

Разработка структуры и состава телекоммуникационной аппаратуры информационно-мониторинговой сети

И.Г. Анцев

АО «Научно-производственное предприятие «Радар ммс»

Аннотация: В статье предлагается схема взаимодействия узлов защищенной сети передачи данных на базе аппаратуры беспроводного широкополосного доступа (АБШД). Описаны варианты исполнения конструкторско-технологической реализации АБШД: аппаратура АБШД 7 (с семиэлементной антенной решеткой) и аппаратура АБШД 1 (с одним антенным устройством). По каждому из вариантов представлен состав функционально законченных устройств и узлов, указаны технические характеристики аппаратуры. Приведено функциональное описание составных частей аппаратуры АБШД 7 и АБШД 1.

Ключевые слова: телекоммуникационная аппаратура, информационно-мониторинговая сеть, беспроводной широкополосный доступ, передача данных, защищенная сеть, антенное устройство, анализатор спектра, дальность связи.

Введение

Для обеспечения обмена информацией между узлами (абонентами) информационно-мониторинговых сетей предложена защищенная сеть передачи данных на базе аппаратуры беспроводного широкополосного доступа. Упрощенная схема взаимодействия узлов защищенной сети передачи данных приведена на рис. 1 [1,2].

Назначение аппаратуры беспроводного широкополосного доступа

Аппаратура беспроводного широкополосного доступа (АБШД) предназначена для построения высокоскоростных информационно-мониторинговых сетей на стационарных и подвижных объектах по схемам «точка-точка» или «точка-много точек» с возможностью ретрансляции.

Технические требования к АБШД предусматривают:

- работу на полузакрытых трассах (при работе в ДМВ диапазоне);
- работоспособность в условиях многолучевости, замираний и быстрых вариаций канала;

- увеличение энергетической эффективности системы до 24 дБ за счет использования цифровых многолучевых ФАР;
- формирование отдельного луча на каждого абонента;
- формирование по приему двух-трех полюсов на помехи;
- встроенный анализатор спектра в рабочем диапазоне частот;
- программно изменяемые режимы работы станции:
базовая / абонентская;
- поддержка режима широкополосной связи (ШПС);
- гибкое конфигурирование комплекта аппаратуры связи под задачи.

