается радиоканал или сеть

радиосвязи, а именно – обеспечение надежной, помехоустойчивой, разведзащищенной и непрерывной радиосвязи;

разработка и внедрение методов структурно-параметрического синтеза каналов, приемных, передающих антенно-аппаратурных комплексов и комплексов адаптивной радиосвязи для оснащения приемных (ПРЦ) и передающих (ПДРЦ) радиостанций;

разработка и внедрение технологии обеспечения требуемых тактико-технических характеристик на всех этапах жизненного цикла сетей, каналов, комплексов и средств радиосвязи.

1. Системы (сети, каналы) радиосвязи

Основные направления научных исследований в области радиосвязи должны включать разработку принципов построения систем радиосвязи специального назначения различных уровней применения с целью обеспечения структурной устойчивости сетей радиосвязи к воздействию радиоэлектронного противодействия противника (РЭП) и средств поражения на основе:

сочетания прямых и коммутируемых линий радиосвязи малой и средней протяженности, позволяющих осуществлять передачу информации в обход вышедших из строя узлов и радиолиний из-за воздействия оружия, РЭП и нарушения распространения радиоволн;

комплексного использования радиоспектра в КВ, УКВ диапазонах, позволяющего организовывать радиосвязь с использованием различных механизмов распространения радиоволн – КВ с отражением от ионосферы, – УКВ с отражением от спорадического слоя в условиях невозмущенной среды, а также земными волнами в КВ, УКВ диапазонах.

Достижение помехоустойчивости, помехозащищенности и пропускной способности сетей и каналов должно осуществляться на основе:

многопараметрической адаптации при организации, ведении и восстановлении радиосвязи (по частоте, скорости и режимам передачи, пространственной ориентации диаграмм направленности антенно-фидерных устройств (АФУ));

компенсации мощных непреднамеренных и преднамеренных помех, а также мешающего излучения собственных близкорасположенных радиопередающих устройств (РПДУ);

пакетирования информации и динамической маршрутизации пакетов с учетом информационной нагрузки и условий ведения связи [5, 6];

оптимального сочетания прямого исправления ошибок и процедуры перезапроса ARQ (Automatic Retention Query) при передаче с применением эффективных способов кодирования [5];

контроля связности радиосетей и качества радиолиний на основе когнитивного радио (использования зондирующих и тестовых сигналов, прогнозирования условий

распространения радиоволн, занятости радиочастотного диапазона и оценки сигнально-помеховой обстановки;

использования цифровых методов формирования и обработки перспективных видов спектрально и энергетически эффективных сигналов (выбора оптимальных сигнально-кодовых конструкций), обеспечивающих высокоскоростную передачу данных, при этом не ухудшая параметры помехоустойчивости [5, 6];

функциональной независимости сетей радиосвязи от систем внешней синхронизации (СЕВ, навигационные системы) для обеспечения автономного функционирования в условиях поражения указанных систем с применением эффективных алгоритмов вхождения и поддержания синхронизма на основе высокостабильных генераторов.

При создании систем радиосвязи должна обеспечиваться разработка тактико-технических требований к системам радиосвязи различного назначения, функционирующих в сложных условиях помеховой обстановки, включая воздействие (РЭП), включающих:

общесистемные требования по построению и территориальному развертыванию сетей, каналов и комплексов радиосвязи, в том числе общую характеристику и качественные показатели сетей и каналов;

технические требования взаимодействия сетей радиосвязи с транспортными сетями, сетями доступа, службами предоставления услуг связи, автоматизированной системой управления связью, системой информационной безопасности и обеспечивающими системами (технического обеспечения, энергообеспечения, тактовой сетевой синхронизации, нумерации и адресации) с учетом реализации оперативных требований, предъявляемых Заказчиком.

Моделирование процесса функционирования сетей и каналов радиосвязи, обоснование принципов построения и разработка способов их реализации должны включать:

описание и типовые схемы организации сетей, состав комплексов средств радиосвязи узлов различных рангов;

вопросы обеспечения комплексной информационной безопасности и защиты сетей радиосвязи от технических средств разведок;

предложения по унифицированным стыкам, протоколам и интерфейсам сетевых элементов сетей радиосвязи.

