

Применение узкополосных радиомодемов УКВ диапазона на море

ООО «НЦПР» (Технический бюллетень)

В настоящем техническом извещении представлена краткая информация об использовании узкополосных радиомодемов УКВ диапазона для обеспечения боевого применения радиогидроакустических буев и эксплуатации различных технических средств мониторинга морской среды.

Материал предназначен для технических специалистов, занятых разработкой автоматизированных комплексов и систем военного и гражданского назначения, работа которых предусматривает удаленное управление и сбор в реальном масштабе времени данных с использованием распределенных технических средств морского и воздушного базирования, а также организаций, выполняющих работы по сбору данных от надводных и подводных средств объективного контроля морской среды и биоты.

3. Радиосеть обеспечения работы средств мониторинга на море

В интересах обеспечения прикладных и научно-исследовательских работ на море применяется различное оборудование, размещаемое как на дне, так и в толще воды. Часть такого оборудования предполагает использование проводных или акустических каналов связи для управления и сбора данных, другая предусматривает предварительное всплытие на поверхность для передачи данных и/или эвакуации. В настоящем разделе рассматривается применение узкополосных радиомодемов УКВ диапазона для организации связи с оборудованием, оказавшимся на поверхности или имеющим удаленный доступ к размещаемым на поверхности приемопередающим антеннам.

Эффективность применения радиосетей УКВ диапазона для обеспечения работы морского оборудования является подтвержденным фактом, уже имеющим собственную историю. С увеличением количества аппаратуры, рассчитанной на использование цифровых данных, пропорционально расширяется применение и средств обмена данными. Первые развернутые на море радиосети в Российской Федерации предназначались для навигационного обеспечения и повышения точности позиционирования морской техники за счет трансляции дифференциальной поправки для приемников спутниковой навигации. Одна из известных была использована в акватории Охотского моря. Позже такие радиосети стали разворачиваться непосредственно для удаленного управления и сбора данных от инструментальных средств мониторинга. Например, в том же районе в рамках одной из экологических программ была развернута радиосеть, обеспечивавшая работу средств наблюдения за серыми и гренландскими китами.

Специалистами ФГБУ «Институт океанологии им. П. П. Ширшова» РАН разработана система мониторинга водной среды, получившая название «Аквалог». Она предназначена для междисциплинарных океанологических исследований и мониторинга окружающей среды на шельфе морей и континентальных склонах. Впервые в практике отечественной океанографии разработан автономный носитель (морской лифт) для различного океанографического измерительного оборудования, например, акустического доплеровского измерителя скорости течения, STD-профилера, датчика растворенного кислорода, флуорометра, мутномера и другого оборудования.

«Аквалог» представляет собой устройство, которое автоматически совершает проходы вверх и вниз по тросу, натянутому между донным якорем и притопленной плавучестью. В процессе движения и профилирования водной толщи «Аквалог» ведет измерения, собирает данные, а также передает информацию на береговую станцию. Трансляция данных ведется в следующем порядке: индуктивный модем SBE — несущий трос — притопленная плавучесть — кабель-трос — поверхностный буй — узкополосный радиомодем УКВ диапазона — судно или береговая станция. В первом образце системы, испытания которого были проведены в акватории Черного моря, применялся «прозрачный» радиомодем, обеспечивавший обмен данными на скоростях 4,8-19,2 кбит/с в диапазоне ультра высоких частот (УВЧ).



Испытания системы «Аквалог» на Черном море.

<https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12013>

Одним из наиболее перспективных направлений в морской технике является создание донных станций. Российским специалистами выполнена разработка автономной донной станции для оперативного контроля радиационного и химического загрязнения мест проведения технологических работ с подводными потенциально опасными объектами. Она может быть использована как средство индивидуального контроля, так и в составе мобильной системы комплексного мониторинга акваторий¹. Первоначально на станции был установлен радиомаяк спутниковой системы Iridium и «КОСПАС-САРСАТ», который в ходе дальнейшей модернизации был дополнен «пакетирующим» радиомодемом Viper-SC+ 100, технические характеристики которого представлены в Таблице 4.

