АО «Концерн «Созвездие»

СТРАТЕГИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

ДИВИЗИОНА «СВЯЗЬ»

ДО 2035 ГОДА

тезисы докладов
научно-практической
конференции
(г. Воронеж, 22 мая 2025 г.)

2025

АО «Концерн «Созвездие»

Стратегия научно-технического развития Дивизиона «Связь» до 2035 года:

тезисы докладов
научно-практической конференции
(г. Воронеж, 22 мая 2025 г.)

Воронеж
2025

УДК 621.37
ББК 32
С83

С83 Стратегия научно-технического развития Дивизиона «Связь» до 2035 года: тезисы докладов научно-практической конференции (г. Воронеж, 22 мая 2025 г.) / АО «Концерн «Созвездие». – Воронеж: АО «Концерн «Созвездие», 2025. – 113 с.

ISBN 978-5-900777-30-6

Научно-техническое развитие представляет собой непрерывный процесс исследований и разработок по созданию (совершенствованию) научно-технических заделов, материалов, технологий, продукции и услуг в целях интенсификации производства и повышения его эффективности. Состоявшаяся научно-практическая конференция «Стратегия научно-технического развития Дивизиона «Связь» до 2035 года» способствовала определению и актуализации приоритетных направлений и целей исследований и разработок, этапов их проведения и возможных механизмов реализации, оценке ожидаемых результатов, т.е. всех составляющих элементов стратегии процесса научно-технического развития Дивизиона. Представленные участниками конференции тезисы докладов отражают современное состояние научно-технического уровня по направлениям Дивизиона «Связь» ХК (ИС) АО «ОПК». Принятые по результатам конференции решения позволят повысить эффективность исследований и разработок, обеспечивающих научно-техническую и технологическую конкурентоспособность технологий, радиоэлектронной продукции и услуг, ускорить создание и освоение в производстве инновационной высокотехнологичной продукции в отрасли.

УДК 621.37
ББК 32

ISBN 978-5-900777-30-6

© АО «Концерн «Созвездие», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1 СИСТЕМЫ СВЯЗИ ТАКТИЧЕСКОГО ЗВЕНА

Концепция реализации технологии когнитивного радио в комплексах технических средств коротковолнового диапазона
В.Е. Дидрих, М.А. Шелковников 9

Нейроэлектроника – интеллектуальные нейроморфные системы на основе новой электронной компонентной базы
А.А. Самородов 12

Нейросетевой подход к оценке электромагнитной совместимости сложных объектов: основные результаты, перспективы применения
М.Н. Данильченко 14

Прием ШПС ЛЧМ радиосигнала при неизвестных параметрах гауссовой узкополосной помехи
В.К. Маршаков, А.В. Гудков, Н.А. Воеводин, Р.В. Козырев 17

Вероятностная модель радиосигналов
В.В. Евсеев 19

Влияние высокочастотного коммутатора на системные параметры комплекса радиомониторинга
В.М. Балюков 22

Новые средства криптографической защиты информации для ТЗУ ВС РФ
С.А. Букашкин, М.А. Черепнёв 24

СОЗВЕЗДИЕ
КОНЦЕРН

* ПОДСЕКЦИЯ АО «ВНИИ «ВЕГА» ПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ РАДИОСВЯЗЬ

Особенности построения и функционирования сетей мобильной специальной радиосвязи
Ю.В. Белозерцев, А.А. Лукьяненко 28

Обеспечение устойчивости связи БПЛА в условиях воздействия РЭБ
А.И. Лубенский, А.О. Липатов, Д.Г. Пьянин 32

Обеспечение непрерывности связи в сетях мобильной специальной радиосвязи
А.Е. Пьяников, В.А. Терехин, Д.С. Никитенко 35

2 КОМПЛЕКСЫ И СРЕДСТВА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Перспективы развития профессиональной мобильной радиосвязи
С.В. Слипко 38

Обзор инфраструктурного оборудования «Созвездие DMR»
М.А. Евсеев 41

Развитие диспетчерского комплекса «Созвездие DMR»
Ю.А. Булгаков 44

Увеличение дальности связи с помощью радиоудлинителя. Пример системы
В.А. Бокарев 46

Профессиональные аудиоаксессуары для радиостанций производства АО «Концерн «Созвездие»
С.А. Котов 48

Комплексная оценка схем сертификации средств профессиональной радиосвязи DMR для применения на объектах транспортной инфраструктуры в Российской Федерации
Н.Ю. Селиванов 50

Обучение конфигурированию абонентских радиостанций DMR TIER II и TIER III: от описания радиосети к разработке конфигурации
П.Д. Трунов 53

Вопросы практического применения интерфейса Bluetooth в портативных радиостанциях DMR-П
П.Д. Трунов 56

Применение стандартных алгоритмов для защиты от прямого прослушивания радиостанций «Созвездие DMR»
П.Д. Трунов 60

3 СРЕДСТВА СВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Предложения по оценке устойчивости трактов управления в группе для подвижных объектов методом ситуационного анализа
А.В. Яровой, В.Б. Чернышев, В.Р. Азметов 63

Предложения по полунатурному моделированию УКВ радиосвязи между подвижными объектами с использованием ретрансляции сигнала с высокоподнятых антенн по волоконно-оптическим линиям связи
Р.А. Дасаев, В.А. Минко, В.Ю. Иванов, С.В. Мануковский 65

Предложения по повышению разведзащищенности межагрегатной связи пунктов управления РВСН на основе использования оптического канала ультрафиолетового диапазона
Э.В. Агеева, О.А. Кравченко 67

К вопросу оценки характеристик стойкости элементов линий связи на объектах РВСН полунатурным методом
В.А Минко, В.Б Чернышев, О.А. Кравченко 69

Алгоритмы дистанционной диагностики и предсказания помеховой обстановки в условиях динамической флюктуации состояния окружающей среды для средств связи
Д.И. Беликов 71

Предложения по созданию комплектов регламентных средств для обеспечения автоматизированных измерений параметров средств связи
А.С. Путятин 73

Предложения по созданию программно-аппаратного макета отдельных элементов комплекса средств пакетной радиосвязи
С.В. Мануковский, В.И. Галдин, Д.Н. Рахманин, А.В. Гречишкин 75

Перспективная система волоконно-оптической связи и коммутации
А.П. Баранов 78

Разработка макетов малогабаритных радиостанций на основе сигналов с расширенным спектром на современной элементной базе
В.Н. Орлянский, С.А. Постников, Ю.В. Левченко, В.Ю. Лачков, Ю.А. Плахотнюк, А.П. Солодовников, А.В. Самороковский, М.В. Чаусов, К.П. Беспалов 81

Обоснование возможностей повышения разведзащищенности перспективных радиоканалов УКВ диапазона основного тракта в условиях функционирования средств космической РРТР
В.И. Филатов 84

4 КОМПЛЕКСЫ И СРЕДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ

Широкополосная микрополосковая антенна УВЧ диапазона с круговой поляризацией
С.Н. Рожненко, В.А. Дубинкин, И.В. Попов, А.В. Бердышев 86

Научно-технические проблемы радиоразведки и радиоподавления сверхширокополосных радиолиний
К.Д. Титов 89

Система комплексной защиты объектов от БПЛА
Е.Г. Борисов, Е.С. Белов, И.И. Гоцко 91

Формирование и оценка эффективности имитирующего мешающего воздействия на OFDM канал передачи видеоизображения с беспилотного летательного аппарата
К.Ю. Ложкин, А.А. Донцов, Е.Р. Антипенский 93

5 АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТАКТИЧЕСКОГО ЗВЕНА

Состояние и направления развития автоматизированных систем управления в тактическом звене
И.В. Владимиров, Р.А. Быстрых 97

Облик перспективной системы поддержки принятия решений тактического звена
В.В. Фомин 100

Направления развития инфраструктурных элементов единого информационного пространства тактического звена
И.О. Кадовбенко 103

О методе, моделях и методике предикативной обработки и применения цифровых оперативных и боевых документов в автоматизированных системах военного назначения
О.А. Кудренко 105

Система моделирования организационно-технических систем. Направления развития
И.В. Владимиров, А.А. Ерыгин, М.В. Богатырев, С.А. Житенёв 108

Основные направления развития АСУ артиллерии в условиях новых требований к управлению огневым поражением противника и опыта СВО
Н.И. Макогонов 111

1 секция
СИСТЕМЫ СВЯЗИ ТАКТИЧЕСКОГО ЗВЕНА

КОНЦЕПЦИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ КОГНИТИВНОГО РАДИО В КОМПЛЕКСАХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОРОТКОВОЛНОВОГО ДИАПАЗОНА

В.Е. Дидрих, М.А. Шелковников

АО «Тамбовский завод «Октябрь», г. Тамбов

Ключевые слова: когнитивное радио, искусственный интеллект, комплекс технических средств, коротковолновый диапазон, автоматическое адаптивное управление, агентно-ориентированный подход, интеллектуальный агент.

Целью проведения исследований концепции реализации технологий когнитивного радио в комплексах технических средств коротковолнового диапазона является обоснование научно-технических подходов, позволяющих значительно повысить эффективность применения современных и перспективных комплексов технических средств (КТС) коротковолнового (КВ) диапазона за счёт реализации в них автоматического адаптивного управления (ААУ) на основе технологий искусственного интеллекта (ИИ).

В соответствии с определением, приведённым в [1], система когнитивной КВ радиосвязи должна обладать следующими функциональными возможностями [2]:

1. Получать знания о своей среде эксплуатации и географической среде, об установившихся правилах и своём внутреннем состоянии.

2. Динамически и автономно изменять свои эксплуатационные параметры и протоколы, исходя из полученных знаний, для достижения заранее поставленных целей.

3. Учиться на основе полученных результатов.

Перечисленными функциональными возможностями должны обладать системы когнитивного КВ радио, построенные на основе перспективных КТС с ААУ, реализующим алгоритмы ИИ. Первая и вторая функциональные возможности могут быть реализованы на основе известных алгоритмов ИИ (генетических, роя частиц, гравитационных и др.), а третья возможность предпо-

лагает использование машинного обучения (Q-обучения, машины опорных векторов, вывода на основе прецедентов и др.) [2].

Особенности применения системы ААУ КТС КВ диапазона определяют целесообразность её технической реализации в виде программно-аппаратного комплекса (ПАК) на основе агентно-ориентированного подхода в разработке систем с ИИ [3]. Выбор данного подхода в наибольшей степени соответствует специфике решаемой задачи, предполагающей ААУ КТС в динамически изменяющихся условиях КВ радиосвязи. При этом в системе ААУ непосредственно интеллектуальный агент (ИА) может быть реализован как программный объект, который обеспечивает все основные функциональные возможности системы когнитивного радио [4].

Исходя из необходимости реализации функциональных возможностей когнитивного радио предполагается, что структура программной части ПАК системы ААУ КТС КВ диапазона должна включать в себя:

– модуль формирования и хранения данных о среде эксплуатации и географической среде, об установившихся правилах обеспечения связи и своём внутреннем состоянии, который включает в себя набор баз данных (БД) и систему управления БД;

– программный комплекс, объединяющий программы расчёта для формирования на основе имеющихся данных набора знаний, используемых алгоритмами ААУ;

– модуль ИИ, включающий в себя базу знаний (БЗ), систему управления БЗ, непосредственно ИА и программный модуль (ПМ) ААУ КВ радиосредствами, который в соответствии с алгоритмами ААУ формирует управляющие сигналы (команды).

Для обеспечения взаимодействия ПАК ААУ со средой эксплуатации и географической средой, исходя из установившихся правил обеспечения связи и своего внутреннего состояния, его аппаратная часть должна включать в себя:

– системы или устройства определения уровней шумов (помех) и параметров КВ радиолиний;

– систему или устройство функционального и параметрического контроля технического состояния КВ радиосредств;

– блоки формирования и обработки сигналов (команд) ААУ КВ радиосредствами;

– блоки внутреннего (для передачи данных и сигналов в ПАК) и внешнего интерфейсов (для взаимодействия ПАК с элементами системы управления КТС).

С учётом специфики построения КТС КВ диапазона ПАК системы ААУ должен обеспечивать [5]:

– автоматическое управление радиосредствами при работе как в радионаправлениях, так и в радиосетях;

– взаимодействие с различными вариантами аппаратуры адаптивного ведения связи в процессе установления, ведения и восстановления радиосвязи.

Список литературы:

1. Отчёт МСЭ-R SM.2152. Определения системы радиосвязи с программируемыми параметрами (SDR) и системы когнитивного радио (CRS).

2. *Головской В.А.* Математическая модель функционирования когнитивной радиосистемы // Журнал радиоэлектроники. 2024. № 3. С. 1–20.

3. *Ватьян А.С., Гусарова Н.Ф., Добренко Н.В.* Системы искусственного интеллекта. СПб.: Университет ИТМО, 2022. 186 с.

4. ГОСТ Р 59277–2020. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта. М.: Стандартинформ, 2021. 16 с.

5. *Головин О.В., Простов С.П.* Системы и устройства коротковолновой радиосвязи. М.: Горячая линия–Телеком, 2006. 598 с.

НЕЙРОЭЛЕКТРОНИКА – ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ НЕЙРОМОРФНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

А.А. Самородов

АО «Тамбовский завод «Октябрь», г. Тамбов

Ключевые слова: нейроэлектроника, нейроморфные вычислительные системы, мемристоры, когнитивный детектор.

Общие понятия:

Мемристор – пассивный двухполюсный элемент электрических схем, способный изменять своё сопротивление в зависимости от протекшего через него электрического заряда (интеграла тока по времени).

Нейроморфная вычислительная система – программная или аппаратная вычислительная система, имитирующая обработку информации в мозге и нервной системе.

Искусственная нейронная сеть – математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма.

В докладе рассмотрены актуальная ситуация в сфере разработки и производства микросхем на основе технологии мемристоров, а также пример возможного использования данной технологии в качестве когнитивного детектора сигналов.

Согласно оценкам ведущих аналитических компаний, мировой рынок нейроморфных сенсорных и вычислительных систем на новой электронной компонентной базе (ЭКБ) вырастет на 80–105% к 2030 году и составит более 8 млрд долларов США. Такой бурный рост связан со снижением спроса на чипсеты с традиционной архитектурой, а также растущим интересом к технологиям искусственного интеллекта. Ключевые игроки на рынке решений для искусственного интеллекта вкладывают значительные средства в развитие нейроморфных систем, чтобы повысить вычислительные возможности и снизить энергопотребление устройств.

С 2022 года на базе ННГУ реализуется крупный научный проект «Нейроэлектроника – интеллектуальные нейроморфные и нейрогибридные системы на основе новой электронной компонентной базы» в рамках научной программы Наци-

онального центра физики и математики, направление № 9 «Искусственный интеллект и большие данные в технических, промышленных, природных и социальных системах».

К концу 2025 года планируется завершение прикладных научных исследований с созданием макетов микросхем энергонезависимой резистивной памяти RRAM (Resistive Random Access Memory) и программно-аппаратных комплексов нейроморфных вычислительных систем на основе КМОП-интегрированных мемристивных устройств (ячеек RRAM) для организации доступа разработчиков к новому аппаратному обеспечению в областях искусственного интеллекта (ИИ) и нейрогибридных технологий.

Нейроморфные вычислительные системы на базе мемристоров реализуют математическую модель машины Кельвина, что позволяет на порядок повысить скорость проведения вычислений (по сравнению с машиной Неймана), а также увеличить энергоэффективность. Данные характеристики являлись одним из сдерживающих факторов применения технологий ИНС (искусственной нейронной сети) в детекции радиосигналов.

Последние разработки в рамках работ по созданию серийных образцов специализированного аппаратного обеспечения на базе архитектуры и принципов функционирования мозга для массового внедрения технологий ИИ (искусственного интеллекта) позволяют говорить о возможности создания когнитивных детекторов радиосигналов.

Список литературы:

1. *Михайлов А.Н.* Мемристорные микросхемы для технологий нейроморфного интеллекта и робототехники. Доклад на конференцию «Перспективные системы управления РТК», 2025.

НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ: ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

М.Н. Данильченко

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: обучающая выборка, искусственный интеллект, искусственные нейронные сети, нейроклассификатор, кросс-валидация, метрики.

В настоящей работе дается теоретическое обоснование применения нейронных сетей для решения задачи оценки пригодности комплектов рабочих частот типовых объектов полевой системы связи по условиям их электромагнитной совместимости. Проведена сравнительная оценка нейросетевых компонентов для трех типовых объектов относительно применяющихся алгоритмов. Получены относительные показатели по точности и времени исполнения задачи оценки электромагнитной совместимости.

На текущий момент применяются два метода оценки электромагнитной совместимости (ЭМС) [1–3]: точная математическая модель и модель частотных разносов. Преимуществами первой модели являются высокая точность и, как следствие, полнота использования частотного ресурса, но весомым недостатком считают значительные временные затраты на оценку комплекта. Вторая модель имеет относительно высокую скорость оценки и гарантированную ЭМС, но обладает низкой точностью и малой эффективностью использования частотного ресурса. В данной статье предлагается использование аппарата искусственных нейронных сетей для аппроксимации точной математической модели ввиду ряда имеющихся преимуществ. Среди них стоит отметить более высокую скорость работы обученной модели при сохранении уровня точности, соизмеримого с точной моделью, и, как следствие, большую эффективность использования частотного ресурса.

При решении задачи были рассмотрены три типовых объекта полевой системы связи. Объект первого типа имеет в составе 4 радиосредства, второго типа – 7 радиосредств, третьего типа – 9 радиосредств с количеством комбинаций частот в комплекте $2{,}8*10^{14}$, 10^{29}, 10^{32} соответственно. Рассчитанное количество комбинаций и их последующая оценка на предмет при-

годности представляет нетривиальную задачу, сопряженную со значительными временными затратами (десятки лет). В этой связи было решено сформировать оцененную последовательность из $2*10^6$ комплектов с использованием равномерного закона распределения для каждого объекта.

Для оценки данных, используемых для обучения, а также оценки обобщающей способности исследуемых нейросетевых компонентов типовых объектов ПСС была проведена кросс-валидация [4], в частности, использовался метод кросс-валидации по блокам (k-Fold). Выбор метода обусловлен необходимостью получения надежной оценки обобщающей способности модели при ограниченных вычислительных и временных ресурсах. В рамках настоящего исследования для применения выбранного метода кросс-валидации исходные данные (набор векторов, состоящих из радиочастот) были равномерно разделены на 5 частей, при этом четыре использовались для обучения нейросетевого компонента, а оставшаяся часть – в качестве тестовой выборки с последующей оценкой по 6 метрикам ГОСТ [5].

В рамках первого типового объекта использовалась выборка объемом 1735245 векторов, в которой соотношение пригодных и непригодных комплектов частот составляло 4/1. Для второго типового объекта использовалась выборка объемом 1965152 векторов, в которой соотношение пригодных и непригодных комплектов частот составляло 2/1. В рамках третьего типового объекта выборка состояла из 1797081 векторов, в которой соотношение пригодных и непригодных комплектов частот составляло 1/1. В результате отклонение по всем 6 метрикам для вариантов разбиения составило не более 0,001, что подтверждает репрезентативность сформированной выборки.

В результате сравнительной оценки ошибки классификации на валидационной выборке для объектов первого типа лучший результат показала искусственная нейронная сеть с архитектурой (4)-135-67-2. Данная ИНС достигла 0.360, 0.179, 0.181% для общей ошибки, ошибок 1-го и 2-го рода соответственно. Полученные значения лучше значений модели ограничений в 23, 15, 32 раза и на 8.08, 2.53, 5.54% соответственно.

В результате сравнительной оценки ошибки классификации на валидационной выборке для объектов второго типа лучший результат показала искусственная нейронная сеть с архитектурой (7)-247-123-2. Данная ИНС достигла 2.234, 1.014, 1.220% для общей ошибки, ошибок 1-го и 2-го рода соответ-

ственно. Полученные значения лучше значений модели ограничений в 12, 4, 18 раз и на 24.32, 3.25, 21.07% соответственно.

В результате сравнительной оценки ошибки классификации на валидационной выборке лучший результат показала искусственная нейронная сеть с архитектурой (9)-355-177-2. Данная ИНС достигла 1.388, 0.895, 0.492% для общей ошибки, ошибок 1-го и 2-го рода соответственно. Полученные значения лучше значений модели ограничений в 15, 20, 7 раз и на 19.69, 16.59, 3.11% соответственно.

Список литературы:

1. *Бадалов А.Л., Михайлов А.С.* Нормы на параметры электромагнитной совместимости РЭС. Справочник. М.: Радио и связь, 1990.

2. *Князев А.Д.* Элементы теории и практики электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. М.: Радио и связь, 1984.

3. *Альтер Л.Ш., Подманков И.И., Свириденко М.В.* Расчет взаимных помех между проектируемыми и действующими радиосредствами на локальном объекте // T-Comm. 2009. № 1.

4. *Жерон О.* Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем: пер. с англ. СПб.: ООО «Альфа-книга», 2018. 688 с.

5. ГОСТ Р 59898-2021. Оценка качества систем искусственного интеллекта. Общие положения. М.: Стандартинформ, 2021. 1620 с.