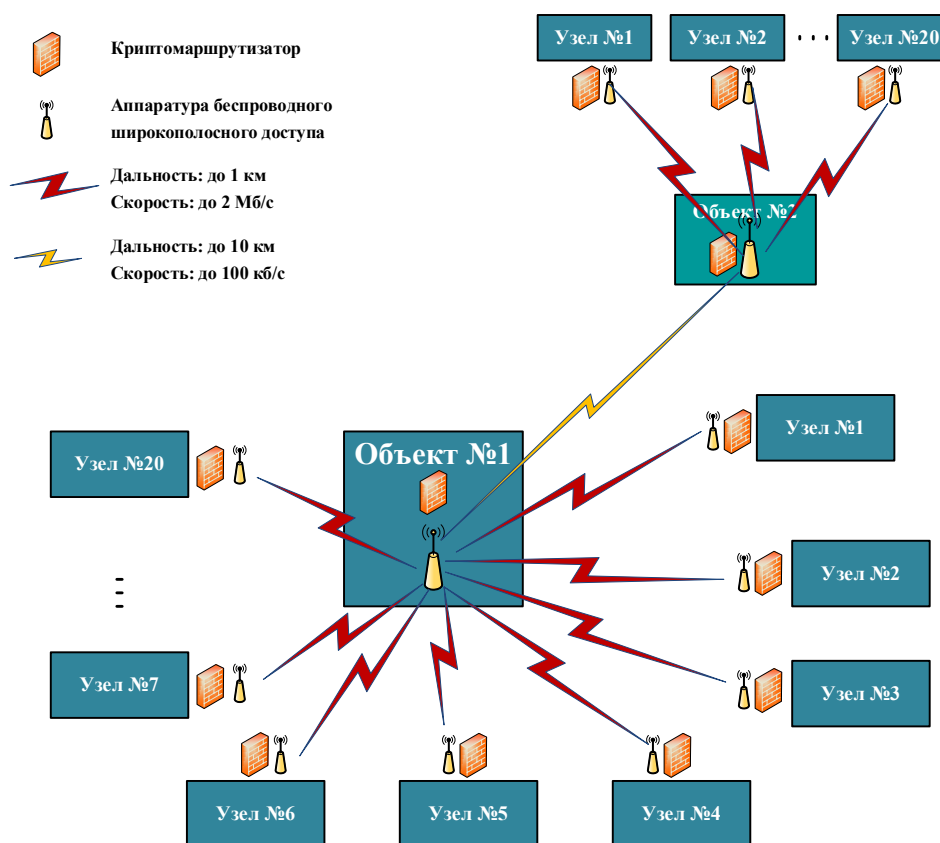


Рис. 1. – Схема взаимодействия узлов защищенной сети передачи данных

Реализованные технические характеристики АБШД приведены в табл. 1.

Таблица № 1

Технические характеристики АБШД

Характеристика	Значение
Максимальная суммарная скорость передачи данных, Мбит/с	до 100
Дальность связи на среднeperесеченной местности, км	не менее 10
Максимальная дальность связи через ретранслятор БВС (устойчивость 95%), км	350
Количество абонентов в схеме связи «точка – много точек» на одну базовую станцию	до 20
Топология в схеме связи точка – много точек	звезда
Режимы регулировки скорости передачи	автоматический / ручной
Режим дуплекса	временной (TDD)
Интерфейс	Ethernet
Протокол управления	Web, SNMP
Технология передачи	OFDM + ШПС
Мощность сигнала на выходе передатчика, дБм	до 36 (адаптивная)
Цифровое диаграммообразование	до 20 независимых лучей

Варианты исполнения АБШД

Конструкторско-технологическая реализация АБШД имеет несколько вариантов исполнений [3,4]:

- аппаратура АБШД 7 (с семиэлементной антенной решеткой);
- аппаратура АБШД 1 (с одним антенным устройством).

Аппаратура АБШД 7, АБШД 1 реализована на базе функционально законченных устройств и конструктивных узлов (блоков, модулей и т.д.), которые по условиям эксплуатации делятся на:

- выносное оборудование, размещаемое на открытом воздухе;

– внутреннее оборудование, размещаемое в отапливаемых кузовах или помещениях).

В состав выносного оборудования входят:

- семь антенных элементов для АБШД 7; один антенный элемент для АБШД 1;
- блок обработки сигналов (БОС);
- семь приемо-передающих модулей (ППМ-Р) в исполнении АБШД 7; один приемо-передающий модуль (ППМ-Р) в исполнении АБШД 1;
- соединительные кабели выносного оборудования, крепежные детали и изделия из состава комплекта монтажных частей.

В состав внутреннего оборудования входят:

- модуль доступа;
- источник вторичного питания 24-48 В;
- комплект ЗИП.

Аппаратура АБШД 7, АБШД 1 обеспечивает работу при электропитании от источника постоянного тока напряжения от 22 до 30 В по двухпроводной цепи, не имеющей гальванической связи с корпусом. Аппаратура АБШД 7, АБШД 1 обеспечивает готовность к работе не более чем через 200 с после подачи питания. Средняя потребляемая мощность АБШД 7 не более 500 Вт, АБШД 1 - не более 200 Вт, максимальная кратковременная (10 мс) потребляемая мощность в цикле передачи АБШД 7 – не более 800 Вт, АБШД 1 – не более 300 Вт.

Аппаратура АБШД 7, АБШД 1 обеспечивает работу в диапазоне от 390 до 645 МГц и организацию радиосети широкополосного беспроводного доступа с топологией «точка – много точек», при этом один комплект аппаратуры работает в качестве базовой станции (БС), остальные комплекты аппаратуры – в качестве абонентских станций (АС). Максимальное

количество абонентов в сети АБШД 7 – до 20 станций, в сети АБШД 1 – до 10 станций.