сравнительную оценку эффективности схем (вариантов) организации радиосвязи;

оценку вероятностно-временных характеристик (ВВХ) доведения информации в сетях и каналах радиосвязи в условиях воздействия дестабилизирующих факторов;

разработку программ и методик проведения стендовых и натурных испытаний по проверке соответствия параметров систем (комплексов)

радиосвязи требованиям тактико-технического задания (ТТЗ) на их разработку.

2. Создание узлов и центров радиосвязи

Реализация перехода от традиционного построения радиозузов, главная задача которых состояла в сопряжении необходимого комплекта аппаратуры между собой посредством устройств сопряжения, к разработке перспективной аппаратуры, вбирающей в себя общесистемные функции.

Основные направления научных исследований в области создания узлов и центров радиосвязи должны включать разработку принципов построения радиочастотных центров различного назначения с целью обеспечения:

модульного построения унифицированных радиочастотных центров различных рангов, обеспечивающих наращивания функциональных возможностей путем тиражирования типовых модулей;

группового использования радиосредств вместо существующего их закрепления за радионаправлениями;

цифровых способов автоматического формирования и реконфигурации топологии радиосетей;

сопряжения разнесенных элементов распределенных радиочастотных центров на основе стандартных интерфейсов и современных телекоммуникационных технологий;

обеспечение перехода от взаимодействия по разнородным стыкам (как для линий передачи данных, так и для линий управления) к унифицированному решению на базе одной из спецификаций Ethernet, что позволит существенно упростить задачу сопряжения технических средств и перенести ее из области программно-аппаратных решений в область чисто программных задач, одновременно повысив ее гибкость и масштабируемость [2].

3. Комплексы и средства радиосвязи

Основные направления научных исследований в области создания комплексов и средств радиосвязи должны включать разработку принципов построения радиосредств различного назначения с целью обеспечения:

создания приемных, передающих, антенно-аппаратурных комплексов и комплексов радиочастотного обеспечения;

построения комплексов и средств радиосвязи на основе концепции SDR (Software Defined Radio) и SCR (Software Cognitive Radio), позволяющей в пределах жизненного цикла аппаратной базы развивать функциональность устройств и эффективно использовать радиочастотный спектр на основе совершенствования ПО, обеспечивающего различные, в том числе новые алгоритмы;

создания комплексов и средств радиосвязи, обеспечивающих на программно-аппаратной платформе выполнение сетями радиосвязи функций физического, канального и сетевого уровней, а при управлении функционированием

сети – также транспортного, сеансового, представительного и прикладного уровней.

Основными задачами, решаемыми в ходе научных исследований при создании комплексов и средств радиосвязи в части выполнения функций физического уровня, являются:

формирование спектрально и энергетически эффективных сигналов, включая сигналы с расширенным спектром («быстрая» и «медленная» ППРЧ), шумоподобных сигналов, а также их комбинации;

обеспечение требуемого энергетического радиоканалов путем варьирования частоты, скорости и мощности передачи, в том числе за счет сложения мощностей в передающих антенно-аппаратурных комплексах;

реализация пространственной отстройки диаграмм направленности (ДН) приемных антенно-аппаратурных комплексов (ААК) от направления источников помех, сложение мощностей передающих ААК в пространстве;

обеспечение пространственно-поляризационной компенсации непреднамеренных и преднамеренных помех, а также мешающего излучения собственных близкорасположенных РПДУ [3,4].

Основными научно-техническими задачами при создании комплексов и средств радиосвязи в части выполнения функций канального уровня, являются:

управление частотным и энергетическим ресурсами (адаптация скоростью, мощностью передачи, формой диаграммы направленности антенны);

реализация помехоустойчивого кодирования сигналов на основе двухуровневого кодирования и применения турбокодирования;

обеспечение многостанционного доступа к общему частотно-временному ресурсу сети на основе кодового и частотно-временного разделения.

К основным задачам научных исследований при создании комплексов и средств радиосвязи в части выполнения функций сетевого уровня, относятся:

обеспечение сопряжения с элементами сетевого уровня транспортной сети ОАЦСС;

реализация требуемой надежности обмена служебной информацией управления сетями радиосвязи на основе использования процедур адаптации, маршрутизации и помехоустойчивых сигналов;

комплексное управление частотно-временным и энергетическим ресурсами сети на основе активного и пассивного анализа сигнально-помеховой обстановки, использования результатов долгосрочного и оперативного прогнозирования условий ведения радиосвязи;

обеспечение требуемых ВВХ доведения информации на основе реализации распределенных, многосвязных, динамически управляемых сетевых структур и маршрутизации с

использованием альтернативных обходных путей передачи информации в условиях частичной деградации элементов сети.

