

# АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КОМПЛЕКСОВ РАДИОСВЯЗИ ШЕСТОГО ПОКОЛЕНИЯ ТАКТИЧЕСКОГО ЗВЕНА УПРАВЛЕНИЯ

Пшеничников А.В.<sup>1</sup>, Бородулин Р.Ю.<sup>2</sup>, Лященко С.А.<sup>3</sup>

DOI:10.24682/3034-4050-2024-2-2-5

**Ключевые слова:** комплексы радиосвязи, тактического звена управления, сеть прямых связей, сеть радиодоступа, сеть распределенная, помехозащищенность, сеть радиосвязи.

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены основные требования, предъявляемые к комплексам радиосвязи 6-го поколения и их технические возможности с точки зрения построения автоматизированных систем радиосвязи, требованиям по помехозащищенности и скрытности. Рассматривается интегрированная сеть радиосвязи тактического звена управления, исходя из следующих составляющих: организации сетей прямых связей, сетей радиодоступа и сетей распределения. Рассматриваются возможности и технические характеристики радиостанций «Азарт» и «Аксион».

**Цель работы:** состоит в анализе технических возможностей комплексов радиостанций 6-го поколения тактического звена управления с точки зрения предоставления спектра услуг, характерных для цифровой радиосвязи.

**Результаты исследования:** В статье проведен анализ режимов работы, используемых в средствах радиосвязи 6-го поколения для обеспечения требуемой помехозащищенности и разведзащищенности системы связи, а также, применяемых сетевых технологий. Были проанализированы радиосредства 6-го поколений, применяемые для построения радиосетей в зоне проведения специальной военной операции, а также режимы работы, применяемые в радиосредствах для обеспечения помехозащищенности и разведзащищенности системы связи, технологии по построению сетей радиосвязи. Выявлены достоинства и недостатки применения радиостанций для построения сетей радиосвязи. На основе проведенного анализа обоснованы перспективы развития радиосредств 6-го поколения для построения автоматизированной сети радиосвязи, а также предложены направления развития средств радиосвязи для построения перспективной автоматизированной сети радиосвязи. В статье отражены актуальные вопросы опыта применения средств радиосвязи в зоне проведения специальной военной операции. Указаны положительные и отрицательные стороны использования радиостанций для построения сетей радиосвязи. По основным проблемным вопросам предложены возможные пути решения.

**Научная новизна:** впервые рассматривались комплексы радиосредств с точки зрения построения автоматизированных сетей радиосвязи, требований по помехозащищенности, по сетевым и радиотехнологиям.

Современные средства радиосвязи тактического звена управления (ТЗУ), стоящие на снабжении ВС РФ и применяемые в зоне специальной военной операции (СВО), реализуют принципы построения, базирующиеся на совмещении передовых технологий в области радио и сетевых систем. Такой подход к построению средств радиосвязи предполагает их реализацию на платформе программно-определяемого радио. Следовательно, современные средства радиосвязи, кроме высоких характеристик радиотрактов, должны удовлетворять требованиям по построению автоматизированных сетей радиосвязи [1].

Другим аспектом, определяющим требования к современным средствам радиосвязи

ТЗУ, является учет деструктивных воздействий противника. Необходимо учесть особенности построения современных систем воздействия, основанных на динамическом расширении спектра воздействий в зависимости от режимов функционирования радиосредств. Поэтому к средствам радиосвязи ТЗУ дополнительно должны предъявляться требования по помехозащищенности [2].

Опыт проведения СВО показал, что немаловажным требованием к средствам радиосвязи ТЗУ является их способность функционировать скрытно от радиоразведки противника [3]. Таким образом, определяются требования к радиосредствам ТЗУ по сетевым и радиотехнологиям, скрытности и помехозащищенности. Основываясь на вышеизложенном, в данной статье

<sup>1</sup>Пшеничников Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, начальник кафедры радиосвязи Военной академии связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: siracooz77@mail.ru

<sup>2</sup>Бородулин Роман Юрьевич, доктор технических наук, профессор, доцент кафедры радиосвязи Военной академии связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: borodulkomop@yandex.ru

<sup>3</sup>Лященко Станислав Алексеевич, адъюнкт кафедры радиосвязи Военной академии связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: patj61@mail.ru

проведем анализ технических возможностей комплексов радиосвязи ТЗУ 6-го поколения на соответствие сформулированным требованиям.