Для АБШД 7 (АБШД 1) мощность СВЧ-сигнала передатчика на выходе ППМ-Р и минимальный уровень СВЧ-сигнала (чувствительность) на входе приемника ППМ-Р в нормальных климатических условиях (НКУ) и при внешних воздействующих факторах (ВВФ), а также скорость обмена данными (суммарная скорость передачи и приема данных) приведены в табл. 2.

Таблица № 2

Рабочие характеристики АБШД 7, АБШД 1

Режим модуляции	Мощность СВЧ-сигнала передатчика, дБм		Чувствительность приемника, дБм		Скорость обмена данными, Мбит/с		
					Схема связи «точка – много точек»		Схема связи «точка – точка»
	в НКУ	при ВВФ	в НКУ	при ВВФ	1 канал БС-АС	Суммарная (20 каналов БС-АС)	
BPSK	30	27	–100	–98	0,2	4,0	0,1
QPSK			–90	–88	1,1	22,0	-
16QAM			–82	–80	2,4	48,0	-
Примечание – Чувствительность приемника приведена при коэффициенте FER ≤ 0,5 %.							

В исполнениях АБШД 7 и АБШД 1 мощность СВЧ-сигнала передатчика ППМ-Р регулируется программно с шагом 1 дБ в пределах от 0 до –20 дБ относительно максимального уровня, погрешность регулировки не более ±2 дБ. [5,6]

Максимальный уровень сигнала на входе приемника ППМ-Р составляет не менее –30 дБм, при коэффициенте ошибок по кадрам FER ≤ 0,5 %.

Коэффициент усиления антенного элемента в диапазоне от 390 до 645 МГц не менее 1 дБи.

За счет технологии ЦАФАР в аппаратуре АБШД-7 обеспечено усиление не менее 12 дБ на передачу и 6 дБ на прием.

Аппаратура АБШД-7 в режиме «Базовая станция» (БС) при встречной работе с аппаратурой АБШД-1 обеспечивает дальность связи не менее 1 км на открытых интервалах, свободных от помех, при скорости обмена не менее 2 Мбит/с для каждой из 20 абонентских станций и коэффициенте ошибок по кадрам $FER \leq 0,5 \%$.

Аппаратура АБШД 1 в режиме БС при встречной работе с одноименной аппаратурой обеспечивает дальность связи не менее 1 км на открытых интервалах в 95% времени на частотах, свободных от помех при скорости обмена не менее 2 Мбит/с для каждой из 10 АС и коэффициенте ошибок по кадрам $FER \leq 0,5\%$.

Аппаратура АБШД-7 в схеме связи «точка – точка» при встречной работе с аппаратурой АБШД-7 обеспечивает дальность связи не менее 10 км на полуоткрытых интервалах свободных от помех, при скорости обмена не менее 100 кбит/с и коэффициенте ошибок по кадрам $FER \leq 0,5 \%$.

Аппаратура АБШД-7 (АБШД 1) обеспечивает информационное сопряжение (передачу и прием цифровой информации) с внешней аппаратурой, а также дистанционное управление и контроль параметров при подключении управляющего устройства по интерфейсу Ethernet [7 – 9].

Внешний вид аппаратуры АБШД-7 (АБШД 1) приведен на рис. 2.