4. Технические характеристики радиомодема «Viper-SC+ 100».

Общие характеристики	Радиомодем Viper-SC+ 100
	
Диапазон частот, МГц	136-174
Шаг сетки частот, кГц (настраивается программно)	50; 25; 12,5; 6,25
Тип излучения	3K30F1D; 11K2F1D; 16K5F1D; 17K8F1D; 33K0F1D; 52K7F1D
Номинальная задержка при холодном старте, с	35
Рабочее напряжение, В	10-30 (постоянный ток)
Рабочая температура, град. С	от-40 до +70
Температура хранения, град. С	от-45 до +85, без образования конденсата
Влажность, %	5-95, без образования конденсата
Габаритные размеры, см	13,97 (Ш) x 10,80 (Г) x 5,40 (В)
Масса (в упаковке), кг	1,1
Рабочий режим	симплекс/полудуплекс
Передатчик	
Полоса рабочих частот, МГц	38
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1-10
Время атаки, мс	<1
Время переключения между каналами, мс	<15
Импеданс, Ом	50
Цикл работы на передачу, %	100
Интерфейсы	2 x RS-232 (DE-9F), 10Base-T RJ-45
Антенна	TNC (мама)
Приемник	
Чувствительность (вероятность ошибки 1×10^{-6}):	
- 25 кГц, дБм (при скорости обмена данными кбит/с)	-114 (16); -106 (32); -100 (48); -92 (64)
Подавление помех по соседнем каналу, дБ	70
Интермодуляция, дБ	>75

Избирательность, дБ	>70
Время переключения с приёма на передачу, мс	<2
Время переключения между каналами, мс	<15
Модем	
Скорость, кбит/с	4; 8; 12; 16; 24; 32; 48; 64
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, приём/передача
Вид модуляции	2FSK, 4 FSK, 8FSK, 16FSK
Адресация	IP

Донные станции представляют собой технически сложные устройства многоразового применения. В связи с этим уже на этапе создания разрабатываются механизмы, обеспечивающие их поиск и эвакуацию после завершения работы. С появлением новых технологий, в том числе, в области технологических радиосетей обмена данными, изменилась и схема поиска станций на поверхности после их всплытия². Если раньше это был визуальный поиск, то теперь по радиоканалу передаются координаты, и поиск возможен 24 часа в сутки, даже при плохой видимости.

Команда на всплытие донной станции подается с борта носителя по гидроакустическому каналу, либо генерируется автоматически на борту станции. В последнем случае станция может всплыть в непредсказуемый период времени. Чтобы избежать потери станции, необходимо в реальном масштабе времени получить информацию о ее всплытии и, очень желательно, текущем местоположении. После всплытия станция может начать передачу в эфир необходимой для ее поиска информации, включающей текущие координаты, полученные от бортового спутникового навигационного приемника. Данные от станции могут быть приняты любым находящимся в зоне электромагнитной доступности воздушным или морским судном, а также береговыми средствами. Наличие информации о текущем местоположении всплывшей станции позволяет в перспективе использовать беспилотные катера как средства сбора станций с поверхности моря, управление которыми может также эффективно производиться по каналам узкополосной технологической радиосети обмена данными.

ВЫВОДЫ:

1. Радиосвязь в диапазоне УКВ является важным инструментом организации обмена данными на море между подводными (полупогружаемыми), надводными, воздушными и прибрежными объектами, который широко применяется в настоящее время и будет использоваться в обозримом будущем.
2. Радиотехническое оборудование для технологических узкополосных радиосетей обмена данными (радиомодемы) могут эффективно применяться для организации связи между радиогидроакустическими буями и их носителями, обеспечивая решение дополнительных функциональных задач при поиске и уничтожении подводных лодок, а также в интересах решения прикладных и научно-исследовательских задач с использованием современного морского оборудования гражданского назначения.