ПРИЕМ ШПС ЛЧМ РАДИОСИГНАЛА ПРИ НЕИЗВЕСТНЫХ ПАРАМЕТРАХ ГАУССОВОЙ УЗКОПОЛОСНОЙ ПОМЕХИ

В.К. Маршаков[1], А.В. Гудков[2], Н.А. Воеводин[2], Р.В. Козырев[2]

[1]Воронежский государственный университет, г. Воронеж
[2]АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: широкополосный сигнал, сигнал с ЛЧМ, гауссова узкополосная помеха, оптимальный прием, априорная неопределенность, отношение сигнал/шум + помеха.

Рассмотрено влияние узкополосной гауссовой помехи на отношение сигнал/шум + помеха на выходе квазиоптимального фильтра, характеристики которого определяются предполагаемыми значениями параметров помехи. Анализ отношения сигнал/шум + помеха при различных расстройках по предполагаемым и их действительным значениям параметров помехи позволяет сформулировать требования к максимальным расстройкам в различных помехо-сигнальных ситуациях.

На основе анализа отношения сигнал/шум + помеха на выходе квазиоптимального фильтра для сигналов ЛЧМ с большой базой показано, что даже при незнании всех параметров статистического описания узкополосных помех применение квазиоптимальных фильтров может быть более целесообразно, чем использование согласованного фильтра. Конечно, при этом для обеспечения заданной помехоустойчивости приёма необходимо задать определённый уровень рассогласования предполагаемых и истинных значений параметров помех.

Список литературы:

1. *Борисов В.И., Зинчук В.М., Лимарев А.Е., Мухин Н.П., Нахмансон Г.С.* Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов модуляцией несущей псевдослучайной последовательностью // Под ред. В.И. Борисова. М.: Радио и связь, 2003. 640 с.

2. *Радзиевский В.Г., Сирота А.А.* Теоретические основы радиоэлектронной разведки. 2-е изд., испр. и доп. М.: Радиотехника, 2004. 432 с.

3. *Ren J., Xu K.* Simulation and Analysis on Anti-interference of LoRa Modulation Signal // 2022 IEEE 5th Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC). 2022. Pp. 1911–1915. doi: 10.1109/IMCEC55388.2022.10019982.

4. *Тихонов В.И.* Оптимальный прием сигналов. М.: Радио и связь, 1983. 320 с.

5. *Артемов М.Л., Афанасьев О.В., Сличенко М.П., Ильин М.Ю., Артемова Е.С.* Способ адаптивного многоканального обнаружения радиосигналов в условиях помех с неизвестными параметрами. Патент РФ 2768217 С1. Заявл. 23.06.2021. Опубл. 23.03.2022.

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ РАДИОСИГНАЛОВ

В.В. Евсеев

ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж

Ключевые слова: радиосигнал, плотность вероятности, импульсный процесс, шумовой процесс, узкополосный процесс, аппроксимация.

Во многих задачах статистической теории приема любые радиосигналы в общем случае рассматриваются как сумма трех основных компонент: непрерывного шумового, узкополосного и импульсного процессов [1]. В этом случае суммарный радиосигнал как функция времени может быть представлен в виде

$$x(t) = n(t) + r(t) + \eta(t), \qquad (1)$$

где $n(t)$, $r(t)$, $\eta(t)$ – функции времени, обозначающие соответственно шумовую, узкополосную и импульсную составляющие. Данные процессы, как в отдельности, так и в виде суммы (1), в различных радиотехнических системах могут выступать и как помехи, и как полезные сигналы. В работе на основе известных вероятностных моделей шумовой, импульсной и узкополосной составляющих в виде одномерных плотностей вероятностей (ПВ) огибающей получена одномерная ПВ огибающей суммарного процесса (1). Из-за сложности аналитического выражения полученной ПВ была рассмотрена возможность его аппроксимации для практического использования более простой вероятностной модели, в частности трехпараметрической ПВ вида

$$p(\mu) = \frac{|c|\mu^{\alpha c-1}}{\Gamma(\alpha)\beta^{\alpha c}} \exp\left(-\frac{\mu^c}{\beta^c}\right), \qquad (2)$$

где $\alpha > 0$, $c \neq 0$ – параметры формы; $\beta > 0$ – параметр масштаба; $\Gamma(z)$ – гамма-функция.

Результаты аппроксимации позволяют использовать на практике ПВ (2) без существенной потери информации, поэтому ПВ (3) может быть использована в качестве вероятностной модели огибающей радиосигнала вида (1). С использованием известного соотношения вида [2] $p(x) = \frac{1}{\pi}\int_0^\infty p(|x|ch\, y)dy$, где $p(\mu)$ –

одномерная ПВ огибающей, определена одномерная ПВ величины x в виде

$$p(x) = \frac{|c|}{\Gamma(\alpha)\beta^{\alpha c}} \int_0^{\infty} \left(|x| ch\ y\right)^{\alpha c - 1} \exp\left(-\frac{\left(|x| ch\ y\right)^c}{\beta^c} \right) dy\ . \qquad (3)$$

ПВ (3) при различных значениях параметров позволяет получить кривые с различной формой вершины, в том числе и бимодальной, что соответствует представлению радиосигналов различных типов, а именно узкополосных, шумовых и импульсных. Поэтому оценивание параметров ПВ (2) на практике позволяет производить идентификацию типов действующих радиосигналов. Поскольку интеграл в выражении (3) в явном виде получить затруднительно, была рассмотрена возможность аппроксимации (3) более простыми аналитическими выражениями. Применены два варианта аппроксимации. При первом варианте в качестве аппроксимирующей используется трехпараметрическая ПВ вида

$$p(x) = \frac{v\sqrt{\lambda}}{2K_{и}} \exp\left(-\lambda^{v} |x|^{2v} - m\lambda^{\frac{v}{2}} |x|^{v} \right), \qquad (4)$$

где $K_{и} = \int_0^{\infty} y^{\frac{1}{v}-1} \exp(-y^2 - my) dy$ – коэффициент нормировки; $-\infty < m < \infty$, $v > 0$ – параметры формы; $\lambda > 0$ – параметр масштаба. Во втором варианте для аппроксимации применены три разных ПВ – гауссовская и ПВ вида

$$p(x) = \frac{ch(b\ x)}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{sh(b\ x)^2}{2b^2\sigma^2} \right], \qquad (5)$$

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma\sqrt{b^2x^2 + 1}} \exp\left[-\frac{Arsh(b\ x)^2}{2b^2\sigma^2} \right], \qquad (6)$$

полученные путем функционального преобразования гауссовской ПВ. При этом гауссовская ПВ совпадает по форме кривой с ПВ (3) при значениях параметров формы $\alpha = 1$, $c = 2$, что соответствует шумовому сигналу; ПВ (5) аппроксимирует ПВ (3) при кривой с плоской вершиной либо бимодальной формы, что соответствует описанию узкополосных сигналов; ПВ (6) аппрок-

симирует ПВ (3), когда вершина кривой вытянута вверх, что соответствует представлению импульсных сигналов. Установлено, что точность аппроксимации во втором варианте выше, чем в первом. При этом в обоих случаях точность аппроксимации оказывается удовлетворительной в плане использования на практике аппроксимирующих распределений вместо ПВ (3).

Таким образом, в работе предложены к использованию вероятностные модели в виде ПВ огибающей (2), а также ПВ мгновенных значений вида (4) либо (5) и (6), которые сочетают в себе простоту и универсальность в плане возможностей по вероятностному представлению сложной сигнальной обстановки в радиоканалах. Данные вероятностные модели могут использоваться для оценивания помехоустойчивости радиоканалов, а также синтеза алгоритмов обработки сигналов в приемных устройствах радиоканалов, функционирующих в сложной сигнально-помеховой обстановке.

Список литературы:

1. *Колданов А.П.* Построение устойчивых алгоритмов распознавания помех // Радиотехника. 2001. № 9. С. 17–20.

2. *Тихонов В.И.* Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982. 624 с.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО КОММУТАТОРА НА СИСТЕМНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОМПЛЕКСА РАДИОМОНИТОРИНГА

В.М. Балюков

АО НПЦ «ЭЛВИС», г. Москва

Цифровая профессиональная подвижная радиосвязь (ЦППР) играет жизненно важную роль в повседневной деятельности различных предприятий, включая коммерческие, аварийно-спасательные службы, транспорт и другие отрасли.

К основным компонентам существующей системы ЦППР как аппаратно-программного комплекса можно отнести:

1. Абонентское оборудование (абонентские терминалы различного исполнения и назначения).

2. Базовую радиоинфраструктуру (базовые станции – транкинговые и конвенциональные, ретрансляторы, обеспечивающие физический и канальный уровни протоколов радиоинтерфейса).

3. Ядро ЦППР (обеспечивает управление базовой радиоинфраструктурой, коммутацию и маршрутизацию передаваемых между абонентскими терминалами и компонентами системы данных, регистрацию, аутентификацию и другие сервисы для абонентских терминалов).

4. Сервисные приложения (реализованные на базе физических или виртуальных ресурсов).

Известно, что одним из существенных недостатков радиосвязи является ее уязвимость к радиопомехам, т.к. помехи могут серьезно снизить качество приема и обработки информации вплоть до полной потери связи.

В целях обеспечения устойчивой работы сетей ЦППР предлагается использовать аппаратно-программный комплекс (подсистему) радиомониторинга и обеспечения функционирования сети ЦППР.

Данный комплекс (подсистему) радиомониторинга можно рассмотреть как направление перспективного развития систем ЦППР.

В комплексах радиомониторинга используются приемопеленгаторные антенные радиоблоки. В составе таких блоков для формирования диаграмм направленности антенных систем используются высокочастотные коммутаторы сигналов.

Для радиопеленгации предъявляются требования к развязке (изоляции) каналов в высокочастотном коммутаторе, которые зависят от точности подсистемы, метода пеленгации и рабочего диапазона частот.

Рекомендуемыми значениями развязки каналов высокочастотного коммутатора являются 40–50 дБ, а оптимальными – 50–60 дБ.

В ходе экспериментальных работ были проверены различные высокочастотные коммутаторы, которые широко представлены на рынке коммерческих изделий. В результате проведенных измерений параметров таких коммутаторов пришли к выводу, что развязка каналов у них не превышает следующие значения: в диапазоне частот до 1000 МГц составляет 20–30 дБ, в диапазоне частот 1000–3000 МГц составляет 15–20 дБ, а в диапазоне частот 3000–6000 МГц развязка каналов не превосходит 7–9 дБ.

Подобные низкие значения развязки каналов приводят к сильной изрезанности диаграмм направленности приемо-пеленгаторных антенн.

В целях реализации программно-аппаратных средств, в состав которых входят пеленгационные устройства, АО НПЦ «ЭЛВИС» разработало собственные высокочастотные коммутаторы сигналов. Основными параметрами разработанных коммутаторов являются следующие: потери в открытом канале не превышают 1,5–2 дБ, а развязка каналов – не менее 40–60 дБ во всем диапазоне рабочих частот (от 1000 до 6000 МГц).

НОВЫЕ СРЕДСТВА КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ТЗУ ВС РФ

С.А. Букашкин, М.А. Черепнёв

АО «Концерн «Автоматика», г. Москва

Ключевые слова: криптография, шифрование, защита информации, одноранговые сети, децентрализованные системы, цифровая подпись, распределение ключей, аутентификация.

Целью работы является анализ слабостей протоколов защиты информации в ТЗУ ВС РФ и разработка предложений по её усовершенствованию. Научная новизна состоит в разработке новых протоколов децентрализованной криптографии, позволяющих понизить нагрузку на центральный узел и повысить функциональность и стойкость в работе сети в целом.

Для сетей связи тактического звена предложена система защищенной связи на основе одноранговой mesh-сети. В этом случае совокупная цена оборудования становится значительно меньше, а сама сеть надежнее. При этом уничтожение узлов связи одноранговой сети становится неэффективным с точки зрения противника, так как не наносит ущерба работе связи.

Важным свойством надежных систем защиты информации является теоретико-информационный характер стойкости.

Децентрализованное шифрование на основе разделения шифр-текста на пороговой схеме с последующей рассылкой разными маршрутами через списки доверия. Проверка совпадения на получателе. Если противнику удается перехватить не все используемые строки, то он получает лишь случайную строку. То есть в этом случае имеется теоретически не дешифруемый протокол.

Для повышения стойкости с помощью программно-конфигурируемых сетей можно предусмотреть, чтобы указанные выше маршруты передачи отдельных строк не пересекались, а также распределить пересылку по времени, по частотным диапазонам, по различным сетям, с использованием ранее пересланных кому-то случайных строк или зашифрованных строк секретной информации, псевдослучайных строк, полу-

ченных на основе общего секретного ключа, и т.д. То есть часть строк может вообще не передаваться, а быть общим секретом.

Сетевое распределение ключа. Если в указанном выше протоколе на отправителе и получателе взять хеш-функцию от выбранных строк, то получится общий секретный ключ. Для подтверждения его успешной передачи получатель может зашифровать свое имя и время получения и отправить обратно отправителю. Отправитель, расшифровав это сообщение, убедится, что ключ работает. Для борьбы с возможностью блокировки части каналов можно использовать, например, пороговую схему Асмута–Блома, которая позволяет по любой части передаваемых строк, состоящей из достаточного их числа (скажем, половины), восстановить передаваемую информацию.

Децентрализованная аутентификация. Является другим способом увеличения стойкости криптопротоколов, не прибегая к трудно решаемым математическим задачам: это оцифровка физической аутентификации. При этом для получения объективной оцифрованной информации можно эффективно использовать клавиатуру, микрофон, а также квантовые сенсоры [1] (датчики движения, анализаторы химических событий, точечные термометры, атомные часы и т.д.). Данные с этих устройств (см. например [2]), подписанные секретным ключом абонента и снабженные меткой времени (которую нельзя модифицировать незаметно) и открытым ключом, могут составить портрет абонента, достаточный для его (или его открытого ключа) автоматической аутентификации (динамическая аутентификация). Естественно, чем больше различных способов анализа состояния абонента, тем более стойкая аутентификация может быть построена с их использованием. Повторному использованию аутентифицирующей информации помешают метки времени, которые нельзя модифицировать незаметно (защищенные метки времени).

Доверие в сети может распространяться и с помощью непосредственно физической аутентификации, поддержанной в течение некоторого периода метками времени. Распространение информации в сети при помощи правила «рукопожатий» позволит охватить всех.

Объективное наблюдение за абонентом со стороны нескольких «доверенных» абонентов. Одиночного абонента труднее аутентифицировать. А вот если у него имеется доверенное окружение (например, имеющее с ним общие секретные ключи, находящееся с ним в постоянном контакте, на прямой видимости и т.д.), то подтверждающая информация от разных членов окружения подтверждает аутентификацию абонента (коллективная аутентификация).

Постоянный автоконтакт, обеспечивающий поддержку непрерывной аутентификации, также повышает стойкость. Это оцифровка обычного протокола переклички на поверке в воинских частях или переклички «Ау» в условиях ограниченной видимости. В этом случае по голосу (а в нашем случае могут быть использованы и другие, в том числе квантовые и нанодатчики [1]) можно не только аутентифицировать абонента, но и узнать его статус.

Отметим еще важную особенность рассматриваемого подхода. Если абонент пересылает (и получает) передающему устройству информацию в зашифрованном виде, то такая система остается стойкой при использовании любого иностранного оборудования и программного обеспечения с единственным условием выполнения транспортной функции. Поэтому использование для пересылки зашифрованных сообщений оборудования разных производителей одновременно с проверкой совпадения передаваемого сообщения на получателе повышает стойкость. Предварительное зашифрование и расшифрование должны производиться на отечественном доверенном оборудовании (индивидуальном шифраторе).

Децентрализованная криптография во многом приходит на смену криптографии двусторонних протоколов. Новые направления в криптографии, уже используемые в таких технологиях, как «блокчейн», могут быть расширены для применения в системах защиты сетевого взаимодействия. При этом стойкость может возрастать с ростом количества абонентов в сети и выходить на теоретико-информационный уровень. Эта стойкость может не зависеть от оборудования, используемого для работы в сети. Перегрузки центральных узлов и атаки на них в децентрализованных сетях отсутствуют. Кроме того, такие решения поз-

воляют получить ранее невыполнимые свойства: противодействие атакам типа «человек посередине», удаленная аутентификация незнакомых абонентов, невозможность блокировки отдельных абонентов, определение статуса «доверенный свой», определение режима «работа под контролем» и т.д.

Список литературы:

1. *Букашкин С.А., Черепнев М.А.* Квантовые устройства в криптографии // INJOIT. 2023. Vol. 11, No. 1. Pp. 104–108.

2. *Букашкин С.А., Черепнев М.А.* Принцип децентрализации в системах защищенной связи // Сборник материалов XIII межведомственной научной конференции «Актуальные направления развития систем обеспечения безопасности объектов государственной охраны и охраняемых объектов, специальной связи для нужд органов государственной власти и специального информационного обеспечения государственных органов». Орел, 2023.

ПОДСЕКЦИЯ АО «ВНИИ «ВЕГА»
ПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ РАДИОСВЯЗЬ

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Ю.В. Белозерцев, А.А. Лукьяненко

АО «ВНИИ «Вега», г. Воронеж

Ключевые слова: автоматизированная система управления, подсистема радиоподвижной связи, сеть общего пользования.

Краткий обзор существующей подсистемы специальной радиоподвижной связи

Подсистема специальной радиоподвижной связи предназначена для обеспечения надежной и бесперебойной связи между абонентскими комплексами подвижных и стационарных объектов специальной автоматизированной системы управления (АСУ). Подсистема радиоподвижной связи является транспортной сетью для передачи информации в АСУ при нахождении абонентов в любой точке территории России и за рубежом в условиях применения противником средств радиоэлектронного подавления в любых условиях обстановки.

Находящаяся в эксплуатации подсистема радиоподвижной связи (РПС), являющаяся составной частью специальной АСУ, успешно выполняет свои задачи по предоставлению надежных и бесперебойных каналов связи для обеспечения информационного обмена абонентских комплексов, размещаемых на подвижных объектах.

Архитектура подсистемы радиоподвижной связи представляет собой звездообразную структуру с единым центром управления, который имеет 100% резервирование. Управление средствами радиоподвижной связи осуществляет интегральный коммутатор радиосети, который использует для связи с радиоцентрами арендованные и собственные телекоммуникационные линии E1 или оптические каналы. Для связи с удаленными радиоцентрами используются как оптические ка-

налы и Е1, а так и спутниковые и радиорелейные линии связи. Для обеспечения связи с абонентскими комплексами за рубежом используются также ведомственные каналы связи. Основными скоростями передачи информации являются 4,8 кбит/с для телефонной информации и 1,2 кбит/с – для телекодовой информации.

Отличительной особенностью сетей мобильной специальной радиосвязи является наличие большого числа вариантов исполнения абонентских комплексов в зависимости от мест их размещения и особенностей эксплуатационного процесса. Так, абонентские комплексы имеют следующие варианты размещения:

– большой подвижный объект (вагон, корабль, самолет);
– малый подвижный объект (автомобиль, катер, вертолет);
– место временного пребывания;
– место постоянного пребывания.

Особенности модернизируемой подсистемы специальной радиоподвижной связи

Развитие функциональных возможностей абонентских комплексов специальной АСУ предъявляет к подсистеме радиоподвижной связи новые требования по предоставлению каналов связи, которые могут быть решены только на основе современных телекоммуникационных технологий. К таким требованиям относятся:

– повышение скорости информационного обмена абонентских комплексов до 12,65 кбит/с;

– повышение надежности и бесперебойности предоставляемых каналов связи за счет перехода на пакетный режим передачи информации;

– полное использование ресурсов сетей доступа, в том числе ведомственных и общего пользования;

– интеллектуальные средства мониторинга состояния и качества каналов связи и технических средств подсистемы радиоподвижной связи;

– использование при установлении соединения каналов различной физической природы;

– полное географическое покрытие зоны обслуживания абонентских комплексов в стране и за рубежом.

Задача повышения скорости информационного обмена абонентских комплексов по радиоканалу до 12,65 кбит/с решается за счет применения новых сигнально-кодовых конструкций, основанных на придании схемам модуляции PSK свойств непрерывности фазы, что позволяет использовать многоточечную сигнально-кодовую конструкцию на фазовой плоскости и повысить плотность модуляции на один символ.

Переход на пакетный режим передачи информации позволяет повысить надежность и бесперебойность предоставляемых каналов связи относительно существующих синхронных каналов.

Требования, предъявляемые к перспективной подсистеме радиоподвижной связи следующего поколения

Подсистема радиоподвижной связи следующего поколения также должна обеспечивать полное географическое покрытие зоны обслуживания и предоставлять каналы связи как в стране, так и за рубежом. Решение этой задачи будет обеспечиваться за счет использования в составе технических средств, во-первых, технологий беспроводного доступа 3G/4G для работы в сетях конфиденциальных операторов и сетей общего пользования, а во-вторых, абонентских спутниковых терминалов, а также спутниковых каналов ведомственных и общего пользования.

Для повышения надежности предоставления информационного канала подсистемы радиоподвижной связи будет применяться принцип использования каналов связи различной физической природы. К таким каналам будут относиться:

– узкополосные УКВ каналы,

– помехозащищенные УКВ каналы с расширением спектра,

– КВ каналы,

– радиосредства, работающие в частотных диапазонах ведомственных сетей связи,

– ресурсы сетей общего пользования,

– каналы с рассеянием УФ диапазона.

Использование каналов различной физической природы позволяет организовать параллельную передачу информации по нескольким каналам связи, одним из которых является узкополосный УКВ канал, а другой любой из вышеперечисленных – с дальнейшим адаптивным выбором канала, в наибольшей степени отвечающего требованиям достоверности информации.