4. Антенно-аппаратурные комплексы

Разработка приемных антенно-аппаратурных комплексов обеспечивающих возможность помехоустойчивого приема информации одновременно на нескольких частотах рабочего диапазона от заданного количества территориально разнесенных корреспондентов на основе формирования управляемых пространственных диаграмм направленности специальной формы, реализации требуемых значений чувствительности по электромагнитному полю, живучести и надежности в условиях

воздействия различного рода дестабилизирующих факторов.

Разработка передающих антенно-аппаратурных комплексов модульного принципа построения, обеспечивающих на одной или нескольких частотах рабочего диапазона возможность одновременного или поочередного устойчивого доведения информации территориально разнесенным корреспондентам на основе формирования управляемых диаграмм направленности специальной формы, реализации требуемых значений излучаемой мощности в режиме сложения мощностей в пространстве, живучести и надежности в условиях воздействия различного рода дестабилизирующих факторов [4].

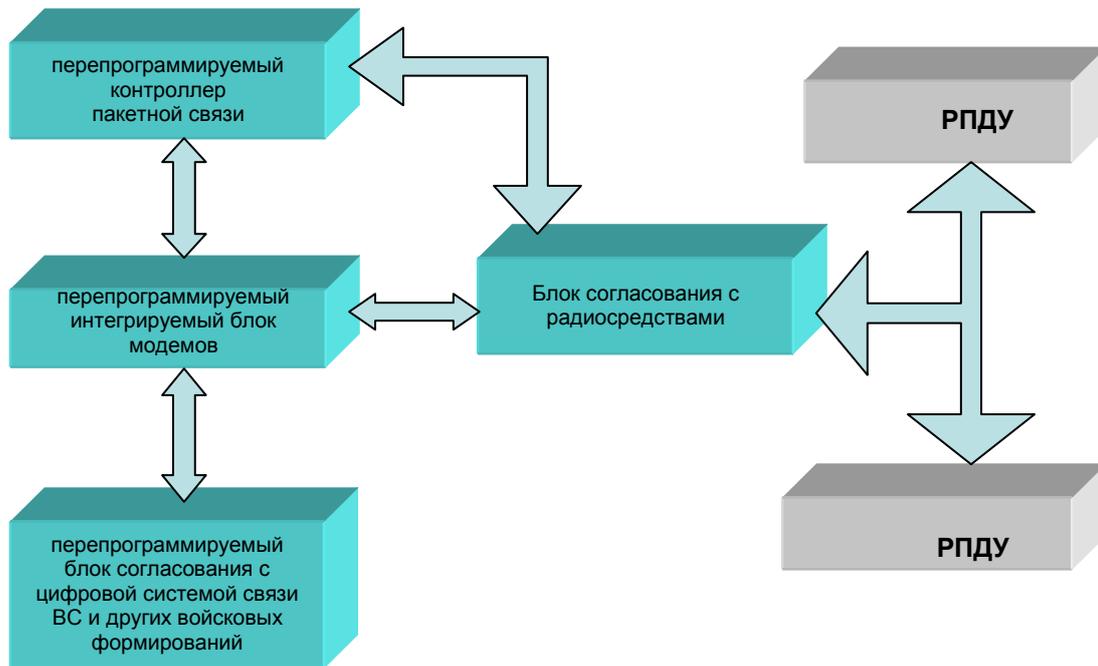


Рис. 1. Вариант состава комплекса адаптивной пакетной радиосвязи, реализующий концепцию SDR

5. Программно-аппаратные комплексы радиопрогнозирования и планирования использования радиочастотного ресурса

При создании программно-аппаратных комплексов радиопрогнозирования и использования радиочастотного ресурса необходимо сосредоточиться на разработке:

автоматизированной сети оперативного радиопрогнозирования;

моделей расчета характеристик распространения радиоволн в КВ диапазоне, в том числе с использованием результатов зондирования ионосферы;

динамических моделей воздействия непреднамеренных и преднамеренных помех;

программно-методического обеспечения для долговременного, краткосрочного и оперативного радиопрогнозирования диапазона применимых частот;

оценке статистических параметров уровней помех в реальном масштабе времени.