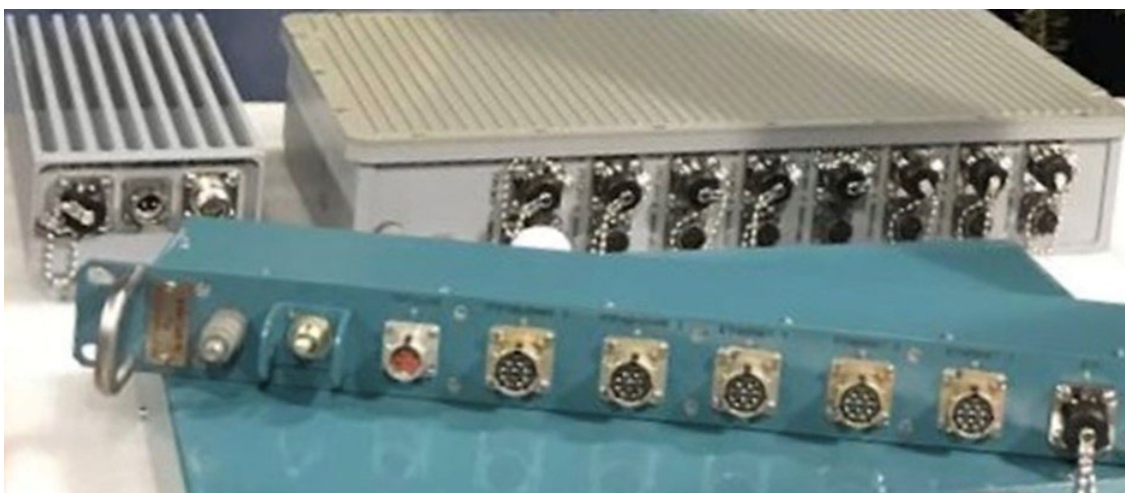


Рис. 2. – Внешний вид АБШД 7 (АБШД 1)

Внешний вид антенных устройств АБШД 7 и АБШД 1 представлены на рис. 3 и 4 соответственно.

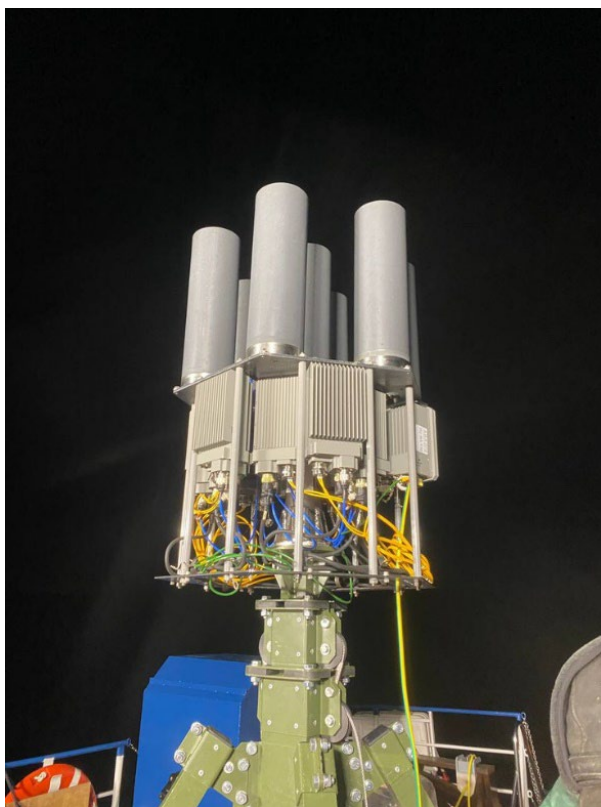


Рис. 3. – Антенное устройство АБШД-7



Рис. 4. – Антенное устройство АБШД-1

Функциональное описание составных частей аппаратуры АБШД 7 и аппаратуры АБШД 1 приведено в табл. 3.

Таблица № 3

Функциональное описание составных частей аппаратуры АБШД 7 (АБШД 1)

Вид оборудования	Наименование составной части	Функция
Выносное оборудование	Антенный элемент	Обеспечивает передачу и прием СВЧ-радиосигнала в диапазоне от 390 до 645 МГц
	ППМ-Р	Обеспечивает передачу и прием СВЧ-радиосигнала в диапазоне от 390 до 645 МГц и преобразование его в цифровую форму для дальнейшей обработки в модуле БОС
	БОС	Обеспечивает цифровую обработку сигнала
Внутреннее оборудование	Модуль доступа	Обеспечивает информационный обмен аппаратуры пользователя с составными частями аппаратуры АБШД-7 (АБШД-1)
	Источник вторичного питания 24-48 В	Обеспечивает подключение к внешнему источнику питания, преобразование и подачу питания 48 В для составных частей аппаратуры