Для обеспечения алгоритмического взаимодействия с сетями общего пользования в технических средствах подсистемы радиоподвижной связи и пешей связи будут использоваться протоколы IP-стека, которые позволяют передавать информацию абонентских терминалов за счет инкапсуляции в поле данных IP-пакетов. На центральном пункте маршрутизации и коммутации будет реализована стационарная часть для взаимодействия с сетями общего пользования по IP-протоколам.

Реализация рассмотренных системно-технических решений и телекоммуникационных технологий позволит предоставить абоненту необходимый информационный трафик, повысить надежность и бесперебойность предоставляемых каналов связи.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СВЯЗИ БПЛА В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ РЭБ

А.И. Лубенский, А.О. Липатов, Д.Г. Пьянин

АО «ВНИИ «Вега», г. Воронеж

Ключевые слова: БПЛА, канал управления, канал передачи данных, доступ в канал, задержка передачи данных, скорость передачи данных, широкополосный сигнал, COFDM.

В настоящее время в вооруженных силах РФ получила бурное развитие беспилотная авиация за счет расширения сферы применения в условиях современных боевых действий.

Нами выработаны требования к аппаратуре связи для повышения устойчивости связи в условиях воздействия РЭБ, а именно:

– применение в канале управления сигнально-кодовой конструкции (СКК), обеспечивающей работу с большим запасом помехоустойчивости, а также алгоритмами адаптации по частоте;

– применение алгоритмов адаптации скорости передачи данных как каналов управления, так и видеотелеметрии;

– широкий диапазон рабочих частот;

– наличие резервного канала управления;

– обеспечение ретрансляции каналов управления (КУ) и видеотелеметрии;

– адресное управление с одного НПУ группой БПЛА.

АО «ВНИИ «Вега» в настоящее время выполняет работу по созданию комплекса средств радиосвязи для организации помехозащищенного канала связи беспилотного летательного аппарата с наземным пунктом управления, шифр «Салют».

Выбор СКК для каналов управления и передачи данных

При построении канала управления основной задачей является обеспечение устойчивости к воздействию узкополосных помех, которая решается разработкой сигнально-кодовой конструкции (СКК), обеспечивающей большой запас помехоустойчивости, а также алгоритмами адаптации по частоте [1].

В комплексе средств связи «Салют» будет использоваться СКК конструкция с прямым расширением спектра базой 31 и модуляцией QPSK. Также будет применен каскад помехоустой-

чивого кодирования из свёрточного со степенью 1/2 и блочного Рида–Соломона с избыточностью 10%.

Модуляция QPSK выбрана ввиду высокой помехоустойчивости по сравнению с модуляциями более высокого порядка – QAM 8, QAM 16 – и требует ОСШ 13 дБ при вероятности битовой ошибке 10^{-5}.

Прямое расширение спектра базой 31 обеспечивает преодоление высоких уровней интерференции, возникающих при передаче информации через каналы с замираниями, а также уменьшение ОСШ при приеме сигнала на фоне аддитивного белого гауссовского шума на 14,9 дБ. Применение большей базы сигнала при скорости передачи 150 Кб/с затруднительно ввиду значительного увеличения занимаемой полосы частот.

Применение каскада помехоустойчивого кодирования дает дополнительный выигрыш обработки в 5 дБ при вероятности битовой ошибки 10^{-5}.

Представленная СКК позволяет достичь ОСШ минус 9,9 дБ на входе радиомодема, ширина полосы сигнала с учетом накладных расходов канального уровня составляет 7,5–15 МГц, а расчетная чувствительность составляет минус 110 дБм.

СКК канала передачи информации должна обеспечивать высокую скорость передачи данных на большие расстояния. Применение простых видов модуляции на скоростях передачи данных 10 Мб/с и расстоянии 100 км неэффективны ввиду сильной межсимвольной интерференции [2].

Так в комплексе средств связи «Салют» для обеспечения максимальной спектральной и энергетической эффективности в канале передачи данных применен COFDM с модуляцией QPSK на поднесущих, а также каскад помехоустойчивого кодирования, состоящий из блочного кодирования Рида–Соломона с избыточностью 10% и сверточного кода со степенью 1/2.

Применение COFDM позволяет эффективно устранить межсимвольную интерференцию, а также обеспечивает высокую спектральную эффективность за счет ортогонального частотного мультиплексирования.

Модуляция поднесущих QPSK аналогично КУ выбрана из соображений высокой помехоустойчивости. И в совокупности с каскадом помехоустойчивого кодирования обеспечивается ОСШ 4 дБ при вероятности битовой ошибки 10^{-5}.

Алгоритмы повышения устойчивости связи в условиях воздействия РЭБ. Описание алгоритма адаптации по частоте

Адаптация по частоте производится по результатам оценки текущего ОСШ, пропуска пакетов и анализа радиоэфира. При превышении порога любого параметра частота изменяется на частоту с наименьшим уровнем спектральной плотности мощности шума в рабочем диапазоне. ОСШ и пропуски пакетов оцениваются непрерывно. А анализ радиоэфира производится периодически по следующему алгоритму. В соответствии с заданным интервалом времени радиомодем наземного пункта управления (НПУ) отправляет пакет радиомодему БПЛА для переключения в режим анализа радиоэфира, при этом передача данных отключается. В течение 150 мс радиомодемы анализируют радиоэфир, перестраивая частоту по всему рабочему диапазону. Спектральная плотность мощности шума вычисляется БПФ по полосе 40 МГц. Результаты измерений на БПЛА в служебной части пакета передаются на НПУ.

Механизм адаптации скорости передачи данных

По умолчанию скорости передачи данных КУ и видеотелеметрии максимальные. Скорость передачи данных понижается только в случае высокого уровня помех во всем рабочем диапазоне частот, т.е. когда адаптацией по частоте невозможно обеспечить приемлемого качества канала.

Адаптация мощности излучения НПУ

Адаптация мощности излучения НПУ производится с целью уменьшения вероятности обнаружения местоположения НПУ. По умолчанию мощность установлена максимальная – 1 Вт. В процессе работы радиомодем БПЛА производит оценку ОСШ, результат в служебной части пакета передается на НПУ. НПУ при необходимости производит снижение мощности излучения до приемлемой величины ОСШ на БПЛА.

Список литературы:

1. *Артемов М.Л., Борисов В.И., Маковий В.А., Сличенко М.П.* Автоматизированные системы управления, радиосвязи и радиоэлектронной борьбы. Основы теории и принципы построения. Монография / Под ред. М.Л. Артемова. М.: Радиотехника, 2021. 556 с.

2. *Скляр Б.* Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. М.: Вильямс, 2003. 1104 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕПРЕРЫВНОСТИ СВЯЗИ В СЕТЯХ МОБИЛЬНОЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ

А.Е. Пьяников, В.А. Терехин, Д.С. Никитенко

АО «ВНИИ «Вега», г. Воронеж

Ключевые слова: система мобильной связи, радиоцентр, одноканальная базовая станция, абонентская станция, маркер, частота.

В настоящее время актуальной задачей является поддержание непрерывности обмена информацией между абонентами в системах мобильной специальной радиосвязи при перемещении из зоны действия одного радиоцентра (РЦ) в зону действия другого.

Предложен алгоритм перехода в зону действия другого радиоцентра, основанный на переключении частот по вспомогательным данным от дополнительных радиоустройств, осуществляющих мониторинг состояния радиоэфира на всех используемых в сети радиоцентрах. Также предложен алгоритм управления приоритетами выбора радиооборудования, который позволяет эффективно управлять частотным ресурсом и обеспечивать стабильное качество связи.

Основные принципы построения сети мобильной специальной радиосвязи

Предлагаемая система мобильной связи [1] ограниченного числа абонентов может быть построена на одноканальных базовых радиостанциях (БС), связанных с пунктом управления каналом тональной частоты.

Для обеспечения безусловного предоставления связи абоненту во всей зоне действия системы мобильной связи, после выхода на связь абонентской станции под нее выделяется отдельный радиоканал. При этом все базовые станции, находящиеся на этом канале, переключаются на другой канал при наличии либо переходят в режим дежурного приема (выключают передатчики). Таким образом, максимальное количество абонентов определяется количеством радиоканалов, поддерживаемых приемником радиомониторинга (достаточно от 40 до 50 каналов).

Разработанный алгоритм обеспечивает работу мобильной сети при выходе абонента на связь, уходе абонента со связи и переходе абонента с одного РЦ на другой.

Для формализации алгоритма сети мобильной специальной радиосвязи представляются как совокупность групп и подгрупп.

Группа – это совокупность РЦ, на которых можно излучать одинаковую радиочастоту. То есть они не имеют пересечения зон покрытия.

Подгруппа – это совокупность БС, на которых можно излучать одинаковую радиочастоту, при том что от одного РЦ в подгруппу входит только один БС. Один РЦ может входить в несколько подгрупп.

Все БС, которые в первичном состоянии находятся в режиме излучения, являются основными БС, а которые находятся в дежурном режиме являются резервными БС. Резервные БС используются для поддержания заданного количества маркируемых каналов на РЦ, а также для переезда абонента из одной группы в другую без переключения каналов.

Алгоритм выхода абонента на связь, переход абонента с одного РЦ на другой и уход абонента со связи изложены в работе «Алгоритм переключения частот между базовыми станциями в системе мобильной связи для обеспечения непрерывности связи» [2].

Использование специальной аппаратуры в качестве пользовательского оборудования накладывает требования непрерывности информационного потока при переходе из зоны действия одного радиоцентра в зону действия другого радиоцентра. В случае невыполнения этого требования, синхронизация между специальными аппаратами нарушается и происходит разрыв информационного соединения, что неприемлемо для функционирования специальных сетей.

Решение задачи основано на переходе от непрерывного обмена информацией к пакетному режиму. Пакетный режим позволяет параллельно принимать информационные пакеты на обоих радиоцентрах, участвующих в соединениях, и переходить к новому радиоцентру с сохранением синхронизации между специальными аппаратами. Синхронность обеспечивается введением в структуру пакетов условных номеров пакетов, которые анализируются радиоцентрами и используются для перехода из режима приема в режим передачи на новом

радиоцентре и из режима передачи в режим приема – на старом радиоцентре.

Таким образом, информационный поток, представленный в непрерывном виде, абонентские и базовые радиоцентры должны будут преобразовывать в пакетный вид, и непосредственно в радиосети информация будет циркулировать только в пакетном виде. Если специальная аппаратура функционирует с представлением информации в непрерывном виде, то радиооборудование будет преобразовывать информацию обратно в непрерывный вид. В случае функционирования специальной аппаратуры в пакетном виде данного преобразования не требуется.

Предложенная концепция непрерывности связи является перспективным направлением развития сетей мобильной специальной радиосвязи и позволяет повысить показатели надежности и бесперебойности предоставляемых для информационных соединений каналов радиосвязи.

Одновременно данная концепция согласуется с общими принципами перехода сетей специальной связи, основанными на представлении информации в пакетном виде.

Список литературы:

1. *Артемов М.Л., Борисов В.И., Маковий В.А., Сличенко М.П.* Автоматизированные системы управления, радиосвязи и радиоэлектронной борьбы. М: Радиотехника, 2021. 556 с.

2. *Пьяников А.Е., Терехин В.А., Никитенко Д.С.* Алгоритм принятия решения о наличии абонента в зоне обслуживания базовой станции в системе мобильной связи // Сборник трудов XXXI международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». 2025. Т. 5. С. 61–68.

2 секция
КОМПЛЕКСЫ И СРЕДСТВА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ

С.В. Слипко

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: профессиональная радиосвязь, DMR, ISR, мультисайтовые сети, цифровизация.

Профессиональная мобильная радиосвязь (PMR) остается важнейшим элементом систем управления и безопасности в современных условиях. Стремительное развитие цифровых технологий приводит к изменению архитектуры систем связи, повышению требований к качеству передачи речи, устойчивости к помехам и защите информации. В этом контексте стандарт DMR (Digital Mobile Radio) становится основой для создания надежных и эффективных сетей радиосвязи [1, 2]. АО «Концерн «Созвездие» активно участвует в развитии отечественной продукции стандарта DMR, ориентируясь на перспективные направления технологического прогресса [3].

Одним из ключевых факторов развития является внедрение программно-определяемой архитектуры (SDR/ISR), обеспечивающей гибкость настройки оборудования и возможность его быстрого обновления в соответствии с новыми требованиями. Применение цифровой обработки сигналов на радиочастоте позволяет существенно повысить качество приема и передачи, увеличить число доступных каналов, а также улучшить помехозащищенность систем. Разработка ретрансляторов нового поколения, базирующихся на платформе Ideal Software Radio, позволяет строить сети с высокой емкостью и надежностью [3].

Особое внимание уделяется развитию мультисайтовых систем, обеспечивающих широкую зону покрытия и возможность роуминга между сайтами без потери качества связи. Создаются решения для организации радиосетей на базе компактных переносных станций и ретрансляторов, в том числе в защищен-

ном исполнении, для работы в экстремальных условиях. Значительный вклад вносит разработка одночастотных ретрансляторов и технологий радиоудлинения, что позволяет расширять радиосети без необходимости прокладки кабельной инфраструктуры.

Перспективные направления включают интеграцию радиосетей с другими системами связи, в том числе сотовыми и спутниковыми, для построения гетерогенных коммуникационных структур. Важной задачей становится разработка универсальных транспортных радиостанций, способных работать в различных стандартах и обеспечивать взаимодействие между абонентами разных сетей. Также ведется активная работа по внедрению технологий искусственного интеллекта и машинного обучения для автоматизации настройки сетей, адаптации к изменяющимся условиям распространения сигнала и повышения эффективности эксплуатации [3].

АО «Концерн «Созвездие» разрабатывает новые программные решения для диспетчеризации, мониторинга и управления мультисайтовыми сетями. Создание иерархической системы конфигурирования позволяет упростить процесс настройки абонентских устройств и базовых станций, минимизировать влияние человеческого фактора и повысить надежность работы сети. Кроме того, совершенствование пользовательских интерфейсов и внедрение автоматизированных систем анализа данных способствуют улучшению качества обслуживания и оптимизации использования ресурсов связи.

Особое внимание уделяется разработке технологий и реализации алгоритмов машинного обучения и элементов искусственного интеллекта на всех уровнях системы связи – от пользовательского интерфейса до цифровой обработки сигнала на физическом уровне, но прежде всего в области динамической многокритериальной оптимизации и когнитивной адаптации программно-определяемых систем профессиональной связи к изменяющейся помеховой обстановке, условиям распространения сигнала, доступности узлов и уровням загрузки сетей. При этом особое значение придается созданию радиосредств с улучшенными техническими характеристиками, новыми алгоритмами когнитивной адаптации, поддержкой элементов ИИ, что позволяет значительно повысить устойчивость и надежность сетей в реальных условиях эксплуатации [3].

Таким образом, развитие профессиональной мобильной радиосвязи стандарта DMR ориентировано на повышение гибкости, масштабируемости, устойчивости к помехам и интеграцию интеллектуальных функций. АО «Концерн «Созвездие» активно формирует технологические решения, отвечающие этим требованиям, обеспечивая создание эффективных систем радиосвязи нового поколения, способных удовлетворить потребности как гражданских, так и специальных пользователей.

Список литературы:

1. Стандарт ETSI TS 102 361-1: Digital Mobile Radio (DMR); Ч. 1: Общие сведения и услуги. ETSI, 2012.

2. Официальный сайт DMR Association [Электронный ресурс]. URL: https://www.dmrassociation.org/ (дата обращения: 24.04.2025).

3. Стратегия научно-технического развития Дивизиона «Связь» до 2035 года. АО «ОПК», 2024.

ОБЗОР ИНФРАСТРУКТУРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ «СОЗВЕЗДИЕ DMR»

М.А. Евсеев

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: DMR, базовая станция, ретранслятор, цифровая радиосвязь, ISR, транкинг, многосайтовая сеть.

Стандарт DMR (Digital Mobile Radio) является одним из ключевых направлений развития профессиональной цифровой радиосвязи. В отличие от аналоговых систем он обеспечивает более эффективное использование спектра, повышенную помехоустойчивость и расширенный функционал, включая передачу данных, диспетчеризацию и интеграцию с телекоммуникационными сетями [1, 2].

АО «Концерн «Созвездие» активно развивает линейку оборудования DMR, предлагая решения как для односайтовых, так и для масштабируемых многосайтовых систем. В докладе представлен обзор текущих и перспективных разработок, включая инновационные решения на базе программно-определяемого радио (SDR).

Базовым элементом инфраструктуры является ретранслятор DMR-P, поддерживающий работу в сетях Tier II и Tier III. Его ключевые характеристики:

– поддержка 2 цифровых или 1 аналогового канала;
– выходная мощность передатчика до 60 Вт;
– совместимость с диспетчерским ПО и шлюзами связи.

На основе DMR-P разработаны базовые станции DMR-TSL, конфигурируемые на 2–8 цифровых каналов в зависимости от исполнения.

Для оперативного развертывания связи в полевых условиях создана мобильная двухканальная станция с резервированием питания. Особенности:

– автономная работа до 4 часов при мощности излучения 50 Вт;
– комплект антенно-фидерного оборудования для наружной установки;
– поддержка диспетчеризации и выхода в сторонние сети связи.

В рамках модернизации оборудования разработан ретранслятор DMR-TS на платформе Ideal Software Radio (ISR), отличающийся следующими инновационными решениями:

– оцифровка сигнала на радиочастоте, что исключает паразитные каналы приема;

– многоканальность за счет виртуальных приемопередатчиков на базе ЦОС;

– гибкая модульная архитектура, позволяющая наращивать число приемопередающих трактов;

– поддержка синхронизации для сетей Simulcast.

На основе DMR-TS создана высокопроизводительная базовая станция DMR-TSM с внешними усилителями мощности до 120 Вт, разнесенными до 4 ветвей приемом и поддержкой до 8 каналов DMR. Благодаря архитектуре ISR, DMR-TSM обеспечивает превосходную избирательность, превышающую требования ETSI.

Для работы в сложных условиях разработан DMR-TOR – ретранслятор в защищенном исполнении для наружной установки. На его основе создана базовая станция DMR-TSO, поддерживающая 2 или 4 цифровых канала и режим радиоудлинения.

В стадии изготовления опытного образца находится DMR-RM – модернизированная версия DMR-P с новой аппаратной платформой, совместимой с DMR-TS. Его преимущества:

– питание от сети 220 В с резервированием от АКБ 12 В;

– встроенный дуплексный фильтр;

– улучшенные параметры избирательности;

– программно-аппаратная совместимость с ретрансляторами DMR-TS и DMR-TOR.

Данный ретранслятор позиционируется как полноценная замена классическому ретранслятору от Motorola DR-3000.

На основе данного ретранслятора в перспективе может быть создан модернизированный ретранслятор переносной, обладающий значительно меньшими размерами и массой, а также с лучшими параметрами частотной избирательности.

Перспективная разработка – компактный ретранслятор на базе универсальной транспортной радиостанции с расширенным функционалом:

– увеличенная мощность передатчика до 40 Вт;

– улучшенные параметры частотной избирательности приемника;

– расширенный диапазон рабочих температур: –40...+55 °С;

– расширенный диапазон напряжений питания: 9.6...32 В;

– исполнение ManPack и набор кронштейнов для крепления к БПЛА;

– поддержка протокола AIS;

– конфигурирование через WEB-интерфейс.

Реализация работы позволит обеспечить пользователей востребованными функциями: диспетчеризация, организация сверхмалых сайтов, одночастотная ретрансляция и др.

АО «Концерн «Созвездие» продолжает развивать линейку оборудования DMR, предлагая решения для различных сценариев развертывания – от компактных переносных станций до высокопроизводительных многоканальных систем. Применение платформы ISR открывает возможности для дальнейшей модернизации, включая внедрение новых стандартов связи и алгоритмов цифровой обработки сигналов. Перспективы развития:

– расширение функционала за счет программных обновлений;

– разработка мультистандартных решений;

– оптимизация энергопотребления и массогабаритных характеристик.

Список литературы:

1. Стандарт ETSI TS 102 361-1: Digital Mobile Radio (DMR); Часть 1: Общие сведения и услуги. ETSI, 2012.

2. DMR Association: официальный сайт. URL: https://www.dmrassociation.org/ (дата обращения: 24.04.2025).

РАЗВИТИЕ ДИСПЕТЧЕРСКОГО КОМПЛЕКСА «СОЗВЕЗДИЕ DMR»

Ю.А. Булгаков

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: профессиональная радиосвязь, DMR, диспетчеризация, WEB-интерфейс, контейнеры.

В докладе рассматривается диспетчерский комплекс «Созвездие DMR», принципы его реализации, архитектура, особенности применения, а также возможные направления развития с учетом тенденций развития IT-инфраструктуры и внедрения новейших технологий и принципов разработки программного обеспечения. Рассматривается текущая реализация комплекса и решения, используемые в разработке новой версии.

Диспетчерский комплекс «Созвездие DMR» представляет собой набор сервисов ядра радиосети DMR, позволяющий стационарным операторам подключаться к сети профессиональной радиосвязи, участвовать в радиопереговорах, обмениваться сообщениями и пользоваться всеми сервисами, предоставляемыми радиосетью DMR. Ключевой особенностью является реализация клиента посредством WEB-интерфейса, что позволяет подключаться к радиосети с любого компьютера, имеющего доступ к серверу.