При этом осуществляются сравнительная оценка помеховой обстановки по нескольким спискам частот с выдачей рекомендаций о частотах, имеющих наименьший уровень помех, и контроль качества приема на отдельной рабочей частоте для требуемого режима работы.

Реализация диспетчерских функций на радиоприемах информационно-телекоммуникационных узлов связи при назначении рабочих частот радиосвязи, в том числе:

визуальный контроль всего списка резервных частот по их текущему состоянию;

назначение частоты корреспонденту с учетом его диапазона применимых частот по текущему времени и уровню помех;

возвращение частоты (группы частот) в список резервных;

контроль перехода из одного радиосезона в другой.

прием по заданной частотно-временной программе контрольно-маркерных сигналов,

обработка результатов приема и определение диапазонов применимых частот на их основе для использования при сравнении уровней помех на различных частотах;

Отличительные особенности разрабатываемых программно-аппаратных комплексов радиопрогнозирования и планирования использования радиочастотного ресурса:

обеспечение заблаговременной и оперативной оценки характеристик распространения радиоволн и помеховой обстановки;

разработка рекомендаций по назначению рабочих частот, оптимальных как по условиям распространения радиоволн, так и по минимальному уровню помех;

планирование использования радиочастотного ресурса информационно-телекоммуникационными узлами связи;

размещение оборудования не должно приводить к дополнительным капитальным затратам;

обеспечение постоянного и непрерывного контроля помеховой обстановки по нескольким спискам частот;

обеспечение автоматизированного контроля за распределением радиочастотного ресурса;

выдача в реальном масштабе времени рекомендаций по выбору рабочих частот по нескольким критериям;

возможность одновременного использования данных нескольких станций зондирования ионосферы.

Обеспечение устойчивости функционирования каналов и стойкости комплексов средств радиосвязи:

разработка моделей оценки устойчивости функционирования каналов радиосвязи, характеристик распространения радиоволн, и помех различных участков диапазонов волн;

обоснование путей и технических решений по обеспечению стойкости антенно-фидерных устройств и защиты радиоэлектронной аппаратуры от воздействия ЭМИ естественного и искусственного происхождения;

разработка требований к устройствам защиты радиосредств и АФУ от воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ) естественного и искусственного происхождения:

подбор (на основе действующих нормативно-технических документов и литературных источников), анализ и формирование исходных данных по параметрам ЭМИ естественного и искусственного происхождения для разработки требований к устройствам защиты радиосредств и АФУ от воздействия ЭМИ в соответствии с требованиями по стойкости (живучести) объектов применения;

разработка ТЗ на создание устройств защиты радиосредств и АФУ от воздействия ЭМИ естественного и искусственного происхождения.

Проведение расчетной оценки стойкости радиосредств и АФУ к воздействию ЭМИ естественного и искусственного происхождения в

соответствии с требованиями на их разработку (без устройств защиты от воздействия ЭМИ и при их использовании):

проведение расчетной оценки ожидаемых параметров напряжений, токов и энергий, наводимых в антенных устройствах и фидерных трактах ЭМИ естественного и искусственного происхождения;

проведение расчетной оценки стойкости радиосредств, АФУ и устройств защиты при воздействии напряжений, токов и энергий, наводимых в антенных устройствах и фидерных трактах ЭМИ естественного и искусственного происхождения;

разработка предложений по построению схем устройств защиты от воздействия ЭМИ естественного и искусственного происхождения и экспериментальная проверка их радиотехнических параметров (подбор элементной базы, используемой в устройствах защиты от воздействия ЭМИ, с учетом особенностей построения приемного и передающих трактов радиосредств и АФУ и ожидаемых параметров наведенных напряжений, токов и энергий);

разработка предложений по построению схем устройств защиты от воздействия ЭМИ;

экспериментальная проверка соответствия радиотехнических параметров (коэффициента передачи, коэффициента бегущей волны (КБВ), амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик в рабочем диапазоне частот) отдельных блоков, входящих в состав устройств защиты от воздействия ЭМИ, и устройств защиты в целом заданным на их разработку требованиям.