Интегрированная сеть радиосвязи ТЗУ, организованная на основе радиосредств 6-го поколения, включает в себя три относительно самостоятельные по принципам организации, но единые по технической основе, составляющие:

- сеть прямых связей (СПС);
- сеть радиодоступа (СРД);
- сеть распределенную (СР).

Сеть прямой связи представляет собой сеть, строящуюся на основе прямого взаимодействия узлов, находящихся в зоне радиовидимости. СПС применяется при отсутствии требуемой связности сети в зависимости от помеховой обстановки, условий расположения и движения корреспондентов на местности.

Сеть радиодоступа имеет архитектуру «абонентский терминал — базовая радиостанция». СРД строится на базе портативных и индивидуальных радиосредств, а также возимых радиостанций. Возимые радиостанции должны использоваться в качестве шлюзов для интеграции абонентов СРД в транспортную сеть распределенной сети. СРД обеспечивает организацию открытой или криптографически защищенной телефонной симплексной и дуплексной радиосвязи и передачи данных между несколькими корреспондентами одновременно с возможностью адресного вызова каждого из них.

СР организуется как децентрализованная, адаптивно-меняющаяся и самовосстанавливающаяся телекоммуникационная сеть произвольной топологии на основе пакетных технологий с коммутацией и маршрутизацией на канальном и сетевом уровнях. СР организуется в автоматическом режиме при появлении узлов сети в пределах радиовидимости друг друга. Ключевыми свойствами СР является динамическая маршрутизация и автоматическая ретрансляция — возможность передачи информации между двумя узлами, находящимися вне зоны доступности друг друга, через промежуточные узлы. При этом маршруты, по которым осуществляется ретрансляция информации между объектами СР, определяются автоматически, исходя из текущей топологии сети и качества связей между радиостанциями.

Средства радиосвязи 6-го поколения

представлены комплексами «Азарт» и «Аксон». Общими принципами построения данных комплексов, были следующие:

- применение единой унифицированной платформы с возможностью программного управления конфигурацией радиостанций;
- возможность обеспечения радиосвязи в диапазонах частот от 1,5 до 2500 МГц;
- предоставление широкого спектра услуг, характерного для цифровой радиосвязи.

Таким образом, отличительной особенностью радиосредств 6-го поколения является технология программно-определяемого радио, обеспечивающая основные способы формирования и обработки радиосигналов. Такое построение определяет широкие возможности по внедрению в радиостанции различных видов радиосигналов и режимов функционирования.

Радиостанции комплекса «Азарт» учитывают воздействие современных систем деструктивных воздействий, в частности, скорость ППРЧ составляет 20 000 скачков в секунду, что физически исключает постановку наиболее эффективных помех «в след», затрудняет применение имитационных помех. Кроме того, реализация режима ППРЧ в комплексе 6-го поколения предполагает возможность работы в широкой полосе частот, что снижает эффективность воздействия преднамеренных помех. Однако, негативным следствием высоких показателей помехозащиты за счет увеличения широкополосности, является ухудшение характеристик радиотрактов, что определяет некоторое снижение дальности радиосвязи.

Для увеличения дальности радиосвязи в радиостанциях комплекса «Азарт» реализован режим многопролетной ретрансляции, а также подключение внешних усилителей мощности. Для создания обширной сети передачи голосовых и текстовых данных на значительных расстояниях применяют режим IP-ретрансляции.

Радиостанции комплекса «Азарт» обеспечивают взаимодействие с транкинговыми сетями профессиональной связи стандарта TETRA (TErrestrial Trunked RAdio) при наличии базовой и коммутационной инфраструктуры [4]. Данный стандарт предусматривает реализацию временного разделения каналов (для чего может выделяться 4 тайм-слота).