Актуальная архитектура диспетчерского комплекса

Диспетчерский комплекс – интеграция в ядре радиосети DMR. Текущая реализация – набор взаимосвязанных процессов, работающих под управлением операционной системы Linux, запущенных как системные сервисы (system unit).

Современные тенденции в разработке программного обеспечения с использованием WEB-технологий

Механизмы изоляции процессов в ОС Linux, основанные на использовании пространств имен (namespace). Технологии контейнеризации, docker. Представление микросервисной архитектуры в контексте использования набора контейнеров. Сетевое взаимодействие контейнеров друг с другом. Постро-

ение виртуальных сетей, объединяющих контейнеры на разных серверах. Оркестрация контейнеров.

Архитектура диспетчерского комплекса с учетом современных тенденций

Переход от сервисов ядра Linux к контейнерам docker. Преимущества такого подхода перед текущей реализацией: гибкость, переносимость, легкость развертывания и настройки. Построение отказоустойчивых кластеров. Балансировка нагрузки. Централизованное логирование (PostgreSQL TimeScale).

Принципы конфигурации и настройки параметров радиосети

Все параметры радиосистемы и всех ее составных частей хранятся в кластере реляционной базы данных. Нет отдельных конфигураций для составных частей системы, что обеспечивает минимизацию ошибок при развертывании и эксплуатации радиосети. Привязка сетевой идентификации блоков (ip-адрес: port) к уникальному серийному номеру устройства облегчает включение блоков в радиосеть.

АО «Концерн «Созвездие» продолжает развивать программное обеспечение диспетчерского комплекса. Данный продукт может использоваться как в небольших радиосетях DMR Tier II с ограниченным функционалом, так и в современных транкинговых радиосетях DMR Tier III.

Перспективы развития:

– микросервисная архитектура с использованием контейнеров;

– централизованное логирование всех компонентов системы;

– централизованное реляционное хранение всех конфигурационных параметров для всех устройств радиосети.

УВЕЛИЧЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ СВЯЗИ С ПОМОЩЬЮ РАДИОУДЛИНИТЕЛЯ. ПРИМЕР СИСТЕМЫ

В.А. Бокарев

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: радиосвязь, ретранслятор, радиоудлинитель, зона покрытия, DMR, базовая станция.

Радиосвязь в условиях отсутствия инфраструктуры требует особых подходов к организации сети. Ключевым фактором является увеличение дальности связи за счет оптимизации размещения ретрансляторов и выбора оборудования. В данной работе исследуется задача обеспечения связи на территории с радиусом действия до 75 км между стационарной базой, сейсмостанцией и передвижными и портативными станциями.

Исходная конфигурация включала 4-канальную базовую станцию, однако её дальность оказалась недостаточной (максимум 23 км для портативных устройств). Требовалось обеспечить:

– связь между базой и передвижной станцией;

– взаимодействие с транспортным средством (вездеходом);

– коммуникацию между портативными радиостанциями работников.

При этом традиционные методы, например объединение базовых станций через Ethernet, оказались неприменимы из-за отсутствия проводной инфраструктуры.

Для увеличения дальности связи предложена многоуровневая система ретрансляторов:

– базовая станция и передвижная станция – использован ретранслятор в режиме радиоудлинителя, что позволило увеличить зону покрытия;

– связь с вездеходом и абонентами – на вездеходе установлена автомобильная радиостанция, ретранслирующая сигнал на портативные устройства;

– для связи с базой применена схема с двумя радиостанциями: одна работает на прямой канал с работниками, другая – с ретранслятором передвижной станции.

Тестирование проводилось в Воронежской области с использованием оборудования на базе ретрансляторов DMR-P и DMR-T. Основные задачи:

– определение максимальной дальности устойчивой связи при использовании радиоудлинителей;

– проверка схемы объединения радиосетей через аксессуарный разъем DMR-T;

– сравнение эффективности конфигураций с радиоудлинителем и без него.

Тестирование радиоудлинителя на основе ретрансляторов DMR-P

Схема включала два ретранслятора в режиме радиоудлинителя, подключенных к диспетчеру через AIS-протокол и к абонентским станциям через мультисайт.

Точка 1 (34 км): Устойчивая двусторонняя связь. Уровень RSSI: −87 дБм (ретранслятор в передвижной лаборатории), −90 дБм.

Точка 2 (46.2 км): Связь стабильна, RSSI: −100 дБм (ПЛ), −102 дБм (площадка № 2).

Точка 3 (60 км): Односторонняя связь (абоненты слышали диспетчера, но ответ не принимался). RSSI: −110…−113 дБм, −113…−114 дБм.

Тестирование радиоудлинителя на основе DMR-T

Использовались две радиостанции DMR-T, соединенные через аксессуарный разъем: одна работала на частоте ретранслятора (22.2 км), другая – на прямом канале с абонентами (7 км).

Суммарная дальность связи достигла 75.4 км (сумма трех участков).

В настоящее время разрабатывается компактная 4-канальная базовая станция DMR-TSO, интегрирующая функции радиоудлинителя. Её использование позволит упростить развертывание аналогичных систем в будущем.

Предложенное решение демонстрирует возможность организации надежной радиосвязи на значительных расстояниях без использования проводных технологий. Ключевыми факторами успеха являются:

– оптимальное размещение ретрансляторов;

– комбинирование режимов работы оборудования;

– использование специализированных антенных систем.

Дальнейшие исследования направлены на автоматизацию управления подобными сетями и минимизацию оборудования.

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ АУДИОАКСЕССУАРЫ ДЛЯ РАДИОСТАНЦИЙ ПРОИЗВОДСТВА АО «КОНЦЕРН «СОЗВЕЗДИЕ»

С.А. Котов

ООО «Илада Груп», г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: аудиоаксессуар, DMR, гарнитура, абонентское оборудование.

Оборудование стандарта DMR широко используется в управлении производственными процессами в крупных российских компаниях, таких как «Роснефть», «Газпром», «Лукойл», «Транснефть», «Сургутнефтегаз», «Россети». Данное оборудование широко используется государственными службами – МВД, МЧС, ФСИН. Большую часть времени абонентское оборудование находится в сложных метеорологических условиях. Зачастую работа производится в условиях повышенных внешних шумов, иногда требуется необходимость обеспечить у работника свободные руки. Именно применение микротелефонных гарнитур позволяет сделать использование радиостанции максимально удобным для каждого конкретного случая. Зачастую наличие или отсутствие специализированных гарнитур являются определяющими факторами при выборе поставщика. Крупные поставщики DMR оборудования имеют в своих продуктовых линейках достаточно широкий ассортимент аудиогарнитур, которые появились благодаря запросам конечных потребителей и отражают в своей конструкции особенности профессиональной специфики их использования. Применение таких аксессуаров позволяет создать законченное решение для заказчика, отвечающее его потребностям.

Далее представлен обзор аудиоаксессуаров, которые мы предлагаем для применения совместно с оборудованием АО «Концерн «Созвездие».

1. Выносной микрофон LiRa Aurelis Nexus PTT – обзор функционала и тактико-технических характеристик (ТТХ).

2. Адаптер LiRa FireTalk PTT-8 – назначение и функционал.

3. Адаптер LiRa FireTalk PTT-8 luminescent/06PTT8-105 – назначение и функционал.

4. Гарнитура LiRa NB2000 – обзор функционала и ТТХ.

5. Гарнитура LiRa NB4000 – обзор функционала и ТТХ.

6. Гарнитура LiRa PTT-EH – обзор функционала и ТТХ.

7. Гарнитура LiRa PTT-E – обзор функционала и ТТХ.

8. Гарнитура LiRa Apollo XS – обзор функционала и ТТХ.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СХЕМ СЕРТИФИКАЦИИ СРЕДСТВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ DMR ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Н.Ю. Селиванов

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: профессиональная радиосвязь, DMR, сертификация, транспортная безопасность.

В докладе рассматривается процесс сертификации профессиональных радиостанций стандарта DMR разработки АО «Концерн «Созвездие» для применения на объектах транспортной инфраструктуры в Российской Федерации. Основное внимание уделено требованиям Постановления Правительства РФ от 26 сентября 2016 г. № 969 и обоснованию выбора оптимальной схемы сертификации. Проведен анализ действующей нормативно-правовой базы в области транспортной безопасности, подробный анализ Постановления Правительства РФ № 969, применимость данного постановления к радиосредствам стандарта DMR, обоснование выбора схемы сертификации и алгоритма процесса сертификации для достижения экономической эффективности.

Использование средств профессиональной радиосвязи стандарта DMR на объектах транспортной инфраструктуры в России требует обязательного подтверждения их соответствия установленным нормативным требованиям. Ключевыми документами, регулирующими данную сферу, являются Федеральный закон № 126-ФЗ «О связи» и Постановление Правительства РФ № 969 от 26 сентября 2016 г. «Об утверждении требований к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности и Правил обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности». Комплексная оценка схем сертификации направлена на выявление наиболее рационального и экономически эффективного варианта, обеспечивающего соблюдение всех регуляторных норм.

Анализ нормативно-правовой базы сертификации

Для легального использования средств профессиональной радиосвязи стандарта DMR на объектах транспортной инфраструктуры в России требуется соблюдение следующих нормативных актов:

1. Федеральный закон № 126-ФЗ «О связи»: устанавливает общие принципы и требования к средствам связи, используемым на территории РФ.

2. Постановление Правительства РФ № 969: определяет требования к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности и правила их обязательной сертификации. Средства связи, включая радиостанции DMR, используемые на объектах транспортной инфраструктуры, подпадают под действие этого постановления.

Актуальность выбора схемы сертификации средств в области связи

Выбор схемы сертификации в области связи определяется типом оборудования, подлежащим сертификации, объемом и ритмичностью его выпуска. Выбранная схема должна обеспечивать полное соблюдение нормативных требований РФ, минимизировать совокупные затраты и соответствовать стратегическим целям и операционным возможностям предприятия-заявителя.

Комплексная оценка и выбор наиболее рационального варианта схемы сертификации радиосредств обеспечения транспортной безопасности

Схемы сертификации, представленные в «Правилах обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности», утвержденных Постановлением Правительства РФ № 969, предусматривают выдачу сертификата для единичных образцов, партии, серийно выпускаемых, установленных и смонтированных на объекте транспортной инфраструктуры радиосредств. Выбор схемы актуален для каждого случая из-за различия во временных и финансовых затратах, а также минимизации повторных сертификаций. Сравнение преимуществ и недостатков каждой схемы сертификации рассмотрено на примере продукции АО «Концерн «Созвездие».

Наиболее рациональным и экономически эффективным вариантом сертификации средств профессиональной радиосвязи стандарта DMR для использования на объектах транспортной инфраструктуры при регулярных поставках является схема № 3 по Постановлению Правительства РФ № 969 (для серийного производства со сроком действия сертификата до 3 лет и инспекционным контролем) в совокупности с сертификацией серийного производства по требованиям Федерального закона «О связи». Данный подход, несмотря на возможные высокие первоначальные затраты, обеспечивает долгосрочное соответствие нормативным требованиям, стабильность поставок и оптимизацию затрат в средне- и долгосрочной перспективе.

ОБУЧЕНИЕ КОНФИГУРИРОВАНИЮ АБОНЕНТСКИХ РАДИОСТАНЦИЙ DMR TIER II И TIER III: ОТ ОПИСАНИЯ РАДИОСЕТИ К РАЗРАБОТКЕ КОНФИГУРАЦИИ

П.Д. Трунов

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: абонентские радиостанции «Созвездие DMR», описание радиосети, разработка конфигурации оборудования, обучение пользователей.

Для практического применения оборудования DMR одним из важных аспектов является подготовка эксплуатанта к применению оборудования т.н. «профессионального» уровня. Понятие «профессиональный», часто встречающееся в техническом описании оборудования DMR, например в [1], подразумевает тот факт, что пользователь профессионально занимается радиосвязью и ориентируется в большом количестве настроек оборудования для гибкого решения задач обеспечения связью своей организации. На практике такие опыт и знания имеются не всегда, поэтому задача обучения пользователей актуальна.

Для решения прикладной задачи обучения важно определить целевую аудиторию с учетом особенностей пользователя при организации взаимодействия с оборудованием через человеко-машинный интерфейс [2]. Существуют различные подходы к построению модели пользователя [1, С. 69], но в условиях ограниченных данных о практическом взаимодействии пользователей и оборудования DMR применяемый подход можно отнести к т.н. «стереотипной когнитивной модели», основами для построения которой являются опыт анализа программного обеспечения других производителей и опыт, получаемый при взаимодействии с пользователями. В качестве первого приближения к задаче создания когнитивной модели пользователя радиосети DMR как основные выделяются следующие когнитивные процессы пользователей: подбор функционала оборудования, применение функционала к радиосети, применение функционала к использованию оборудования. Исходя из этого, выделяются четыре основных «стереотипных» группы пользователей, когнитивные модели которых можно разделить по уровню подготовки и, соответственно, по количеству выполняемых когнитивных процессов: высокий уровень (могут выполняться все три процесса), средний уровень (два процесса – применение функционала к радиосети, при-

менение функционала к оборудованию), низкий уровень (один процесс – применение функционала к оборудованию в части его практического использования), начальный уровень (представления о функционале оборудования и радиосети или отсутствуют, или искажены).

На практике часто требуется обучение пользователей для достижения низкого уровня подготовки или перехода с низкого уровня на средний, поскольку основные решения по построению сети и подбору оборудования уже приняты или являются очевидными/вынужденными. Основная задача заключается в формировании умения проектирования сети для достижения конкретного результата (разделение абонентов на группы, связь между абонентами и их группами), а затем – в умении переносить свой проект на оборудование в виде конкретных конфигураций. Перед объяснением пользователю подходов к построению систем связи и конфигурированию оборудования необходимо выявить необходимость обучения основам радиосвязи.

Обязательным этапом, предваряющим конфигурирование оборудования, является этап проработки логики работы радиосети и взаимодействия между абонентами. На этом этапе положительно зарекомендовала себя практика разбора вместе с обучаемыми готового образца простой радиосети Tier II, где данные представлены в табличном виде на специализированном бланке, разработанном для абонентских радиостанций «Созвездие DMR» (далее – АС). Даже при оптимальной последовательности проработки настроек обучаемому приходится оперировать десятками параметров и возвращаться к предыдущим этапам или к исходным данным планируемой сети, поэтому заполненный бланк снижает вероятность ошибки. Также обучаемым предлагается максимально компактный (2–3 страницы А4) незаполненный бланк для расширения функционала «учебной» конфигурации. При использовании таких бланков в практике при обучении конфигурированию оборудования как на индивидуальных, так и на групповых занятиях работа с бланком помогла сократить время обучения с 2–3 до 1–1,5 часа для пользователей начального уровня.

С добавлением поддержки Tier III для АС «Созвездие DMR» может возникнуть задача обучения конфигурированию АС в таких системах. На данный момент нет информации о целесообразности обучения конфигурированию АС системы Tier III пользователей с низкой или начальной подготовкой, поскольку это хотя в целом и проще Tier II, но предполагает знания о структуре

базового оборудования. Такими сведениями обладают администраторы радиосети, и организационно для них проще формировать конфигурации каждого абонента. При необходимости обучения конфигурированию радиосетей Tier III представляется методически правильным начать с сетей Tier II, включающих 2 и более ретрансляторов. Полученные при таком подходе знания существенно облегчат понимание работы базовой инфраструктуры сети и позволят избежать ошибок при конфигурировании сайтов сети.

Рассмотрен один из подходов к формированию оценочной когнитивной модели пользователя с целью оптимизации методов обучения использованию и конфигурированию оборудования «Созвездие DMR». Рассмотрен этап начального обучения конфигурированию оборудования пользователей начального и низкого уровней подготовки, для облегчения и ускорения процесса обучения конфигурированию предложен вариант специализированного бланка. Рассмотрены общая последовательность конфигурирования АС радиосетей Tier III, а также некоторые особенности в контексте обучения конфигурированию, такие как целесообразность обучения пользователей начального и низкого уровней и необходимость наличия предварительных знаний о радиосетях Tier II.

Список литературы:

1. Professional digital two-way radio mototrbo™ dp4000/dp4000e series digital portable radios. Quick reference guide // Motorola Solutions [Электронный ресурс]. URL:https://learning.motorolasolutions.com/ru/quick-start-guide/5744enus (дата обращения: 29.02.2024).

2. *Вицентий А.В.* Обзор подходов и уточнение основных понятий в области моделирования пользователя // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2022. Т. 13, № 2. С. 66–77.

3. *Sun R.* The Cambridge Handbook of Computational Psychology. Cambridge. United Kingdom: Cambridge University Press, 2008. 768 p.

ВОПРОСЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕРФЕЙСА BLUETOOTH В ПОРТАТИВНЫХ РАДИОСТАНЦИЯХ DMR-П

П.Д. Трунов

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: абонентские радиостанции «Созвездие DMR», портативная радиостанция DMR-П, модуль Bluetooth, гарнитуры Bluetooth, МП «Репей», передача данных, соединение по интерфейсу USB.

Ряд современных радиостанций имеют встроенный модуль Bluetooth. У большинства таких радиостанций этот модуль является опциональным при поставке, и после покупки радиостанции без этой опции единственным вариантом добавления функционала беспроводного соединения является установка специализированного адаптера на аксессуарный разъем радиостанции. Портативная радиостанция DMR-П имеет встроенный модуль Bluetooth в штатной комплектации без необходимости покупки лицензионных ключей или выбора опций на этапе заказа. Основные характеристики модуля [1]:

– скорость передачи данных: до 3 Мб/с;
– диапазон частот: 2402–2480 МГц;
– напряжение питания: 3.0–3.6 В; ток потребления (Rx/TX): 7.1 mA;
– максимальная дальность: до 100 метров (на практике до 10 м);
– чувствительность приемника: –89 dBm; мощность передатчика: до +7 dBm;
– поддержка технологий Bluetooth: 4.0, Dual Mode (Classic + BLE).

На начальном этапе предполагалось использование интерфейса для подключения специализированных беспроводных гарнитур. Применение подобных гарнитур при работе практических подразделений не наблюдалось в связи с рядом факторов: высокая стоимость, низкая эргономика при использовании шлема/шапки, необходимость зарядки батареи и др.

Практика применения проводных гарнитур и проводных соединений, коммутирующих аудиовыход одной радиостанции с аудиовходом другой (далее – аудиолинк), показывает, что при работе передатчика радиостанции на номинальной мощности

(более 2 Вт) на радиоканале DMR на проводниках кабеля возникают помехи со скважностью тайм-слотов в виде скачка уровня сигнала относительно опорного уровня напряжения радиостанции, что снижает качество звука. Особенно заметно повышение уровня помех, если передатчик работает в диапазоне УКВ; также наблюдается зависимость уровня помех от расположения кабеля гарнитуры. Передача по проводу звука в оцифрованном виде или данных между радиостанциями («цифровой аудиолинк») может снизить влияние наводимых помех, поскольку для цифрового сигнала небольшие изменения уровня, не выходящие за пределы диапазонов логического нуля и единицы, не приведут к битовым ошибкам. Когда радиостанция подключена по проводному интерфейсу USB и в это же время радиостанция выходит на передачу на полной мощности, на некоторых диапазонах частот ОВЧ (UHF, диапазоны различаются для различных тестируемых образцов) и практически для всех частот диапазона УКВ (VHF) на практике наблюдается потеря соединения по интерфейсу USB через 5–20 секунд после начала передачи. Использование экранированного кабеля, ферритовых колец и гальванической развязки позволяет снизить влияние помех и сделать соединение устойчивым, однако такая кабельная сборка снижает удобство применения оператором. Применение интерфейса Bluetooth снимает указанные выше технические трудности, позволяя организовать стабильный канал передачи данных, т.к. частоты Bluetooth существенно выше частот передатчика.

Практическая реализация передачи данных по интерфейсу Bluetooth между радиостанцией DMR-П и другим устройством (смартфоном или планшетом на ОС Android, далее – терминал) была проведена при реализации функции радиомодема в абонентских радиостанциях «Созвездие DMR», использующих радиоканал DMR для передачи данных между терминалами, на которых установлено мобильное приложение «Репей» (далее – МП «Репей») [2]. Была развернута и продемонстрирована радиосеть, в которой радиостанции работают на канале стандарта DMR и соединены с терминалами МП «Репей» по Bluetooth, при этом передача данных между терминалом и радиостанцией осуществлялась по Bluetooth. Затем радиостанция отправляла данные по радиоканалу адресату, радиостанция которого по Bluetooth передавала данные терминалу. Испыта-

ния подтвердили, что стабильность соединения Bluetooth сохраняется при номинальной мощности передатчика (5 Вт), данные стабильно передаются по прямому каналу DMR и через ретранслятор, для открытых каналов и с защитой от прямого прослушивания. В режиме радиомодема для абонентов сохранялась возможность совершать голосовые вызовы.

Также наблюдалась возможность подключения к одному терминалу нескольких радиостанций по интерфейсу Bluetooth и через соединение USB, при этом терминал имел возможность получать и отправлять информацию через две различные радиосети. Поскольку МП «Репей» позволяет подключить по USB значительное число моделей радиостанций, то имеется техническая возможность не только организовать параллельный прием информации от радиосетей разного типа, но и автоматизировать перенаправление информации между разными радиосетями, используя терминал в качестве шлюза. Кроме того, подтверждена техническая возможность одновременного соединения нескольких радиостанций DMR-П по интерфейсу Bluetooth с терминалом МП «Репей». Также проведено успешное практическое тестирование прототипа кабеля, позволяющего подключить DMR-П к разъему USB терминала МП «Репей» в случае наличия мощных помех в диапазоне частот Bluetooth, но из-за подверженности механическим повреждениям и снижения эргономики его использование рассматривалось как неосновной вариант.