Заключение

В работе рассмотрены варианты исполнения аппаратуры беспроводного широкополосного доступа, предназначенной для построения высокоскоростных информационно-мониторинговых сетей на стационарных и подвижных объектах по схемам «точка-точка» или «точка-много точек» с возможностью ретрансляции [10]. Предложены конструктивы с семиэлементной антенной решеткой и с одним антенным устройством, показаны особенности использования каждого конструктива.

Литература

1. Скляр Бернанд. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. М. : Издательский дом "Вильямс", 2003. 1104 с.: ил. Парал. тит. Англ. ISBN 5-8459-0497-8 (рус.).
2. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами / Л.Е. Варакин. М.: Радио и связь. 1985. 384 с.
3. Nezami M. K. RF Architectures & Digital Signal Processing Aspects of Digital Wireless Transceivers, 2003. 513 с.
4. Воскресенский Д.И., Канащенков А.И. Активные фазированные антенные решетки. 2004. 488 с.
5. Friedrichs B. Error-control coding // Springer-Verlag, 1995. 508 p.
6. Kim W. J. Digital predistortion linearization and crest factor reduction for wideband applications // School of Engineering Science-Simon Fraser University. 2006. 128 p.
7. Tong Web, Zhu Peiying. 6G: The Next Horizon; From Connected People and Things to Connected Intelligence // Cambridge University Press. 2021. 490 p.
8. Коновалов А.С. Особенности построения системы специальной связи на базе волоконно-оптических линий // Инженерный вестник Дона. 2025. № 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n5y2023/8380/.

9. Русина А.А. Прогнозирование рисков внедрения электронного контента в информационное обеспечение беспилотных авиационных систем // Инженерный вестник Дона. 2025. № 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n5y2023/8380/.

10. Анцев И.Г. Бундин Г.Г. Современные тенденции разработки авиационных бортовых цифровых устройств. СПб.: СИНЭЛ, 2019. 94 с.

References

1. Sklyar, Bernard. Cifrovaya svyaz'. Teoreticheskie osnovy i prakticheskoe primeneniye [Digital communication. Theoretical basis and practical application]. Izd. 2-e, ispr.: Per. s angl. Moskva. 2003. 1104 p.: il. Paral. tit. angl. ISBN 5-8459-0497-8.

2. Varakin L.E. Sistemy svyazi s shumopodobnymi signalami [Communication systems with noise like signals]. Moskva: Radio i svyaz', 1985. 384 p., il.

3. Nezami M. K.. RF Architectures & Digital Signal Processing Aspects of Digital Wireless Transceivers, 2003. 513 p.

4. Voskresenskiy D.I., Kanaschenkov A.I. Aktivnye fazirovannyye antennyye reshetki [Active phase arrays], 2004, 488 p.

5. Friedrichs B. Error-control coding. Springer-Verlag, 1995. 508 p.

6. Kim W. J. Digital predistortion linearization and crest factor reduction for wideband applications. School of Engineering Science-Simon Fraser University. 2006. 128 p.

7. Tong Web, Zhu.Peiying 6G: The Next Horizon; From Connected People and Things to Connected Intelligence. Cambridge University Press. 2021. 490 p.

8. Konovalov A.S. Inzhenernyy vestnik Dona, 2025. № 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n5y2023/8380/.



9. Rusina A.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2025. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2025/9801/.

10. Ancev I.G., Bundin G.G. Sovremennye tendencii razrabotki aviacionnyh bortovyh cifrovyyh ustrojstv [Modern trends of on-board aviation digital devices]. Sankt-Peterburg. 2019. 94 p.

Дата поступления: 8.04.2024

Дата публикации: 13.05.2025