Разработка программ и методик проведения стендовых и натурных испытаний по проверке соответствия параметров устройств защиты от воздействия ЭМИ естественного и искусственного происхождения требованиям ТЗ на их разработку:

разработка программ и методик проведения стендовых и натурных испытаний по проверке соответствия параметров устройств защиты от воздействия ЭМИ требованиям ТЗ на их разработку;

разработка программ и методик проведения стендовых и натурных испытаний по проверке обеспечения требуемой стойкости к воздействию ЭМИ передающих и приемных радиотрактов;

обоснование необходимого состава и конкретных типов контрольно-измерительной аппаратуры для проведения стендовых и натурных испытаний устройств защиты от воздействия ЭМИ;

обоснование необходимого состава и конкретных типов контрольно-измерительной аппаратуры для проведения стендовых и натурных испытаний по проверке обеспечения требуемой стойкости к воздействию ЭМИ передающих и приемных радиотрактов.

Выводы

В статье приведены научнообоснованные направления развития систем (сетей, каналов),

узлов и центров радиосвязи, антенно-аппаратных комплексов, а также рекомендации по созданию программно-аппаратных комплексов радиопрогнозирования и планирования использования радиочастотного ресурса. Предлагаемые решения по системотехнической и технологической реконфигурации существующей системы радиосвязи позволят:

1. Обеспечивать работу в автоматизированных радиосетях в составе стационарных АРЦ ИТУС, а также полевых ИТУС, обеспечивая при этом автоматическое ведение связи.

2. Унифицировать средства и комплексы радиосвязи со средствами связи и автоматизации.

3. Обеспечить совместную (встречную) работу с радиосредствами старого парка, как с стационарными так и полевыми узлами связи пунктов управления;

4. Обеспечить функционирование и управление приёмо-передающих комплексов как непосредственно с аппаратных, так и дистанционно.

5. Обеспечить автоматическую ретрансляцию сигналов в соответствии с адресом корреспондента по выбору оптимального прохождения радиоволн.

6. Построить принципиально новую, распределенного типа и технологически гибкую автоматизированную систему радиосвязи.

Литература

1. Текст Отчета МСЭ-R SM.2152 Дата:19.01.2012.
2. **Савицкий О. К.** Технологические основы модернизации сетей декаметровой радиосвязи в интересах спецпотребителей / О. К. Савицкий, В. А. Мешалкин, А. П. Сухотеплый // Режим доступа : http://mashtab.org/company/massmedia/articles/technological_fundamentals_of_upgrading_decametric_radio_networks_for_the_benefits_of_special_users/
3. **MIL-STD-188-141B.** Interoperability and performance standards for medium and high, frequency radio systems. DOD interface standard. 1 March 1999 / DoD USA. 1999.
4. **Савицкий О. К.** Системотехнические принципы

построения перспективных средств и комплексов радиосвязи специальных сетей / О.К. Савицкий, В.А. Мешалкин, А. П. Сухотеплый // Режим доступа : http://mashtab.org/company/massmedia/articles/sistemotekhnicheskie_principy_postroeniya_perspektivnyh_sredstv_i_kompleksov_radiosvyazi_special_nyh_setej
5. **Кузьмин Б. И.** Концепция построения пакетных радиосетей в диапазоне ДКМВ-МВ // Электросвязь. – 1993. – № 5. С. 11 – 13.
6. **Каплин Е. А.** Принципы построения и основы функционирования пакетных радиосетей в нестационарных средах передачи сообщений // Электросвязь. – 1994. – № 10.

У статті досліджуються питання і напрямки інноваційного підходу до розвитку автоматизованих комплексів та засобів радіозв'язку спеціального призначення. Представлені напрямки та особливості проведення науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт з розробки автоматизованих комплексів та засобів радіозв'язку спеціального призначення. Наведено узагальнений підхід до побудови системи автоматизованого радіозв'язку. Розроблено пропозиції щодо створення та впровадження програмно-апаратних комплексів радіопрогнозування та використання радіочастотного ресурсу.

Ключові слова: комплекси і засоби радіозв'язку, антенно-апаратні комплекси адаптивного радіозв'язку, комплекси радіопрогнозування і планування використання радіочастотного ресурсу.

The article examines issues and trends innovative approach to the development of automated systems and radio communications for special applications. Presents trends and features of the research and development work on the development of automated systems and radio communications for special applications. Is a generalized approach to the construction of an automated radio. The proposals on the creation and implementation of software and hardware radio forecasting and use of the radio resource.

Key words: systems and radio communication equipment, antennas and equipment complexes adaptive radio systems, radio forecasting and planning of radio frequency resource.