Практическое применение интерфейса Bluetooth, имеющегося во многих современных радиостанциях DMR, достаточно ограничено из-за эксплуатационных особенностей гарнитур и их достаточно высокой цены. Устойчивость интерфейса Bluetooth к помехам, создаваемым радиостанцией при передаче на основном диапазоне частот (УКВ или ОВЧ), позволяет организовать надежный канал передачи данных между радиостанцией и другими устройствами. Эта особенность была успешно использована при реализации соединения радиостанций DMR-П с терминалами МП «Репей». Дополнительным эффектом использования такого типа соединения стала возможность одновременного подключения к терминалу дополнительной радио-

станции по интерфейсу USB, а также подключения к терминалу нескольких радиостанций DMR-П по интерфейсу Bluetooth.

Список литературы:

1. BT830-SA // Ezurio: сайт. URL: https://www.ezurio.com/part/bt830-sa (дата обращения: 26.04.2025).

2. Мобильное приложение «Репей» // Реестр российского программного обеспечения: сайт. URL: https://reestr.digital.gov.ru/reestr/2922402/ (дата обращения: 26.04.2025).

ПРИМЕНЕНИЕ СТАНДАРТНЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПРЯМОГО ПРОСЛУШИВАНИЯ РАДИОСТАНЦИЙ «СОЗВЕЗДИЕ DMR»

П.Д. Трунов

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: алгоритмы защиты от прямого прослушивания, абонентские радиостанции «Созвездие DMR», портативная радиостанция DMR-П, совместимость стандартных алгоритмов защиты от прямого прослушивания.

Ряд современных радиостанций, поддерживающих стандарт DMR, имеют функцию защиты голосовых данных от прямого прослушивания с помощью стандартных алгоритмов. У большинства моделей радиостанций стандарта DMR функция защиты от прямого прослушивания реализована с помощью проприетарных алгоритмов, а поддержка стандартных алгоритмов либо отсутствует, либо ограничена платной лицензией. Поэтому, если радиостанции разных производителей работают в одной радиосети, использование несовместимых проприетарных алгоритмов приводит к тому, что обмен голосовыми вызовами с защитой от прямого прослушивания становится невозможен между всеми абонентами радиосети, и вместо каналов с защитой от прямого прослушивания используются открытые каналы. Использование стандартных алгоритмов позволяет обеспечить совместимость по защите от прямого прослушивания между радиостанциями, имеющими различные аппаратные и программные платформы.

Для абонентских радиостанций «Созвездие DMR» (портативной DMR-П и автомобильной DMR-Т) существует техническая возможность реализации поддержки стандартных алгоритмов, что позволит обеспечить совместимость защиты от прямого прослушивания с радиостанциями различных производителей, использующих те же алгоритмы. Наиболее оптимальным с точки зрения простоты реализации представляется следующий подход, состоящий из трех этапов:

1) ввод исходных данных для стандартных алгоритмов и формирование файла-контейнера cfg.zip с помощью техноло-

гического программного обеспечения «Защита от прямого прослушивания» или редактирование исходных данных уже сформированного cfg.zip;

2) перемещение сформированного файла-контейнера cfg.zip в корневой каталог программного обеспечения «Конфигуратор абонентских станций «Созвездие DMR»;

3) выбор для канала уровня защиты от прямого прослушивания «Усовершенствованный» и выбор используемого набора исходных данных.

Также могут быть реализованы дополнительные настройки, часто встречающиеся у радиостанций других производителей и позволяющие расширить совместимость защиты от прямого прослушивания с помощью стандартных алгоритмов: флаг «Передача случайного набора исходных данных» для передачи случайного набора из добавленных в контейнер cfg.zip исходных данных и флаг «Прием любого набора исходных данных» для приема входящего вызова, защита от прямого прослушивания которого использует любой набор из добавленных в контейнер cfg.zip исходных данных.

Стоит отметить, что поскольку у портативной радиостанции DMR-П и автомобильной радиостанции DMR-Т общая программная платформа, радиостанции других производителей, для которых будет подтверждена совместимость защиты от прямого прослушивания при встречном тестировании с радиостанциями DMR-П, будут совместимы и с DMR-Т. Поддержка защиты от прямого прослушивания с помощью стандартных алгоритмов может быть реализована при заинтересованности потребителей в реализации данного функционала, а отдельное программное обеспечение для ввода исходных данных позволяет легко исключить данную функцию из комплекта поставки при отсутствии необходимости в ее применении.

Техническая платформа абонентских радиостанций «Созвездие DMR» позволяет реализовать применение стандартных алгоритмов защиты от прямого прослушивания и, как следствие, обеспечить совместимость при встречной работе в одной радиосети со значительным числом моделей радиостанций других производителей. Предлагаемая последовательность генерации файла исходных данных и последующего для

конфигурирования канала позволяет реализовать широкий диапазон наборов настроек, при которых совместимость радиостанций будет обеспечена. Поскольку программное обеспечение радиостанций полностью разработано самостоятельно, имеется возможность реализации других алгоритмов защиты от прямого прослушивания, если они будут предоставлены разработчикам.

3 секция
СРЕДСТВА СВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ ТРАКТОВ УПРАВЛЕНИЯ В ГРУППЕ ДЛЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ СИТУАЦИОННОГО АНАЛИЗА

А.В. Яровой, В.Б. Чернышев, В.Р. Азметов

ФГБУ «4 ЦНИИ» МО РФ, г. Королёв

Ключевые слова: тракт управления, подвижный объект, комбинации состояний, ретранслятор, источник, получатель, пути доведения, булева функция.

В докладе рассматривается тракт управления группой подвижных объектов, включающий три вида элементов: источник команд, получатель команд и совокупность взаимосвязанных промежуточных элементов (ретрансляторов), которые в произвольный момент времени могут быть или работоспособными, или неработоспособными (выведены из строя). Связи источника, ретрансляторов и получателя считаются заданными (в виде однонаправленного графа связности) [1]. При этом ретрансляторы различаются по рангу, определяемому числом пролетов от источника.

Рассмотрены условия, когда в результате выхода из строя ретрансляторов изменяется связность элементов тракта управления, при этом сначала сокращается совокупность возможных путей доведения команды, и в конечном итоге может нарушиться связность источника и получателя [2].

Метом ситуационного анализа среди совокупности путей доведения команды предложено определять основной путь, который используется до начала воздействия, и группы резервных, на случай выхода из строя различных элементов основного пути. Затем по результатам контроля на ретрансляторах и получателе текущего основного пути тракта управления при необходимости с некоторой временной задержкой осуществляется переключение на резервный путь с использованием работоспособных вышестоящих ретрансляторов. Текущее состояние работоспособности тракта управления группой мобильных объектов предложено описывать с помощью дизъюнк-

тивно-конъюнктивной логической функции объектов, сформированной из найденных путей [3].

В качестве показателя устойчивости тракта управления «точка–точка» с детерминированно изменяющейся связностью элементов на интервале времени воздействия рассматривается доля времени в течение данного интервала, когда выполнялся критерий устойчивости. Предложенный показатель устойчивости тракта управления оценивается для заданных структуры тракта, времени доведения и порядка выхода из строя подвижных объектов группы в ходе воздействия по ним.

Список литературы:

1. *Берж К.* Теория графов и ее применение. М.: Издательство иностранной литературы, 1985. 319 с.

2. *Яровой А.В.* О выборе критерия оценки устойчивости тракта....в ходе деструктивных воздействий // Сборник трудов 4 ЦНИИ Минобороны России. 2025. Т. 4, № 189.

3. *Семенова И.В.* Булева алгебра и её применение при построении математических моделей. Самара: Издательство Самарского университета, 2023. 100 с.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОЛУНАТУРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ УКВ РАДИОСВЯЗИ МЕЖДУ ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕТРАНСЛЯЦИИ СИГНАЛА С ВЫСОКОПОДНЯТЫХ АНТЕНН ПО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ СВЯЗИ

Р.А. Дасаев[1], В.А. Минко[1], В.Ю. Иванов[2], С.В. Мануковский[3]

[1]ФГБУ «4 ЦНИИ» МО РФ, г. Королёв
[2]ПАО «Морион», г. Пермь
[3]АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: радиосвязь, помехоустойчивость, УКВ диапазон, дальность радиосвязи, оптические линии связи, сигнал.

В докладе обозначены проблемные вопросы, возникающие при организации связи между подвижными пунктами управления ракетных комплексов, такие как низкая устойчивость связи и дальность организации радиосвязи. Причиной проблем является невозможность обеспечения «прямой видимости» из-за сложного рельефа местности и относительно большой высоты лесного покрова по сравнению с высотой антенно-мачтовых устройств [1].

Предложено обеспечить «прямую видимость» за счет организации радиосвязи между подвижными объектами пунктов управления ракетных комплексов с применением высокоподнятых приемных антенн (не менее 100 м).

Рассмотрены различные технологии для обеспечения ретрансляции сигнала от высокоподнятых приемных антенн до приемного оборудования: беспроводной радиодоступ, коаксиальный кабель, волоконно-оптические линии.

Анализ технологий показал, что для ретрансляции принимаемого сигнала к приемному оборудованию более предпочтительно применение технологии передачи ВЧ сигнала по волоконно-оптической линии с прямой модуляцией. Данная технология имеет широкую полосу частот, большое расстояние передачи, высокую защищенность по сравнению с коаксиальным кабелем и беспроводной передачей сигналов, а также наименьшие для проводных технологий весовые характеристики. Но сама технология сложна и требует применения оборудования согласования антенны с оптическим передат-

чиком. Также могут возникнуть сложности с регулировкой уровня передаваемого сигнала из-за нелинейности АЧХ.

Представлены характеристики применяемого приемного и передающего оборудования для передачи сигнала по ВОЛС с прямой модуляцией на основе электрооптического модулятора (интерферометра Маха–Цендера) светового потока (DBF-лазера) ВЧ сигналом [2].

Предложена математическая модель УКВ радиоканала для представления в формальном виде реальных процессов изменения уровня принимаемого сигнала в зависимости от высоты подъема точки приема антенны с учетом особенностей [3].

Новизной модели является то, что она учитывает распространение радиоволн в двух средах с различными параметрами, а также влияние лесных неоднородностей (эффект переотражения от крон деревьев) в диапазоне свыше 50 МГц.

Подтверждение разработанных решений предложено провести на основе экспериментального моделирования приемо-передающего тракта с использованием доработанной лабораторно-экспериментальной базы «Призма» в 4 ЦНИИ Минобороны России.

Моделирование позволяет получить рациональную совокупность характеристик, достаточную для разработки рекомендаций по повышению устойчивости управления подвижными объектами и обоснования требований к типу носителя.

Список литературы:

1. *Попов В.И.* Распространение радиоволн в лесах. М.: Горячая линия–Телеком, 2017. 392 с.

2. Доклад на научно-технической конференции «Перспективы развития науки и техники радиосвязи». Омск, 2025.

3. Научно-технический отчет «Исследование перспектив развития АСС РВСН и путей поддержания ее технической готовности в переходный период с учетом внедрения современных технологий» (шифр «Бронекатер-6624»), этап I. Королев, 2025. 128 с.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ РАЗВЕДЗАЩИЩЕННОСТИ МЕЖАГРЕГАТНОЙ СВЯЗИ ПУНКТОВ УПРАВЛЕНИЯ РВСН НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПТИЧЕСКОГО КАНАЛА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ДИАПАЗОНА

Э.В. Агеева, О.А. Кравченко

ФГБУ «4 ЦНИИ» МО РФ, г. Королёв

Ключевые слова: разведзащищённость, помехоустойчивость, ультрафиолетовый диапазон, квантово-оптические линии связи, сигнал.

В докладе обозначены проблемные вопросы, возникающие при организации связи между подвижными пунктами управления ракетных комплексов, такие как низкие разведзащищенность и помехоустойчивость, режим «радиомолчания» и отсутствие связи вне прямой видимости.

Рассмотрены различные технологии для повышения описанных характеристик и увеличения возможностей ведения связи в полевых условиях на марше и на позициях [1].

Определены технические решения с применением беспроводной квантово-оптической связи в ультрафиолетовом диапазоне длин волн с рассеиванием в атмосфере между подвижными и стационарными пунктами управления ракетных комплексов, позволяющей вести информационный обмен между пунктами управления как в прямой видимости, так и вне прямой видимости, а также в режиме «радиомолчания» с полной разведзащищенностью и с высокой помехоустойчивостью [2].

Предлагаются пути решения проблемных вопросов на основе применения описанных лазерных (квантово-оптических) воздушных систем связи [3].

В заключение для достижения предполагаемого эффекта и для оснащения подвижных пунктов управления РВСН определены технические требования к разрабатываемым средствам и системам связи.

Список литературы:

1. *Поллер Б.В., Щетинин Ю.И.* Телекоммуникационные технологии на основе ультрафиолетового канала связи с рассеянием // Доклад 9-й международной научно-технической конференции «Проблемы функционирования информационных сетей». Новосибирск, 2006. С. 229–233.

2. Протоколы полевых испытаний АО «НПП «Звукотехника» от 26.05.2021, 09.09.2022, 12.03.2023.

3. *Салех Б., Тейх М.* Оптика и фотоника. Принципы и применения: пер. с англ. Долгопрудный: Интеллект, 2012. 760 с.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК СТОЙКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИНИЙ СВЯЗИ НА ОБЪЕКТАХ РВСН ПОЛУНАТУРНЫМ МЕТОДОМ

В.А Минко, В.Б Чернышев, О.А. Кравченко

ФГБУ «4 ЦНИИ» МО РФ, г. Королёв

Ключевые слова: стойкость, линии связи, оптическое волокно связи, полунатурное моделирование, ионизирующее излучение, наведенное радиационное затухание, радиационное люминесцентное излучение.

В докладе представлены особенности построения сетей связи РВСН и определены требования к их составным элементам – линейно-кабельным сооружениям, выполнение которых обеспечивает сохранение устойчивости управления во время и после воздействия ЯВ.

Показано, что критическим фактором является ионизирующее излучение, зона влияния которого имеет наибольшее значение по сравнению с другими факторами ЯВ и которое влияет на свойства оптического волокна [1].

Обозначены проблемные вопросы, возникающие при выборе доступных в Российской Федерации оптических волокон. Волокна имеют разные характеристики, но для строительства линий возможно применение только тех, которые отвечают требованиям по стойкости. Уровень стойкости определяется значениями наведенного радиационного затухания, наведенного радиационного люминесцентного излучения, а также характеристиками «отжига».

Предложен подход к определению характеристик стойкости элементов линий связи к поражающим факторам (ПФ) ЯВ с помощью ЛЭБ на основе метода полунатурного моделирования. Метод предполагает замещение реальной среды функционирования с помощью соответствующих имитационных средств и экспериментальное исследование образцов оптических волокон с последующим пересчетом для линии в целом. Показаны преимущества данного метода по сравнению с другими способами [2].

Представлен способ экспериментальных испытаний образцов оптических волокон к воздействию ионизирующего из-

лучения, проводимых на базе российского ядерного центра (г. Саров), где воздействие моделируется на специальных установках. В ходе испытаний определяются зависимости радиационно-наведенного затухания и наведенной люминесценции от уровня воздействия, а также характеристики «отжига» [3]. Зависимости необходимы для расчета зон и времени обратимого поражения ВОЛС, когда сохраняется целостность кабеля от воздействия ударной волны, но ухудшаются оптические характеристики от ионизирующего излучения. Предложен вариант технической реализации имитатора волоконно-оптической линии связи, в котором от заданного уровня ионизирующего излучения осуществляется изменение оптических характеристик волокна.

Предложена схема проведения полунатурного моделирования процесса доведения команд управления, при котором расчет зон поражения волоконно-оптической линии связи осуществляется на основе полученных экспериментальных данных [2, 4].

Список литературы:

1. *Минко В.А. Ефремов Д.А.* Вопросы обеспечения стойкости волоконно-оптических линий связи и систем передачи к спецфакторам по результатам проведенных испытаний и экспериментов // Труды XXXIV НТК «Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем». Сб. 34. Серпухов, 2015.

2. *Минко В.А.* Способы и средства полунатурных испытаний трактов управления подвижными объектами в условиях воздействия на каналы различных родов связи // Научный вестник. Развитие систем управления: сетевой научно-технический журнал. 2023. № 4. С. 65–74 [Электронный ресурс]. URL: vestnik33.ru/arhiv/.

3. *Минко В.А. Харитонов П.А., Иванюта О.П. и др.* К вопросу оценки стойкости волоконно-оптических линий связи к действию спецфакторов: научно-технический сборник. Вопросы атомной науки и техники. Серия: физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. Москва, 2009. Вып. 4. С. 52–55.

4. *Минко В.А., Кравченко О.А., Сергеев М.В.* К вопросу сохраняемости линии связи // Научно-технический сборник «Известия». Актуальные проблемы создания информационных систем и технологий. Информационно-ударные системы и их боевое применение. Ч. 2, № 271. Балашиха: Военная академия РВСН им. Петра Великого, 2017. С. 314–329.

АЛГОРИТМЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ И ПРЕДСКАЗАНИЯ ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКИ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧЕСКОЙ ФЛЮКТУАЦИИ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ СРЕДСТВ СВЯЗИ

Д.И. Беликов

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: помеховая обстановка, прогнозирование, машинное обучение, глубокое обучение.

Работа посвящена исследованию возможности автоматического мониторинга и прогнозирования помеховой обстановки в КВ диапазоне частот с целью использования наименее зашумленных частотно-временных интервалов для организации каналов связи с благоприятными техническими характеристиками, позволяющими повысить устойчивость к подавлению и обнаружению, а также улучшить электромагнитную совместимость средств связи [1].

Одним из способов улучшения обозначенных характеристик является разработка систем шумоподобной связи, способных функционировать в требуемом диапазоне частот, проектирование и испытание которых активно ведется в последние годы. Однако создание таких систем сопряжено с преодолением ряда физических ограничений, накладываемых природными факторами.

В то же время стремительное развитие систем искусственного интеллекта, удешевление вычислительных мощностей, а также тенденция к цифровизации средств сбора и мониторинга информации о состоянии радиоаппаратуры и окружающей среды позволяют вести поиск решения обозначенных проблем иными методами. В частности, одним из методов создания скрытых и устойчивых каналов связи является организация радиосвязи посредством перестройки частоты на наименее зашумленные частоты в доверительные интервалы времени, заданные на основе анализа и прогнозирования помеховой обстановки.

В работе проведён сравнительный анализ статистических алгоритмов (SARIMAX) [2], синтезированных моделей машинного [3, 4, 5] (XGBoost, MLP, RNN, LSTM) и глубокого обучения (TCN, Transformer), используемых для задачи краткосрочного прогнозирования уровня спектральной плотности помех. Эксперимент выполнен на 15-месячном наборе реальных данных из радиоэфира с минутным разрешением, включающем измерения мощности помех на двух рабочих частотах (6761, 9156 кГц) и 31 параметр, соответствующий разнообразным метеоданным, авторегрессионным компонентам и различным сгенерированным признакам. Данные были предварительно обработаны и нормализованы, было произведено заполнение пропущенных значений. Оценка точности осуществлялась по метрикам NMSE и MAPE при фиксированном времени обучения и подбора гиперпараметров. Лучшие результаты продемонстрировали XGBoost (NMSE 4.2–4.6%, MAPE 3.2–3.4%) и Transformer (NMSE 3.8–4.4%, MAPE 3.0–3.4%).

Список литературы:

1. *Борисов В.И., Зинчук В.М.* Помехозащищенность систем радиосвязи. Вероятностно-временной подход. М.: РадиоСофт, 2008. 260 с.

2. *Sima Siami Namin, Akbar Siami Namin.* Forecasting economic and financial time series: ARIMA vs. LSTM. Texas Tech University, Lubbock, TX, USA, 2018. Pp. 1–19.

3. *Biau G.* Analysis of a random forests model // The Journal of Machine Learning Research. 2012. Vol. 13. Pp. 1063–1095.

4. *Tianqi Chen, Carlos Guestrin.* XGBoost: A Scalable Tree Boosting System // In Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 2016. Pp. 785–794.

5. *Rosenblatt F.* The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain // Psychological Review. 1958. Vol. 65, No. 6. Pp. 386–408.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ КОМПЛЕКТОВ РЕГЛАМЕНТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ СРЕДСТВ СВЯЗИ

А.С. Путятин

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: техническое обслуживание, автоматизация, комплект регламентных средств, надежность, диагностика.

В современных условиях стремительного усложнения радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) средств связи классические методы технического обслуживания (ТО) демонстрируют принципиальные ограничения [1]. Они не обеспечивают достаточную объективность, повторяемость и оперативность оценки состояния оборудования.

Целью настоящей работы является обоснование необходимости и разработка научно-методических подходов к внедрению Комплектов Регламентных Средств (КРС) – специализированных аппаратно-программных комплексов, предназначенных для автоматизации процедур ТО средств связи. В работе рассмотрены особенности построения КРС, включая использование модульной архитектуры на основе LXI/PXI/VXI/AXI, применение прецизионных средств измерения, реализацию алгоритмов цифровой обработки сигналов, а также метрологическое и информационное обеспечение [2].