В таблице 1 представлены основные характеристики радиостанций комплекса «Азарт», принятых на снабжение ВС РФ.

Таблица 1.

Основные характеристики	P-187-B				P-187-П1	P-187-П2
	ДКМВ	МВ	ДМВ1	ДМВ2	МВ-ДМВ1	МВ-ДМВ1
Диапазон рабочих частот, МГц	1,5...30	30...220	220...520	520...2500	27...520	27...1000
Мощность передатчика, Вт	100	40/100	40	10	4	4
Виды радиосетей	СПС	СПС, СРД,	СПС, СРД, СРД	СПС, СР	СПС, СРД	СПС, СРД
Скорость ППРЧ, ск/с	100	20000	СПС/СРД 20000	СР-500 СПС-20000	20000	20000
Скорость передачи данных, кбит/с	до 9,6	до 256	до 2048	до 32 786	до 320	до 320

Из представленных данных следует, что возимая радиостанция P-187-B обеспечивает возможность построения сети радиосвязи, как единой интегрированной сети связи, включающей сеть прямых связей, сеть радиодоступа и распределенную сеть с ячеистой топологией.

Радиостанция обеспечивает:

- многоканальную связь;
- ретрансляцию аналоговых и цифровых сигналов, в том числе междиапазонную с временным разделением каналов;
- передачу речи в симплексном режиме ведения переговоров между несколькими абонентами;
- циркулярную связь;
- передачу речи в дуплексном режиме между несколькими абонентами одновременно (конференцсвязь);
- передачу высокоскоростных данных;
- передачу видеоизображения (видеоконференцсвязь в диапазонах ДМВ1 и ДМВ2);
- передачу коротких текстовых сообщений; файловый обмен;
- сопряжение с аппаратурой внутренней связи и коммутации объектов.
- Портативная радиостанция P-187-П1 обеспечивает передачу речевой преобразованной в цифровую форму информации в МВ-ДМВ диапазонах;
- передачу данных со скоростью: в МВ диапазоне — до 64 кбит/с; в ДМВ1 диапазоне в узкополосном режиме — до 256 кбит/с, в широкополосном режиме — от 2048 до 8192 кбит/с.

Новая прошивка портативных и возимых радиостанций комплекса «Азарт» реализует режим «Аксион» для встречной работы с радиостанциями соответствующего комплекса.

Портативная радиостанция P-187-П2 имеет расширенный диапазон частот (27-1000 МГц), позволяет организовать встречную работу со всеми имеющимися средствами радиосвязи, в том числе с радиостанциями P-187-П1 и P-187-B. Она обеспечивает ретрансляцию с временным разделением каналов; передачу речи в дуплексном режиме в стандарте TETRA; возможность маскирования речи; прием и передачу текстовых сообщений, навигационной информации.

В настоящее время на снабжение ВС РФ принят возимый вариант радиостанций комплекса «Аксион». Возимые радиостанции «Аксион-В» обеспечивают работу в командных сетях прямых связей, ячеистых распределенных сетях обмена данными (СР), сетях радиодоступа пешеходных абонентов в единую сеть связи (СРД), доступ в гражданские сотовые сети связи.

Основными возможностями радиостанций «Аксион-В» являются гибкая модульная конфигурация, высокие характеристики электромагнитной совместимости радиосредств, независимая работа в четырех радиосетях, встроенная ГЛОНАСС/GPS навигация с электронной картой; передача-прием текстовых сообщений и видео, дистанционное управление.

В таблице 2 представлены основные технические характеристики радиостанций комплекса «Аксион-В».

Таблица 2.