Приложения:

1. Сравнительный анализ использования спутниковой сети связи «Иридиум» и технологической радиосети обмена данными на базе узкополосных радиомодемов для организации обмена данными с плавучим буем.

ООО «Независимый исследовательский центр перспективных разработок» (НЦПР)



115583, Москва, ул. Генерала Белова 26, офис 519

Тел. +7 (499) 113 26 98

Факс. +7 (499) 113 26 98

Моб. +7 (915) 465 72 89

E-mail: sm@flexlab.ru

<http://www.flexlab.ru>

Приложение 1

Краткий сравнительный анализ

использования спутниковой системы связи «Иридиум» и технологической радиосети обмена данными на базе узкополосных радиомодемов для организации обмена данными с плавучим бумом.

По оценке значительной части специалистов, подписчиков настоящего технического бюллетеня, наиболее важными требованиями к сети связи, от выполнения которых зависит решение поставленной задачи, являются ее надёжность, простота и приемлемая стоимость. В связи с этим именно эти критерии были учтены при проведении сравнительного анализа.

Следует отметить, что оба вида связи позволяют эффективно обеспечивать решение самых разнообразных прикладных задач и выбор наиболее близкого к оптимальному решению в области связи определяется именно требованиями, предъявляемыми конкретной задачей.

Большинство приложений на море предполагает организацию связи на временной основе, например, на период проведения экспедиции или операции, в ограниченной по размеру акватории, которая может находиться как в прибрежной зоне, так и на значительном удалении от берега. Кроме того, имеются приложения, в которых требуется организация связи, как правило, между расположенным в море объектом и берегом, на постоянной основе, а в отдельных случаях, например, при контроле сейсмической активности, данные от средств измерения должны поступать в реальном масштабе времени.