Отдельное внимание уделено вопросам адаптации КРС к гетерогенной среде РЭА связи, обеспечению их надежности, мобильности и стойкости к внешним воздействиям. Предложены направления по интеграции КРС в существующую систему ТО, реинжинирингу процессов и подготовке персонала.

Проведённый анализ подтверждает, что автоматизация ТО с использованием КРС позволяет обеспечить повышение достоверности контроля, сокращение времени простоя, раннюю диагностику скрытых дефектов и, как следствие, повышение коэффициента готовности средств связи до значений уровня 0.999.

Выявлены перспективные направления развития, включая прогнозирование отказов и применение алгоритмов искусственного интеллекта.

Список литературы:

1. *Науменко А.П.* Теория и методы мониторинга и диагностики. Материалы лекций. Омский государственный технический университет, 2018. 135 с.

2. Холдинг Информтест. Новое поколение многоканальных телеметрических систем. Каталог продукции. 2025. 96 с.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО МАКЕТА ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЛЕКСА СРЕДСТВ ПАКЕТНОЙ РАДИОСВЯЗИ

С.В. Мануковский, В.И. Галдин,
Д.Н. Рахманин, А.В. Гречишкин

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: программно-аппаратный макет, алгоритмы функционирования радиосетей.

В настоящее время ведется разработка комплекса средств радиосвязи (КС РС) нового поколения. Разрабатываемый КС РС должен обеспечить работу радиосети в пакетном режиме. При этом пакетная радиосеть имеет следующие особенности функционирования:

– небольшое количество абонентов (до 120);

– абоненты могут быть как стационарными, так и подвижными;

– абоненты расположены на большой территории и могут располагаться на значительном удалении друг от друга;

– связность между абонентами изменяется во времени;

– низкая скорость передачи данных между абонентами (от 100 до 19200 бит/с);

– работа в нескольких диапазонах частот: УКВ, КВ и СВ (от 100 кГц до 80 МГц).

Учет указанных особенностей функционирования приводит к необходимости разработки специализированных алгоритмов функционирования радиосети и обеспечивающей ее работу специализированной приемо-передающей аппаратуры. Для приемо-передающей аппаратуры появляются следующие требования:

– обеспечение одновременного приема радиосигналов от нескольких абонентов во всем диапазоне рабочих частот;

– обеспечение адаптации по мощности, скорости передачи и сигнально-кодовым конструкциям.

Для повышения энергетических характеристик радиолиний необходимо рассмотреть возможность сдвоенного приема и приема одного радиосигнала на несколько приемных устройств.

В свою очередь, технические характеристики приемо-передающей аппаратуры (время задержки при формировании и

приеме радиосигналов, время переключения фильтров, чувствительность и частотная селективность приемных устройств и т.д.) будут оказывать влияние на функционирование радиосети. Поэтому отработку алгоритмов функционирования пакетной радиосети целесообразно проводить на аппаратных макетах приемо-передающей аппаратуры и имитаторах радиоканалов.

В связи с этим в АО «Концерн «Созвездие» в рамках Стратегии (программы) научно-технического развития ХК (ИС) АО «ОПК» на период до 2035 года была предложена разработка программно-аппаратного макета комплекса средств радиосвязи (ПАМ КС РС) для отработки алгоритмов функционирования фрагментов пакетных радиосетей в УКВ, КВ и СВ диапазонах.

Целью предложенной работы является разработка программно-аппаратного макета отдельных элементов комплекса средств радиосвязи для отработки схемотехнических решений и алгоритмов функционирования фрагментов пакетных радиосетей в УКВ, КВ и СВ диапазонах.

К задачам данной работы относятся:

– разработка алгоритмов функционирования низкоскоростных пакетных радиосетей, в т.ч.: самоорганизация сети, затягивание в сеть отставшего корреспондента, реконфигурация сети при выходе из строя (физическом уничтожении) узлов связи, оперативная смена комплекта радиоданных и т.д.;

– отработка алгоритмов функционирования фрагмента пакетных радиосетей в УКВ, КВ и СВ диапазонах на макетах приемо-передающей аппаратуры разрабатываемого КС РС с имитацией распространения радиоволн для подтверждения вероятностно-временных характеристик;

– исследование СКК в части обеспечения повышенной энергетической скрытности и помехоустойчивости в условиях воздействия естественных и преднамеренных помех;

– отработка отдельных схемотехнических решений по построению приемо-передающей аппаратуры разрабатываемого КС РС.

Для решения поставленных задач в предложенной работе предлагается разработать и изготовить ПАМ КС РС, в состав которого должны входить:

– макеты радиостанций, построенных на базе персональной ЭВМ (ПЭВМ), блока приемника (ПРМ) и блока возбудителя (ВЗБ). Целесообразно в состав ПАМ КС РС включить не менее пяти макетов радиостанций;

– блок имитатора радиоканала (ИРК) – 1 шт.;

– программное обеспечение ПАМ КС РС.

В ИРК реализована возможность имитации затухания радиосигналов и изменяющейся во времени помеховой обстановки [1, 2]. ПЭВМ выступает в качестве обработчика канального и сетевого уровня, устройства управления блоками ПРМ и ВЗБ, имитатора оконечной аппаратуры.

Предлагается разработать аналог блока защиты, размещенный по антенному входу блока ПРМ. Это позволит реализовать в блоке ПРМ одновременный прием нескольких радиосигналов во всем диапазоне рабочих частот с обеспечением требуемой помехоустойчивости.

Дополнительно при отработке схемотехнических решений построения ПРМ и ВЗБ должна быть проработана возможность их реализации на отечественной электронной компонентной базе [3].

Таким образом, показана целесообразность разработки программно-аппаратного макета фрагмента низкоскоростной перспективной пакетной радиосети для отработки алгоритмов её функционирования.

Список литературы:

1. *Тихомиров Н.М., Гречишкин А.В., Савченко М.П., Чиликин А.А., Фортунова Н.А.* Имитатор радиоканала для тестирования и экспериментальной отработки систем радиосвязи УКВ диапазона // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2019. № 1. С. 57–61.

2. Пат. на изобр. 2683023 РФ, МПК H04B17/391. Имитатор радиоканала / *Тихомиров Н.М., Марков И.А., Рахманин Д.Н., Гречишкин А.В., Чиликин А.А., Бачурин Н.В.* (RU). № 2018118723; Заяв. 21.05.2018; Приоритет 21.05.2018; Опубл. 26.03.2019, Бюл. № 9; 15 с., 8 ил.

3. *Гречишкин А.В., Ермаков С.А.* Достижимые технические характеристики программно-определяемых радиосредств при использовании отечественной электронной компонентной базы // Радиотехника. 2023. Т. 87, № 5. С. 102–114.

ПЕРСПЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ И КОММУТАЦИИ

А.П. Баранов

ПАО «Морион», г. Пермь

Ключевые слова: перспективная система связи, спектральное уплотнение каналов WDM, пакетные технологии All-IP, платформа амортизационная, централизованный мониторинг и управление.

Перспективная система волоконно-оптической связи и коммутации предназначена для организации оптических спектральных каналов и их коммутации в узлах стационарного и подвижного базирования, а также обеспечения информационного обмена в интересах систем управления и связи, технических систем объектов Заказчика.

Возможности перспективной системы связи:

– образование волоконно-оптических трактов между объектами Заказчика;

– резервирование волоконно-оптических трактов по обходным маршрутам при нарушении основного направления связи;

– усиление оптического сигнала для обеспечения возможности функционирования оптических трактов по протяженным волоконно-оптическим линиям связи и компенсации наведенного затухания;

– спектральное уплотнение оптического волокна по технологии CWDM (рекомендация МСЭ-Т G.694.2);

– спектральное уплотнение оптического волокна по технологии DWDM (рекомендация МСЭ-Т G.694.1);

– образование типовых и специализированных аналоговых и цифровых каналов по проводным и радиорелейным трактам в интересах потребителей;

– автоматическое и автоматизированное резервирование трактов и каналов волоконно-оптической связи трактами высокоскоростной радиосвязи, организованными радиорелейными станциями, а также типовыми каналами, образованными другими системами передачи;

– широкое применение пакетных технологий передачи данных;

– преобразование оптического сигнала существующих оптических систем связи для передачи по системам с технологией спектрального уплотнения;

– преобразование электрических сигналов плезиохронной цифровой иерархии 2, 8 и 34 Мбит/с волоконно-оптических систем передачи для их передачи по сети с коммутацией пакетов с использованием технологии TDMoIP;

– реализация функции узловой коммутации;

– централизованный мониторинг и управление.

Перспективная система волоконно-оптической связи и коммутации представляет собой совокупность комплексов волоконно-оптической связи и соединяющих их линий волоконно-оптической и высокоскоростной радиорелейной связи.

Комплексы волоконно-оптической связи предназначены для оснащения защищенных и наземных объектов (сооружений), а также подвижных агрегатов. Комплексы волоконно-оптической связи представляют собой набор телекоммуникационного оборудования, обеспечивающего организацию типовых каналов и трактов по технологиям коммутации каналов и коммутации пакетов.

Комплексы волоконно-оптической связи включают в себя волоконно-оптическую подсистему, подсистему коммутации каналов и подсистему коммутации пакетов и обеспечивают сопряжение с действующими системами связи предыдущих поколений на базе частотного и временного разделения каналов, повышение пропускной способности, дальности связи и связности узлов волоконно-оптической инфраструктуры, открытость к переходу к полностью пакетной архитектуре построения системы связи.

Подсистема коммутации каналов обеспечивает преобразование аналоговых и цифровых каналов потребителей в формате основного цифрового канала с дальнейшим мультиплексированием в цифровые потоки E1 (рекомендация МСЭ-Т G.703). Кроме того, подсистема коммутации каналов обеспечивает преобразование канальных окончаний потребителей по технологии TDMoIP для обеспечения передачи через подсистему коммутации пакетов.

Подсистема коммутации пакетов обеспечивает подключение потребителей по стыкам Ethernet и формирование цифровых линейных трактов на базе потоков Ethernet в направлении объектов Заказчика.

Оптическая подсистема обеспечивает организацию линейных трактов между объектами, уплотненных оборудованием спектрального мультиплексирования (CWDM, DWDM). Оптическая подсистема обеспечивает резервирование оптических трактов по обходным маршрутам при нарушении основного направления. Оборудование спектрального уплотнения позволяет передавать линейные тракты, организованные подсистемами коммутации каналов и пакетов, в одном оптическом волокне на разных длинах волн оптического излучения. Оборудование спектрального уплотнения обеспечивает передачу до 40 спектральных каналов по одной паре оптических волокон.

Оптические линейные стыки, организованные оборудованием спектрального уплотнения, могут быть зарезервированы радиорелейными линиями связи. В состав комплексов входит оборудование радиорелейной связи с антенно-фидерными устройствами.

Входящий в состав перспективной системы волоконно-оптической связи комплекс средств управления обеспечивает:

– дистанционный мониторинг и управление средствами связи;

– графическое отображение текущего состояния оборудования комплексов средств связи;

– конфигурирование сетевых соединений (создание каналов и трактов);

– мониторинг параметров качества функционирования созданных сетевых соединений;

– локализация неисправных элементов сети (объектового оборудования, линий связи);

– перераспределение доступного канального ресурса с учетом приоритетов связей;

– управление правами доступа к средствам управления.

РАЗРАБОТКА МАКЕТОВ МАЛОГАБАРИТНЫХ РАДИОСТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ СИГНАЛОВ С РАСШИРЕННЫМ СПЕКТРОМ НА СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЕ

В.Н. Орлянский, С.А. Постников, Ю.В. Левченко,
В.Ю. Лачков, Ю.А. Плахотнюк, А.П. Солодовников,
А.В. Самороковский, М.В. Чаусов, К.П. Беспалов

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: шумоподобные сигналы, энергетическая скрытность, помехоустойчивость, SDR.

Технологии формирования помехоустойчивого приема сигналов с расширенным спектром давно известны [1–3] и успешно применяются АО «Концерн «Созвездие» при построении каналов передачи информации.

До недавнего момента основным фактором, сдерживающим массовое развитие каналов связи на основе сигналов с расширенным спектром, являлось отсутствие широко распространенной, низкобюджетной, высокопроизводительной ЭКБ. В настоящее время этот вопрос решается путем использования платформ программно-определяемого радио (SDR).

АО «Концерн «Созвездие» – не первое предприятие, создающее бюджетное устройство передачи голоса и данных на основе сигналов с расширенным спектром. Анализ рынка показал, что прототип нашей разработки обладает лучшими техническими характеристиками и меньшей стоимостью при серийном производстве.

Целью доклада является презентация прототипа малогабаритной радиостанции на базе сигналов с расширенным спектром, обладающего следующими свойствами:

– высокая устойчивость к внешним широко- и узкополосным помехам;
– стабильная связь в условиях зашумленного эфира;
– защищенность от перехвата и несанкционированного доступа;
– отсутствие визуального демаскирующего признака.

Разработка данного малогабаритного устройства стала возможной благодаря современной элементной базе, включая программируемые SDR-платформы на базе микроконтроллеров, сигнальных процессоров и ПЛИС высокой степени интеграции, что предоставляет новые возможности для миниатюризации.

Процесс разработки включал решение следующих *задач*:

– выбор и реализация алгоритмов формирования сигнала с расширенным спектром, алгоритмов цифровой обработки сигналов (ЦОС);

– выбор компонентов современной элементной базы и проектирование новой аппаратной реализации с приоритетом широкодоступной ЭКБ общего применения;

– изготовление прототипов устройств связи;

– проведение лабораторных и полевых испытаний прототипов.

В результате был разработан прототип радиостанции на основе ПЛИС и АЦП общего назначения. При проектировании прототипов и выборе алгоритмов учтен многолетний опыт разработок АО «Концерн «Созвездие».

В прототипе реализованы следующие решения:

– работа в самом распространенном диапазоне для подвижной УКВ-связи (VHF-диапазон);

– BPSK-модуляция;

– прямое расширение спектра (DSSS) на основе псевдослучайной последовательности длиной 6000 символов;

– расширение алфавита за счет использования псевдослучайной последовательности с циклическим сдвигом;

– приемник на основе согласованного фильтра;

– блок подавления узкополосных помех;

– помехоустойчивое кодирование кодом Рида–Соломона;

– компенсация многолучевости методом временной селекции сигналов.

Для оценки технических характеристик были проведены лабораторные и полевые испытания. Положительные результаты испытаний доказали работоспособность и физическую реализуемость выбранных алгоритмических и аппаратных решений. Были подтверждены следующие характеристики канала связи:

– возможность устойчивой работы в условиях воздействия широкополосной помехи АБГШ;

– возможность устойчивой работы в условиях воздействия узкополосных помех;

– расстояние неразличимости сигнала с расширенным спектром на фоне естественных помех существенно меньше дальности связи.

Таким образом, разработанная радиостанция демонстрирует высокую эффективность в условиях помех и может стать перспективным научно-техническим заделом для организации каналов передачи данных с помехоустойчивой стабильной связью.

Список литературы:

1. *Диксон Р.К.* Широкополосные сигналы / Под ред. Л.Ф. Жигулина. М.: Связь, 1979. 302 с.

2. *Варакин Л.Е.* Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Радио и связь, 1985. 384 с.

3. *Борисов В.И., Зинчук В.М., Лимарев А.Е., Мухин Н.П., Нахмансон Г.С.* Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов модуляцией несущей псевдослучайной последовательностью. М.: Радио и связь, 2003. 640 с.

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ РАЗВЕДЗАЩИЩЕННОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАДИОКАНАЛОВ УКВ ДИАПАЗОНА ОСНОВНОГО ТРАКТА В УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СРЕДСТВ КОСМИЧЕСКОЙ РРТР

В.И. Филатов

Военная академия РВСН им. Петра Великого, г. Балашиха

Ключевые слова: разведзащищенность, сигналы управления, атмосферный шум.

Функционирование радиоканалов передачи информации УКВ диапазона радиоэлектронных средств (РЭС) в современных условиях значительно осложнено низкими показателями разведзащищенности. Причиной сложившихся обстоятельств послужили такие факторы, как:

– насыщенная группировка современных космических средств ведения радио-радиотехнической разведки (РРТР), включая геостационарные, эллиптические и низкоорбитальные;

– высокие мощности излучаемого сигнала (десятки и сотни Вт);

– высокая чувствительность бортовых разведприемников;

– отсутствие возможностей внедрения и эксплуатации направленных антенн, позволяющих снижать эквивалентную изотропную излучаемую мощность в угломерной плоскости.

В условиях ограничений, выраженных в интервале выделенной полосы частот и мощности радиопередающих устройств УКВ диапазона подвижного командного пункта ракетного полка (ПКП РП), а также с учетом заданных технических требований по гарантированной дальности передачи сигналов и команд управления и вероятностно-временных характеристик важнейшей проблемой становится обеспечение повышения разведзащищенности.

Одним из возможных вариантов решения данной проблемы может быть использование некоторых особенностей распространения радиоволн на радиотрассе «поверхность–космос», которые выражаются в дополнительных (помимо потерь в свободном пространстве) ослаблениях на приемных трактах средств космической РРТР. Природой таких ослаблений являются особенности распространения радиоволн в том

или ином частотном диапазоне, вызванные влиянием атмосферных газов, галактических шумов, солнечного ветра, паров влажности, а также отражающих способностей ионосферы. Поскольку распространение радиоволн за счет ионосферного переотражения принято рассматривать в ограничении декаметрового диапазона (до 30 МГц), все же необходимо учитывать, что в некотором частотном диапазоне (от 30 до 50 МГц) радиопрозрачность не является идеальной, и в ионосфере создаются дополнительные потери при распространении радиоволн [1].

Характер особенностей суммарных потерь в радиоканале и их нелинейное распределение в спектре позволяют сформулировать гипотезу о выборе параметров радиосигнала, оптимального по критерию максимума разведзащищенности. Гипотеза предполагает, что «в условиях энергетических и частотных ограничений при обеспечении максимума помехозащищенности и скрытности невозможно синтезировать сигнал лучше, чем сигнал с прямым расширением спектра с нелинейным распределением спектральной плотности мощности». Согласно гипотезе, в условиях заданных ограничений возможно выбирать либо максимум разведзащищенности при требуемой помехоустойчивости, либо, наоборот, максимизировать помехоустойчивость при требуемой разведзащищенности.

Рассматриваемая гипотеза прежде всего характеризуется комплексным подходом при синтезе сигнала, основная идея которого состоит в том, что для повышения помехозащищенности необходимо использовать ШПС во всей имеющейся полосе [2], а для обеспечения высокой разведзащищенности необходимо, чтобы такой сигнал имел спектральную форму, пропорциональную потерям в радиоканале ведения РРТР, т.е. был адаптивным к условиям затуханий. Спектр широкополосного сигнала для РЭС УКВ диапазона перспективных РКМБ должен соответствовать характеристике передаточной функции радиоканала обнаружения.

Таким образом, использование фактора дополнительных потерь в радиоканале «передатчик–средство космической РРТР» позволяет обеспечить повышение разведзащищенности в условиях частотных ограничений диапазона частоты.

Список литературы:

1. Рекомендация МСЭ-R P.525 - 4 (08/2019). Женева, 2020.

2. *Варакин Л.Е.* Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Радио и связь, 1985. 384 с.

4 секция
КОМПЛЕКСЫ И СРЕДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ

ШИРОКОПОЛОСНАЯ МИКРОПОЛОСКОВАЯ АНТЕННА УВЧ ДИАПАЗОНА С КРУГОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ

С.Н. Рожненко[1], В.А. Дубинкин[1], И.В. Попов[2], А.В. Бердышев[1]

[1]АО «ВЦКБ «Полюс», г. Воронеж
[2]АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: моделирование антенн УВЧ, СВЧ диапазонов частот, широкополосные микрополосковые антенны, диаграмма направленности, поляризация излучения

Одним из направлений разработок антенн УВЧ, СВЧ диапазонов является использование для построения их конструкций компактных микрополосковых (МП) антенн [1, 2]. Для моделирования их конструкций и электродинамических расчетов их излучающих характеристик созданы и используются пакеты прикладных программ [3]. Данный подход позволяет успешно разрабатывать и создавать эффективные широкополосные МП антенны и решетки УВЧ, СВЧ диапазонов.

При разработке таких антенн, как правило, создаются МП антенны с одной преимущественной поляризацией. Для ряда же приложений требуется получить в широкой полосе частот поле излучения круговой поляризации.

Цель работы: разработка и создание новой широкополосной МП антенны для диапазона 800...1000 МГц, с круговой по азимуту диаграммой направленности и круговой поляризацией излучения.

В основу разработки такой антенны была положена схема МП антенны, возбуждение которой осуществляется в двух точках ее конструкции, что позволило выбрать элементы антенны, обеспечивающие широкополосность, круговую поляризацию излучаемого поля и практически круговую диаграмму направленности излучения. Моделирование антенны проводилось с использованием метода конечных разностей во временной области (FDTD). Этот метод позволяет решать временные уравнения Максвелла, используя для дискретизации

сетку, предложенную в [5]. Дальнейшее уточнение результатов проводилось с помощью численного моделирования методом конечных интегралов, предложенного в [6].