Основные характеристики	Аксион-В			
	ДКМВ	МВ	ДМВ1	ДМВ2
Диапазон рабочих частот, МГц	1,5...30	30...220	220...520	520...2500
Мощность передатчика, Вт	100	40	40	10
Шаг сетки частот, Гц	0,7	1	1	1
Виды радиосетей	СПС	СПС, СРД	СПС, СРД, СР	СПС, СР
Число узлов в сети	—	—	до 256	до 256
Дальность связи, км	350	20	16	6
Скорость ППРЧ, с <sup>-1</sup>	100	1200	1200	1200
Скорость передачи данных, кбит/с	до 9,6	до 256	до 2048	до 32 768
Чувствительность приемника, мкВ	0,7	1	1	1

Таким образом, технические решения, примененные в радиосредствах 6-го поколения, предоставляют возможность организовывать интегрированные сети радиосвязи. Сетевые решения при этом основаны на интеграции разнородных сетей посредством единой адресации и реализации протокола межканальной (межсетевой) маршрутизации.

Основные направления развития средств радиосвязи ТЗУ основываются на реализации свойств когнитивных радиосистем. При этом перспективные средства радиосвязи ТЗУ должны обладать

системой управления выделенными ресурсами для обеспечения помехозащиты и скрытности функционирования радиолиний от сложных динамических систем деструктивных воздействий.

Альтернативным аспектом развития средств радиосвязи ТЗУ следует выделить построение полносвязных, динамически управляемых сетей радиосвязи. При этом целесообразно реализовать единый стандарт перспективных средств радиосвязи ТЗУ на основе современных технологий радиосвязи.

### Литература

1. Пшеничников А.В. Модели и методы помехозащиты радиолиний: монография. – СПб.: ВАС, 2017. – 136 с.
2. Беккиев А.Ю., Борисов В.И. Базовые принципы создания помехозащищенных систем радиосвязи // Теория и техника радиосвязи. – 2014. №1. С. 5-18.
3. Манаенко С.С., Дворников С.В., Пшеничников А.В. Теоретические аспекты формирования сигнальных конструкций сложной структуры // Информатика и автоматизация. 2022. Т. 21. № 1. С. 68-94.
4. Лохвицкий М.С. Мобильная связь: стандарты, структуры, алгоритмы, планирование / М.С. Лохвицкий, А.С. Сорочкин, О.А. Шорин. – Москва: Научно-техническое издательство «Горячая линия – Телеком», 2018. – 264 с.

## ANALYZING THE TECHNICAL CAPABILITIES OF SIXTH-GENERATION TACTICAL COMMAND AND CONTROL RADIO COMMUNICATION COMPLEXES

*Pshenichnikov A.V.<sup>1</sup>, Borodulin R. Y.<sup>2</sup>, Lyashchenko S. A.<sup>3</sup>*

**Keywords:** *Radio communication complexes, tactical control link, direct link network, radio access network, distributed network, noise immunity, radio communication network.*

**Abstract:** *In this article the basic requirements for the 6th generation radio communication complexes and their technical capabilities from the point of view of building automated radio communication systems, requirements for interference protection and stealth are considered. The integrated radio communication network of tactical control link is considered, based on the following components: organization of direct communication networks, radio access networks and distribution networks. Possibilities and technical characteristics of radio stations «Azart» and «Aksion» are considered.*

<sup>1</sup>Alexander V. Pshenichnikov, Dr.Sc., Professor, Head of the Radio Communications Department, Budenniy Military Academy of Communications, Moscow, Russia. S.M. Budyonny Military Academy of Communications, St. Petersburg, Russia. St. Petersburg, Russia. E-mail: siracooz77@mail.ru

<sup>2</sup>Roman Yu. Borodulin, Dr.Sc, Professor, Associate Professor of the Department of Radio Communications, S.M. Budyonny Military Academy of Communications, St. Petersburg, Russia. S.M. Budyonny Military Academy, St. Petersburg, Russia. St. Petersburg, Russia. E-mail: borodulkomon@yandex.ru

<sup>3</sup>Stanislav A. Lyashchenko, Associate Professor, Radio Communications Department, S.M. Budenniy Military Academy, St. Petersburg, Russia. S.M. Budyonny Military Academy, St. Petersburg, Russia. St. Petersburg, Russia. E-mail: parij61@mail.ru