Моделирование антенны диапазона 800 МГц

Для данного диапазона была разработана исходная конструкция МП антенны с двумя точками возбуждения для рабочего диапазона: 780...860 МГц. Моделирование МП антенны такого типа позволило предложить конструкцию МП антенны в виде экрана, на высоте 50 мм над которым укреплен круговой излучатель диаметром 167 мм с двумя сегментными кольцевыми вырезами. Между экраном и излучателем размещена воздушная микрополосковая линия (ВМПЛ) в виде сегмента кольца, укрепленная на высоте 14 мм над экраном. Два металлических штифта соединяют ВМПЛ с излучателем в области его кольцевых вырезов. Металлические штифты крепят ВМПЛ к экрану через изоляторы. Коаксиальный приборный разъем *N*-типа соединяется с экраном и с ВМПЛ в рассчитанной при моделировании точке.

Моделирование МП антенны данной конструкции показало, что в диапазоне 780...860 МГц КСВН антенны не превышает 1,2 (широкополосность 10%), а в диапазоне 730–940 МГц – не менее 1,5 (широкополосность 25%).

Результататы расчетов ширины диаграммы направленности (ДН) МП антенны для диапазона 800 МГц показывают, что она составляет порядка 55...65°, причем поляризация излучения антенны близка к круговой.

Аналогично рассмотренной конструкции МП антенны диапазона 800 МГц были промоделированы антенны подобной конструкции для диапазонов 900 и 1000 МГц. При этом были только уменьшены размеры самого излучателя (диаметры 155 мм и 147 мм) и высоты его крепления над экраном.

Результататы расчетов ширин ДН МП антенн диапазонов 900 и 1000 МГц показывают, что она составляет порядка 50...65^0, причем поляризация поля излучение антенн также близка к круговой.

Выводы:

1. Предложена конструктивная схема и проведено моделирование новой МП антенны с двумя точками возбуждения для диапазона частот 800...1000 МГц. Антенна представляет собой круговой излучатель с двумя сегментными кольцевыми

вырезами, закрепляемый над экраном, и воздушной микрополосковой линии в виде сегмента кольца, располагаемой между экраном и излучателем.

2. С использованием пакета программ CST Studio Suite проведен расчет основных характеристик (КСВН, ширины ДН) предложенной новой конструкции МП антенны с двумя точками возбуждения.

3. Результаты расчетов показали, что:

– для МП антенны данной конструкции в диапазоне 800...1000 МГц при ширине рабочего диапазона порядка 80 МГц могут быть получены КСВН менее 1,2 и коэффициенты усиления в пределах 8... 9 дБи;

– ширины диаграмм направленности излучения данной антенны (по уровню –3 дБ) составляют 50...65°;

– поляризация излучения антенны конструкции близка к круговой при практически круговой диаграмме направленности излучения в азимутальной плоскости.

Список литературы:

1. *Сазонов Д.М.* Антенны и устройства СВЧ. М.: Высшая школа, 1988. 432 с.

2. *Панченко Б.А., Нефедов Е.И.* Микрополосковые антенны. М.: Радио и связь, 1986. 144 с.

3. CST Studio Suite @ Copyright 1998–2024.

4. *Yee K.S.* Numerical Solution of Initial Boundary Value Problems involving Maxwell's Equations in Isotropic Media // IEEE Trans. Antennas Propagat. May. 1966. Vol. 14. No. 5. Pp. 302–307.

5. *Berenger J.P.* A Perfectly Matched Layer for the Absorption of Electromagnetic Waves // J. Comp. Phys. 1994. Vol. 114. Pp. 185–200.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОРАЗВЕДКИ И РАДИОПОДАВЛЕНИЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ РАДИОЛИНИЙ

К.Д. Титов

ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж

Ключевые слова: радиоэлектронная борьба, радиоэлектронно-информационное обеспечение, радиоподавление, сверхширокополосные сигналы.

Одним из важнейших направлений совершенствования интегрированных систем связи и передачи данных является повышение конфликтной устойчивости их функционирования в сложной оперативной и радиоэлектронной обстановке. В последние годы ведущие зарубежные страны осуществили качественный скачок в области разработки и перешли к практическому внедрению радиоэлектронных средств (РЭС) со сверхширокополосными (СШП) сигналами. К преимуществам СШП технологии относится высокая скорость передачи информации, энергетическая скрытность, помехоустойчивость, возможность одновременной работы большого числа РЭС в общей полосе частот и др. Указанные преимущества делают такой вид радиолиний крайне сложным как для радиоразведки, так и для радиоподавления существующими образцами техники радиоэлектронной борьбы (РЭБ).

В настоящее время основная доля средств радиосвязи с СШП сигналами применяется для создания наземных мобильных сетей. В последние годы также наблюдаются тенденции по применению СШП сигналов для обеспечения передачи данных с беспилотных летательных аппаратов или летательных аппаратов тактической и армейской авиации. Помимо этого, СШП сигналы используются для расширения функционала или повышения характеристик других систем, в частности радиолокации, локальных навигационных систем, подповерхностного зондирования и др.

Перечисленные особенности обусловливают на современном этапе весьма значимое противоречие между потенциальными возможностями существующих комплексов и средств РЭБ

и эффективностью радиоэлектронно-информационного обеспечения их применения. Изложенное определяет важность исследований в таких направлениях, как формирование моделей перспективных СШП сетей радиосвязи и передачи данных, функционирующих в условиях преднамеренных помех, развитие методов радиоразведки сетей СШП радиосвязи в условиях априорной параметрической неопределенности сигналов противника, а также методов их радиоподавления.

Сформулированное противоречие может быть разрешено путем развития оптимальных и квазиоптимальных статистических методов обработки СШП сигналов в условиях высокой априорной неопределенности, а также исследования помехоустойчивости СШП радиосетей при воздействии различных видов помех посредством аналитического, статистического, имитационного и аппаратно-программного моделирования.

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ОТ БПЛА

Е.Г. Борисов, Е.С. Белов, И.И. Гоцко

АО «НИИ «Вектор», г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, обнаружение, поражение, подавление, комплексная система, мультиагентные системы.

Защита промышленных предприятий и других критически важных народнохозяйственных объектов, населенных пунктов на территории РФ от воздействия беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) разведывательных и ударных типов является актуальной проблемой.

Цель доклада – анализ вариантов построения систем комплексной защиты объектов от БПЛА, а также способов противодействия им.

Задачу обнаружения БПЛА предлагается решать с использованием многопозиционных радиотехнических систем, основанных на различных физических принципах, создающих зоны обнаружения различной конфигурации и пересекающихся в пространстве и времени. При этом предполагается комплексная обработка локационной информации от РЛС, пассивных когерентных локаторов, станций радио- и радиотехнической разведки, акустических систем обнаружения и оптико-электронных систем. Наличие тех или иных средств обнаружения определяется важностью прикрываемого объекта и его спецификой. При этом для всех датчиков-обнаружителей, входящих в систему, решаются задачи поиска, обнаружения, завязки трасс целей, фильтрации их траекторий, совместное отождествление данных, объединение траекторий и формирование информационной модели налета с заданными показателями качества.

В целях обеспечения эффективного поражения или подавления БПЛА предлагается использовать способ комплексного применения разнородных сил и средств на основе технологий экспертных систем, генетических алгоритмов и искусственных нейронных сетей [1, 2].

Экстраполируя технический уровень развития беспилотных систем, можно сделать вывод о том, что в недалекой перспективе их боевое применение будет основываться на муль-

тиагентных системах с различными стратегиями взаимодействия (централизованной, децентрализованной и смешанной) при широком использовании роевых алгоритмов и искусственного интеллекта. Следует ожидать совместного использования БПЛА, беспилотных наземных транспортных средств и безэкипажных судов.

Для борьбы с автономными роботизированными системами предлагается использовать комбинированное воздействие средствами радиоэлектронной борьбы радио- и оптических диапазонов, поражение атакующих целей БПЛА-перехватчиками с оптоэлектронными и комбинированными головками самонаведения, а также используя снаряды с дистанционным подрывом в заданной точке пространства. Предлагается использовать БПЛА-перехватчики разных типов, с применением комбинированных методов наведения и способных образовывать зоны «противовоздушного минирования» на заданный временной интервал. Алгоритмы группового управления БПЛА-перехватчиков основаны на интеллектуальных методах, таких как генетические алгоритмы, алгоритмы нечеткой логики, роевые и нейросетевые алгоритмы [3–4].

Список литературы:

1. *Ерёмин Г.В., Чёрный С.Н.* Система борьбы с беспилотными летательными аппаратами – новый технический уровень и комплексный подход // Военная мысль. 2022. № 7. С 32–40.

2. *Лопин. Г.А., Смирнов Г.И., Ткачёв И.Н.* Развитие средств борьбы с беспилотными летательными аппаратами // Военная мысль. 2023. № 1. С. 42–50.

3. *Захаров Э.А., Кудров М.А., Бухаров К.Д., Махоткин Д.Р., Кривошеин Н.Е., Гришин Н.А., Семенкин В.Г.* Интеллектуальный алгоритм управления группой беспилотных аппаратов // Информационные технологии и вычислительные системы. 2019. № 4. С. 3–11.

4. *Ефанов В.Н., Мизин С.В., Неретина В.В.* Управление полетом БПЛА в строю на основе координации взаимодействия группы летательных аппаратов // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2014. Т. 18, № 1(62). С. 1–10.

ФОРМИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИМИТИРУЮЩЕГО МЕШАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА OFDM КАНАЛ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯ С БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

К.Ю. Ложкин, А.А. Донцов, Е.Р. Антипенский

ВУНЦ ВВС «ВВА», г. Воронеж

Ключевые слова: канал передачи видеоданных, радиоподавление беспилотных летательных аппаратов (БпЛА), имитирующее воздействие.

Опыт военных конфликтов последних лет показывает, что наиболее широкое распространение и применение в тактическом бою получают малоразмерные БпЛА, с помощью которых осуществляется разведка, корректировка огня артиллерии, поражение живой силы и военной техники противника, а также ведение оперативного контроля боевых действий [1, 2]. Отсюда возникает актуальная задача противодействия малоразмерным БпЛА противника, которая в настоящее время имеющимися средствами ПВО решается недостаточно эффективно. Одной из основных проблем применения современных средств ПВО против данного класса БпЛА являются низкие показатели их радиолокационной и тепловой заметности. Использование зенитно-ракетных комплексов малой и средней дальности для борьбы с малоразмерными БпЛА также нецелесообразно по показателю «эффективность–стоимость». Одним из путей решения задач противодействия малоразмерным БпЛА противника является применение средств радиоэлектронного подавления (РЭП), однако при этом имеется ряд ограничений, обусловленных следующими факторами:

– высокая энергетика излучаемых сигналов средств РЭП обусловливает сложность обеспечения электромагнитной совместимости наземной техники РЭП со своими радиоэлектронными средствами;

– большие массогабаритные характеристики и высокое энергопотребление целевых нагрузок, предназначенных для

реализации традиционных способов РЭП, делает проблематичным их размещение на перспективных малозаметных носителях (БпЛА, роботизированные колёсные и гусеничные образцы).

Одним из перспективных способов радиоподавления малоразмерных БпЛА является применение имитирующих помех, обеспечивающих скрытность осуществляемого воздействия [3]. Вопросы применения имитирующих воздействий на каналы передачи видеоданных БпЛА практически не освещены на сегодняшний день, представляют несомненный интерес и обуславливают актуальность статьи. Цель работы – разработка модели процесса радиоподавления канала передачи данных БпЛА с помощью имитирующих воздействий.

Под малоразмерными понимаются тактические БпЛА, относящиеся к микро-БпЛА, мини-БпЛА и БпЛА ближней дальности [3]. Основными аппаратами данного класса, широко применяемыми для выполнения боевых задач в вооружённых силах передовых стран мира, являются: RQ-11 Raven, Bird Eye-400, Skylark 2-HR, Dragon Eye, Luna, Puma-AE, RQ-16 T-Hawk. Для управления малоразмерными БпЛА и передачи с них разведывательных данных как правило используется дуплексный канал управления и передачи данных в пределах прямой видимости с частотным или временным разделением линий приема и передачи, который и будет являться целью имитирующего воздействия. Основная идея применения имитирующего воздействия в данном случае заключается не в полном подавлении канала, а внесении масштабирующих сдвигов в передаваемое с БпЛА изображение таким образом, чтобы оно отличалось от реального и не позволяло оператору БпЛА осуществить идентификацию истинной цели, наведение или сброс боеприпасов по ней. Такого результата можно достичь, внося задержки по времени в передаваемый с БпЛА на наземную станцию управления (НСУ) сигнал и переизлучая его, что и будет являться имитирующим воздействием.

Для моделирования процессов приема, обработки сигнала БпЛА, формирования и излучения имитирующего воздействия в модели предусмотрено выполнение следующих процедур: компрессия исходного изображения JPG в формат MPEG-2; кодирование кодом Рида-Соломона; формирование транспортных

пакетов в формате DVB-T; модуляция данных 64 QAM; модуляция данных OFDM (ортогональное частотное мультиплексирование); передача по радиоканалу с аддитивным белым гауссовым шумом (АБГШ); формирование и излучение имитирующего воздействия; прием аддитивной смеси сигнала БпЛА и имитирующего воздействия; демодуляция OFDM, нормирование сигнала; демодуляция 64 QAM; распаковка данных из транспортных пакетов DVB-T; декодирование и декомпрессия MPEG-2 в изображение формата JPG; оценка эффективности воздействия помехи и искажений изображения.

В качестве имитирующего воздействия реализован следующий алгоритм искажений передаваемых данных. Поступающая из радиоканала смесь OFDM сигнала и аддитивного белого гауссовского шума разделяется на реальную (*Re*) и мнимую (*Im*) составляющие (каналы). Затем осуществляется усиление каждого канала с варьируемыми коэффициентами и объединение в комплексный сигнал. Параллельно входной комплексный сигнал подвергается задержке на заданное количество пакетов OFDM и суммируется с исходным и усиленным сигналом, после чего поступает на вход приемника OFDM (демодулятора).

По результатам моделирования процесса передачи изображения в условиях шума и имитирующего воздействия рассчитываются вероятности символьной и битовой ошибок. На основе расчета взаимной корреляционной функции эталонного изображения объекта-цели на изображении и принятого изображения фоноцелевой обстановки, определения координат ее максимума рассчитывается ошибка определения координат цели.

В ходе исследования установлено, что увеличение коэффициентов усиления реального и мнимого каналов формирования помехи приводит к сильному искажению принимаемого изображения и потере эффекта имитации, что может быть обнаружено противником. Поэтому большее влияние на эффективность радиоподавления канала передачи видеоизображения с беспилотных летательных аппаратов с помощью имитирующего воздействия оказывает величина задержки OFDM-пакетов помехи.

Список литературы:

1. *Афонин И.Е., Макаренко С.И., Петров С.В., Привалов А.А.* Анализ опыта боевого применения групп беспилотных летательных аппаратов для поражения зенитно-ракетных комплексов системы противовоздушной обороны в военных конфликтах в Сирии, в Ливии и в Нагорном Карабахе // Системы управления, связи и безопасности. 2020. № 4. С. 163–19.

2. *Федутинов Д.* Беспилотники в сирийском конфликте [Электронный ресурс]. URL: https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/bespilotniki-v-siriyskom-konflikte/ (дата обращения 12.05.2025 г.)

3. *Макаренко С.И.* Противодействие беспилотным летательным аппаратам: монография. СПб.: Наукоемкие технологии. 2020. 204 с.

5 секция
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТАКТИЧЕСКОГО ЗВЕНА

СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ТАКТИЧЕСКОМ ЗВЕНЕ

И.В. Владимиров, Р.А. Быстрых

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: автоматизированная система управления, тактическое звено, программные технологии, информационные технологии, управление войсками и оружием.

Основными практическими ориентирами Дивизиона «Связь» в области развития научно-технического направления «Автоматизированные системы управления тактического звена» (АСУ ТЗ) в период 2030–2035 гг. является создание условий для реализации Дивизионом следующих функций: системного интегратора АСУ, обеспечивающего комплексную поставку, внедрение и сопровождение жизненного цикла средств автоматизированного управления и связи в интересах Минобороны России; разработчика и поставщика базовых инфраструктурных средств обеспечения автоматизированного управления, позволяющего создавать масштабируемые сетевые структуры для управления войсками (оружием); разработчика и поставщика базовых программных и информационных изделий общесистемного и специального применения для реализации функций оперативного управления войсками и оружием.

Для создания этих условий в рамках реализации соответствующего раздела Стратегии (программы) научно-технического развития холдинговой компании (интегрированной структуры) АО «ОПК» на период до 2035 года предусмотрено выполнение (открытие) комплекса работ, целью которого является обеспечение в периоде реализации 2030–2035 гг. востребованной в войсках программно-технической основы, кото-

рая при комплексном применении позволит войскам выполнять функциональные задачи с максимальной эффективностью.

Сегодняшнее состояние разработок в области АСУ ТЗ определяется научно-техническим заделом, полученным АО «Концерн «Созвездие»:

1. При выполнении комплекса ОКР «Созвездие–2015» в виде совокупности отработанных технических решений по организации обмена информацией с применением комплексов средств связи 6-го поколения и совокупности программных и информационных решений общесистемного и специального назначения, полученных по выданным Минобороны России постановкам задач. Использование полученного научно-технического задела в явном виде, без проведения дополнительных мероприятий по его совершенствованию с учетом опыта специальной военной операции, не представляется целесообразным.
2. При проведении инициативной разработки мобильного приложения «Репей», позволяющего организовывать разведывательно-огневые (ударные) контуры, информационное обеспечение принятия командирами подразделений решений, оперативный ввод информации о состоянии поля боя имеющимися в войсках средствами автоматизации (гражданского назначения). Использование полученного научно-технического задела имеет высокий модернизационный потенциал и требует дальнейшего совершенствования.

Сегодня [1–4] развитие автоматизированных систем управления в армиях вероятного противника направлено на расширение функциональных возможностей информационного обеспечения боевых действий, повышению качества обработки информации, внедрению современных сетевых и информационных технологий, включая внедрение технологий искусственного интеллекта.

В целях создания автоматизированных систем управления, по своим функциональным возможностям в периоде создания и внедрения в войска не уступающим аналогичным системам вероятного противника, а также с учетом опыта специальной военной операции, целесообразно на ближайшую перспективу в рамках реализации Стратегии сосредоточить усилия на развитии и внедрении:

– технологий, обеспечивающих совершенствование средств автоматизированного управления с внедрением комплексов средств связи нового поколения;

– технологий комплексной автоматизации управления войсками и оружием, позволяющих обеспечить масштабируемость, интероперабельность и адаптивность автоматизированных систем, независимость применяемых программных и информационных изделий от номенклатуры первичных исходных данных и устраняющих недостатки существующей системы;

– систем поддержки принятия решений нового поколения, реализующих комплексную обработку и многоаспектное представление разнородной информации о тактической обстановке с интеллектуальной поддержкой принятия решений на основе методов искусственного интеллекта;

– инфраструктуры единого информационного пространства как взаимоувязанной по целям и задачам совокупности пространственно-распределенных серверов данных, позволяющей осуществлять оперативный сбор, хранение, обработку, преобразование, представление слабо формализованной информации о состоянии поля боя, условий ведения боя и интегрировать различные виды информации.

Это позволит обеспечить на этапах периода достижение определенных Стратегии показателей научно-технического развития.

Список литературы:

1. *Владимиров И.В.* Автоматизированные системы управления и связи. Состояние и перспективы развития // Теория и техника радиосвязи. 2018. № 2. С. 20–27.

2. *Владимиров В.И., Владимиров И.В.* Основы оценки конфликтно-устойчивых состояний организационно-технических систем (в информационных конфликтах). Воронеж: ВАИУ, 2008. 231 с., ил. 46.

3. *Макарчук И.Л., Троценко К.А.* Характер операций современных армий. Мультиразумные сетевые военные системы и тактика их действий // Военная Мысль. 2022. № 11. С. 13–31.

4. *Макарчук И.Л., Троценко К.А.* Характер операций современных армий – назревшие изменения // Военная Мысль. 2022. № 12. С. 12–26.

ОБЛИК ПЕРСПЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ТАКТИЧЕСКОГО ЗВЕНА

В.В. Фомин

АО «Концерн Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: СППР, сервисы, функции, ядро сервисов, настройка, модуль управления.

По своему назначению система поддержки принятия решений (СППР) должна обеспечить должностным лицам тактического звена (ТЗ) всестороннюю поддержку решения задач управления [1]. Принципиальным моментом при построении СППР является тот факт, что сбор информации об оперативно-тактической обстановке осуществляется тактическим сервером, а СППР использует для обработки, анализа и представления пользователям информацию, хранящуюся на тактическом сервере.

В отличие от общепринятых подходов к автоматизации управления войсками и оружием перспективная СППР ТЗ должна строиться на принципах сервисно-ориентированной архитектуры, в соответствии с которыми пользователям – должностным лицам (ДЛ) пунктов управления (ПУ) – будут предоставляться услуги по организации управления, а реализация этих услуг будет осуществляться сервисами, которые будут поддерживаться определенными наборами функций.

Если ввести этап настройки СППР под потребности конкретных групп ДЛ, то не надо будет разбивать СППР по уровням управления – это де-факто уйдет в настройки – при настройке надо вводить код группы ДЛ, в соответствии с которым будут предлагаться сервисы (услуги) и их варианты.

Для СППР предлагается сформировать 34 сервиса и 22 функциональных кластера и определить входящие в состав кластеров функции автоматизированного управления – всего 124 функции. Сформированные кластеры будут поддерживать выполнение 34 сервисов и тем самым обеспечивать предоставление ДЛ со стороны СППР необходимых услуг по решению задач управления. Сервисы охватывают весь перечень задач, решаемых АСУ, включая планирование боя и управление частями (подразделениями) в ходе боя, сбор и комплексную обработку разнородных данных, формирование единой синхронизированной картины

поля боя для всех уровней управления, организацию применения и управление робототехническими комплексами (РТК) военного назначения, включая БпЛА и наземные боевые роботы, прогнозирование развития различных видов обстановки, в том числе ОТО и ВХД противника, организацию борьбы с РТК противника и т.д.

Необходимо особо отметить, что в перспективной СППР для решения поставленных задач и предоставления услуг по предназначению должны широко использоваться методы искусственного интеллекта, включая, в первую очередь, нейронные сети и экспертные системы [2].

В обобщенном виде функциональную структуру перспективной СППР ТЗ можно представить в следующем составе: модуль настройки СППР; модуль управления СППР; база данных (БД) должностных лиц (уровней управления); БД условно-постоянной информации; БД вариантов сервисов настройки; ядро сервисов; БД сервисов СППР; БД функций поддержки сервисов; БД результатов работы СППР.

При такой структуре настройка СППР под пользователей будет заключаться в следующем: ввести код группы ДЛ и предметную область управления; выбрать ядро сервисов и в зависимости от выбранной предметной области добавить недостающие сервисы из заранее заготовленных вариантов (БД вариантов сервисов настройки); настроить сервисы, введя необходимые параметры для функций, поддерживающих сервисы. По завершении настройки вариант СППР, включающий ядро и варианты выбранных (сгенерированных под пользователей) сервисов, передаются в модуль управления СППР.

В модуле управления СППР, в зависимости от запрашиваемых услуг ДЛ ПУ – пользователей СППР, осуществляется запрос необходимых сервисов из БД сервисов СППР, из БД сервисов отправляется запрос в БД функций поддержки сервисов. Затем в обратном порядке сформированные сервисы попадают в модуль управления и выполняются.

Результаты выполнения сервисов (предоставления услуг) поступают в базу данных и ДЛ ПУ, запрашивавшим услуги. Кроме того, результаты выполнения сервисов, которые должны быть доступны ДЛ других ПУ и других уровней управления, передаются в тактический сервер.

В состав программного обеспечения (ПО) СППР должны входить три основных компонента – общее ПО, общесистемное

ПО (ОСПО), специальное ПО (СПО). При этом часть функций, поддерживающих выполнение сервисов, реализуется средствами ОСПО, часть функциональных кластеров объединены в рамках отдельных программных модулей, в результате чего СПО для переносимых средств вычислительной техники (ноутбуки) из состава СППР будет состоять из 19 программных модулей, а для носимых («Репей») – из 10.

Список литературы:

1. *Тиханычев О.В.* Теория и практика автоматизации поддержки принятия решений. Монография. М.: Эдитус, 2018. 76 с.

2. *Истанов В.* Процесс внедрения зарубежными странами технологий искусственного интеллекта в системы вооружения // Зарубежное военное обозрение. 2024. № 9. С. 3–11.

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ТАКТИЧЕСКОГО ЗВЕНА

И.О. Кадовбенко

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: автоматизированные системы управления, цифровая платформа пункта управления, тактический сервер, информационный ресурс, хранилище информационных ресурсов.

Единое информационное пространство тактического звена (ЕИП ТЗ) организовывается между органами военного управления и обеспечивает взаимодействие организационных структур воинских формирований при создании, хранении, преобразовании, сборе, анализе, передаче, поиске и применении информационных ресурсов, необходимых для выработки и принятия решений по управлению воинскими формированиями [1].

Ранее созданные АСУ обеспечивают выполнение командованием и штабом управленческих задач, связанных с отображением тактической обстановки на электронной карте местности, формированием документов установленных форм, организацией отдельных разведывательно-поражающих и информационных контуров взаимодействия [2]. Информационные базы средств автоматизации должностных лиц (ИБ ДЛ) актуализировались адресными сообщениями по схеме «каждый с каждым». Информационная совместимость применяемых автоматизированных систем военного назначения (АС ВН) достигалась реализацией протоколов функциональных взаимодействий.

Дополнительно применялись инициативно разработанные средства автоматизации в «низовом звене» тактических формирований.

Применение многовариантных реализаций средств автоматизации «низового звена» позволило сформировать отдельные «стволовые» функции управления и разведывательно-поражающие контуры, однако требует дополнительных решений для последующей агрегации информации на пунктах управления.

Перспективный облик ЕИП ТЗ, объединяющего разнородные и разноформатные данные применяемых АС ВН, предложен

на основе цифровых платформ пунктов управления (ЦП ПУ) и типизированного представления информационных ресурсов пунктов управления (ИР ПУ), формируемых как на источниках данных в «низовом звене», так и на пунктах управления тактических формирований.

Масштабируемая ЦП ПУ включает в себя тактический сервер обработки данных (ТС), расчетно-аналитическую инфраструктуру, информационные ресурсы (ИР) функциональной деятельности и нормативный документ формирования и обеспечения интероперабельности цифровой платформы пункта управления (НДИ) [3].

ТС обеспечивает организацию групп информационного взаимодействия, функционирование информационной задачи сбора данных обстановки (ИЗ СДО), ведение предметно-ориентированного хранилища ИР.

Расчетно-аналитическая инфраструктура обеспечивает функционирование системы поддержки принятия решений и моделировании действий.

Источники данных и получатели данных – оперативный состав (ОС) подразделений и пунктов управления, оснащенный средствами межвидовой системы информационного обмена и системы поддержки принятия решений (СППР).

Информационные ресурсы функциональной деятельности – структуры данных с метаданными для идентификации и обработки, используемые в информационно-вычислительном процессе на пунктах управления для визуального представления, сохранения в базах данных, агрегирования, трансформации, представления для использования на рабочих станциях и средствах расчетно-аналитической инфраструктуры.

Цифровая платформа позволяет сформировать в составе информационной базы пункта управления данные от всех подчиненных подразделений и обеспечить ОС ПУ одинаковой актуальной информацией при перемещениях ОС и ротации подчиненных подразделений, выполнение расчетных функций СППР и моделирование тактических действий.

Список литературы:

1. Концепция Единого информационного пространства Вооруженных Сил Российской Федерации. М.: МО РФ, 2004.

2. ГОСТ Р 59853 Автоматизированные системы управления войсками. Термины и определения.

3. ГОСТ Р 55062 Информационные технологии (ИТ). Интероперабельность. Основные положения.

О МЕТОДЕ, МОДЕЛЯХ И МЕТОДИКЕ ПРЕДИКАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ОПЕРАТИВНЫХ И БОЕВЫХ ДОКУМЕНТОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

О.А. Кудренко

27 ЦНИИ МО РФ, г. Москва

Ключевые слова: цифровые оперативные и боевые документы, предикативность, автоматизированные системы.

Существует объективное противоречие между достигнутыми к настоящему времени значительными возможностями информационных технологий и отсутствием обоснованного научно-методического аппарата (НМА) обработки и применения в автоматизированных системах военного назначения (АС ВН) всех оперативных и боевых документов (ОБОД) в полностью формализованном – цифровом виде, основанном на структурно-параметрической организации представления информации, предполагающей отображение информационных сообщений ограниченным набором связанных между собой элементов, обладающих характерными признаками.

Противоречия в науке и практике предопределили целесообразность решения актуальной научной проблемы, заключающейся в разработке НМА представления ОБОД в цифровом виде (в виде цифровых ОБОД) взаимоувязанными совокупностями семантических элементов, отнесенных в прошедшее, настоящее, будущее время, обеспечивающих однократный ввод информации и ее многократную автоматическую обработку в АС ВН, в том числе при решении всех ИРЗМ, разработке идентичных элементов производных документов, отображении одной и той же информации в текстовом и графическом виде.

Это возможно при условии учета во время формализации информации главного отличительного признака коммуникативных единиц языка документов – предикативности (свойства относить сообщение в определенный временной план, т.е. относить к прошедшему, настоящему или будущему времени) [1].

Необходимо проведение исследований с целью повышения оперативности автоматизированной обработки и приме-

нения ОБОД на основе использования взаимоувязанных методов, моделей и методик, реализующих однократный ввод информации в АС ВН и ее многократную автоматическую обработку и применение, в том числе для решения комплекса ИРЗМ с обеспечением соответствия информации требованиям согласованности и удобству работы с ней.

В ходе исследований обоснован ряд новых положений:

Модель предикативной обработки и применения ОБОД, учитывающая соответствие информации требованию ее универсальности, позволяющая использовать ее для различных целей с обеспечением однократности ее верифицированного ввода в АС с приданием ее элементам свойства уникальности, при котором каждый объект существует в наборе элементов информации один раз, и последующего многократного использования для решения всего комплекса ИРЗМ.

Метод предикативной обработки ОБОД, основанный на учете свойства коммуникативных единиц языка документов, позволяющий отображать в прошлом, настоящем и будущем различные задачи (действия), связанные с ними процессы, объекты и т.д., что обеспечивает структурирование любой неформализованной информации наборами ограниченного числа семантически взаимоувязанных элементов, состоящих из лексических единиц, соответствующих требованию контролируемости информации, гарантирующем возможность мониторинга ее происхождения посредством отражения ее источников, истории создания, изменения, удаления, хранения и передачи.

Модель цифрового представления и описания содержания ОБОД, базирующуюся на морфемном представлении номинативных единиц языка документов, обеспечивающую их представление в цифровом виде ограниченными наборами семантически взаимоувязанных элементов формализованной информации, отвечающих не только требованию валидности, гарантирующей всем элементам соответствие характеризующих их атрибутам, но и удобства отображения в различном виде, позволяющего отображать информацию как в текстовом, так и в графическом виде на электронной карте.

Методика обработки и применения цифровых ОБОД, основанная на предикативной обработке данных, а также модели их цифрового представления и описания содержания, что поз-

воляет минимизировать нетворческие этапы работы ДЛ с возможностью обработки и применения ОБОД в цифровом виде, формирования идентичных элементов разрабатываемых документов при соответствии информации не только требованию доступности и легкости понимания ДЛ того, какая информация имеется в наличии и получения доступа к ней, но и удобства ее использования, гарантирующего простоту обработки информации, что позволяет сократить цикл управления.

Реализация НМА обработки и применения цифровых ОБОД позволяет обеспечить в АС ВН исключение многократного ввода и обработки первичной информации, представление в различном виде (искажающей) одной и той же информации, параллельным несинхронизированным потокам информации при обработке и применении информационно взаимоувязанных текстовых и графических ОБОД, существенное повышение оперативности управления. Использование НМА обеспечивает важнейший методологический принцип интеграции обработки информации, позволяющий на основе однократного сбора (ввода) необходимой исходной информации получить всю результирующую информацию с использованием комплекса ИРЗМ, разработку соответствующего комплекта ОБОД и своевременного доведения информации до войск (сил).

Список литературы:

1. *Розенталь Д.Э.* Русский язык: учебное пособие. Для школьников ст. классов и поступающих в вузы. М.: Мир и Образование, 2007. 448 с.

СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

И.В. Владимиров, А.А. Ерыгин, М.В. Богатырев, С.А. Житенёв

АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

Ключевые слова: система моделирования, сложная организационно-техническая система, автоматизированная система управления, система связи, тактическое звено.

Необходимость перехода к сетецентрическому управлению боевыми действиями в тактическом звене приводит к кратному увеличению функциональной и технической сложности реализующих такое управление автоматизированных систем управления и связи. Разработка подобных сложных высокотехнологичных организационно-технических систем с требуемым качеством и в заданные сроки невозможна без предварительного моделирования, позволяющего уже на этапе проектирования исключать неэффективные решения по их построению и проводить «виртуальные» испытания отдельных компонентов при комплексной оценке эффективности функционирования [1–3].

В АО «Концерн «Созвездие» начиная с 2015 года ведется разработка системы моделирования сложных высокотехнологичных организационно-технических систем, которая за прошедшее время прошла несколько этапов развития.

На первом этапе в период 2015–2020 гг. был разработан базовый функционал системы моделирования, позволяющий при проектировании автоматизированных систем управления тактического звена проводить оценку эффективности решений по их построению с учетом особенностей сетецентрического управления войсками (силами) и оружием:

– мультипроцессорности, заключающейся в одновременном и параллельном выполнении множества процессов управления войсками (силами) и оружием;

– мультисервисности, заключающейся в предоставлении услуг по передаче разнородного трафика (короткие и технологические сообщения, данные, телефония, видео-конференц-связь и видеотрансляция);

– мультитехнологичности, заключающейся в интеграции различных технологий связи (технологий коммутации пакетов и

каналов, технологий радио-, радиорелейной, тропосферной, спутниковой и проводной связи).

На втором этапе в период 2020–2023 гг. проведено дальнейшее развитие функционала системы моделирования в части исследования эффективности систем связи Сухопутных войск стратегического и оперативного звеньев управления, а также систем радиосвязи разнородной группировки сил Сухопутных войск, Воздушно-космических сил и Военно-морского флота. При этом расширена номенклатура учитываемых при моделировании решений: по пространственным характеристикам, составу и размещению пунктов управления, узлов связи и объектов связи; по топологии организуемых сетей связи и используемым в них сигнально-кодовым конструкциям, а также набору предоставляемых ими услуг и информационной нагрузки; по составу и характеристикам технических средств, формирующих комплексы средств автоматизации управления и связи, устанавливаемые на объекты связи; по используемым стекам телекоммуникационных протоколов на прикладном, сеансовом, транспортном, сетевом и канальном и физическом уровнях эталонной модели взаимодействия открытых систем.

Третий этап, начавшийся в 2023 году и продолжающийся по настоящее время, связан с совершенствованием системы моделирования в части создания полунатурных моделей сложных организационно-технических систем, в которых в целях повышения адекватности «ключевые» компоненты замещены реальными объектами.

В рамках третьего этапа проводятся работы по созданию полунатурной модели управления группой наземных робототехнических комплексов военного назначения, в которой натурная часть состоит из реальных бортовых информационно-управляющих систем робототехнических комплексов, а виртуальная часть – из имитационной модели сети связи. При этом имитационная модель сети связи обеспечивает управление задержкой передачи данных между бортовыми информационно-управляющими системами, расчет которой осуществляется на основе имитационного моделирования циркулирующего в сети связи трафика с учетом сложившейся топологии, а также воздействующих преднамеренных и непреднамеренных помех.

Планируется разработка полунатурной модели перспективной автоматизированной системы управления тактического звена сетецентрического типа, в которой натурная часть

будет выполнена в виде реальных цифровых платформ пунктов управления, а виртуальная часть – в виде имитационной модели системы связи.

Дальнейшим направлением развития системы моделирования будет являться разработка и внедрение элементов искусственного интеллекта, в частности нейросетевых алгоритмов для обработки и анализа больших объемов статистических данных, получаемых в результате модельных экспериментов, с целью выдачи практических рекомендаций по улучшению качества разрабатываемых автоматизированных систем управления и связи как сложных организационно-технических систем.

Таким образом, в АО «Концерн «Созвездие» создана система моделирования сложных организационно-технических систем, обладающая высоким потенциалом развития за счет ее построения по блочно-модульному принципу с использованием нового инновационного подхода, основанного на многоуровневой структурно-функциональной декомпозиции процессов обработки и обмена информацией по уровням эталонной модели взаимодействия открытых систем и их взаимозависимом моделировании на каждом уровне декомпозиции дискретно-событийным методом.

Список литературы:

1. *Акопов С.* Имитационное моделирование. М.: Юрайт, 2014.

2. *Каталевский Д.Ю.* Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учебное пособие; 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. 496 с.

3. *Максимей И.В., Смородин В.С., Демиденко О.М.* Разработка имитационных моделей сложных технических систем. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2014. 298 с.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АСУ АРТИЛЛЕРИИ В УСЛОВИЯХ НОВЫХ ТРЕБОВАНИЙ К УПРАВЛЕНИЮ ОГНЕВЫМ ПОРАЖЕНИЕМ ПРОТИВНИКА И ОПЫТА СВО

Н.И. Макогонов

АО «Радиозавод», г. Пенза

Ключевые слова: АСУ войсками и оружием, разведывательно-огневая система, обеспечение связи между объектами, задача автоматизации управления войсками, делегирование полномочий.

Проводимая в настоящее время Вооруженными Силами России на территории Украины специальная военная операция является вооруженным конфликтом высокой интенсивности с применением сетецентрической концепции управления. В этом ключе перспективы развития РВиА СВ ВС РФ продиктованы реализацией современной концепции огневого поражения противника и выражаются в переходе сил огневого поражения в новое качественное состояние – разведывательно-огневую систему с реализацией адаптивно-оптимизационного метода планирования огневого поражения в качестве основного. К реализации этой концепции созданные ранее комплексы АСУ оказались не готовы, вследствие чего остались невостребованными.

Офицеры-артиллеристы были вынуждены перейти к применению смартфонов и планшетов с программными продуктами, позволяющими решить часть задач автоматизации управления войсками. Под общим руководством Главного управления связи ВС РФ из разработанных комплексов создается межвидовая система информационного обмена, предлагаемый состав которой в части, касающейся автоматизации огневого поражения противника, представляет собой симбиоз из нескольких взаимоувязанных программно-аппаратных комплексов [1].

Результаты данной работы являются лишь временным решением, поскольку разработанные программно-аппаратные комплексы не устраняют недостатков существующей автоматизированной системы управления и не меняют подходов к управлению, а являются всего лишь более современными техническими средствами. Кроме того, задачи создания АСУ вой-

сками и оружием они не решают. Следовательно, в вопросах автоматизированного управления войсками и оружием должны быть приняты иные решения, основанные на способности системы трансформироваться из общепринятой конфигурации в автоматизированную систему управления разнородными силами и средствами поражения, решающую задачи огневого поражения противника временно создаваемыми группировками (группами) средств поражения. Реализация возможна через введение в состав АСУ артиллерийских формирований АСУ технологическим процессом (АСУТП), управляющей процессом поражения в автоматическом режиме на основе «делегирования» системе полномочий органов управления.

В вопросах автоматизированного управления войсками и оружием должны быть приняты системные инновационные решения, поднимающие АСУ на другой уровень в системе управления войск – уровень принятия управленческих решений при выполнении следующих условий, без которых система не может быть создана. Во-первых, должен быть определен объект автоматизации, под которым следует понимать систему управления войсками, представляющую собой совокупность органов управления, ПУ, средств автоматизации [2] и процесса достижения цели – огневого поражения противника. Во-вторых, АСУ как любая система должна содержать в себе три основных компонента: объект управляющий, объект управления и техническую составляющую – обеспечение связи между объектами. В противном случае система существовать не может, и при отсутствии хотя бы одного компонента система разрушается.

Как показывает практика, не следует ожидать, что имеющиеся сегодня проблемы системы управления (объекта автоматизации) будут мгновенно решены и найдут воплощение в соответствующей НТМД. В этих условиях дальнейшее развитие автоматизированного управления войсками и оружием должно отвечать потребностям войск в соответствии с существующими протоколами системы управления с учетом поступления на вооружение современных систем поражения.

Инновационными решениями, поднимающими АС ВН на другой уровень в системе управления войск, являются:

– построение системы управления трансформируемого типа под условия боевой обстановки с расширением функци-

онала КСА ПУ НА соединения (части) с целью управления силами и средствами, штатными и приданными, находящимися в непосредственном распоряжении командира соединения (части);

– принятие решений, поднимающих АСУ на уровень принятия управленческих решений, делегированных системе для автоматического (автоматизированного) управления подчиненными КСА (ПТК) при планировании и ведении боевых действий с расширением функций для управления разнородными средствами поражения через создание АСУ ТП огневым поражением.

Реализация данных предложений по созданию инновационной АСУ позволит:

– автоматизировать процессы подготовки и выполнения огневых задач подразделениями артиллерии в соответствии с ПСиУО, включая временные формирования;

– повысить эффективность ОПП за счет централизованного автоматизированного управления силами и средствами, штатными и приданными, находящимися в непосредственном распоряжении командира соединения (части);

– осуществить эффективную стрельбу и управление огнем артиллерии ДЛ не только в условиях огневого воздействия противника, но и лицами без высокой квалификации по организации и проведению подготовки стрельб и не имеющих навыков в работе на КСА;

– качественно поднять боевой потенциал формирования до 10%. При этом обеспечивается повышение боевой готовности до 40%.

Список литературы:

1. *Куклин Р.В.* Развитие вопросов автоматизированного управления артиллерией с учетом опыта специальной военной операции // Материалы конференции. Спб.: МВАА, 2023.

2. *Туйнов А.Е.* Основные направления по созданию и развитию перспективных автоматизированных систем управления войсками Сухопутных войск // Материалы конференции. СПб.: МВАА, 2023.

СТРАТЕГИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДИВИЗИОНА «СВЯЗЬ» ДО 2035 ГОДА:

тезисы докладов научно-практической конференции
(*г. Воронеж, 22 мая 2025 г.*)

Подписано в печать 07.07.2025. Формат 60×84/16.
Усл. п. л. – 6,6. Тираж 152 экз. Заказ № 277.

Издатель: АО «Концерн «Созвездие»
394018, г. Воронеж, ул. Плехановская, д. 14
Отпечатано в типографии АО «Концерн «Созвездие»
394062, г. Воронеж, ул. Антокольского, д. 10Б