4. Надёжность сети связи

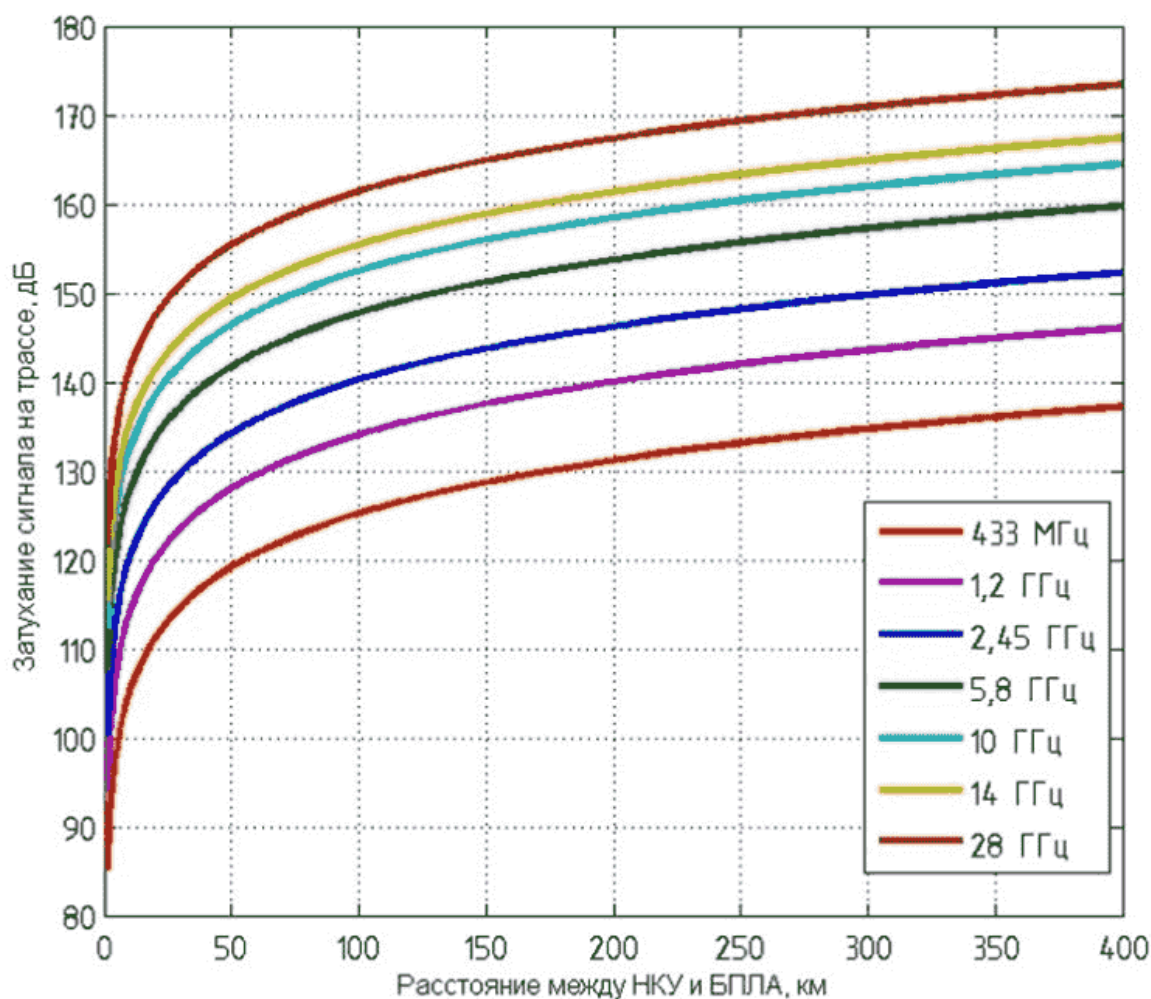
Надёжность ([англ. reliability](#)) – [свойство системы](#) сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и транспортирования [ГОСТ 27.002-89 «Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения»].

Параметры надёжности любой системы связи закладываются на этапе ее разработки и проектирования, и они полностью соответствуют тем требованиям, которые предъявляются к этим системам действующими нормативными документами. Требования по надёжности, установленные для магистральных, внутризональных и местных сетей связи имеют существенные отличия. Коэффициенты надёжности таких сетей связи составляют 0,92, 0,99 и 0,997, соответственно. Спутниковая связь может быть отнесена к внутризональной или магистральной, в то время как технологическая является местной, и к ней изначально предъявляются более высокие требования в части надёжности. Практический опыт показывает, что развертывание технологических радиосетей обмена данными, с коэффициентом надёжности не ниже 0,999 не является редкостью. Более того, этот параметр может быть существенно улучшен при создании радиосетей

повышенной надёжности и живучести³. То есть, разработчик и владелец технологической радиосети могут самостоятельно повышать ее надёжность, в отличие от сети спутниковой связи, для которой этот показатель является приемлемо высоким для значительной части приложений, но все же фиксированным.

Следует отметить, что распространение в атмосфере радиоволн в различных частотных диапазонах происходит неодинаково: чем выше рабочий диапазон, тем больше затухание передаваемого сигнала и выше требования к выходной мощности.

Данные о затухании радиосигналов различных диапазонов волн при прохождении в атмосфере представлены на Рис. 1.



1. Затухание радиосигнала различных диапазонов волн при распространении в атмосфере в зависимости от дальности⁴.

В случае организации связи через спутниковую систему связи «Иридиум» данные должны передаваться в направлении «поверхность — борт — поверхность» с их промежуточной обработкой на борту спутника. Общая протяженность канала передачи данных достигает 1560 км (высота орбиты спутников составляет 781 км), в то время как в технологической радиосети обмен данными организуется на десятки и, очень редко, сотни километров. Необходимость организации связи на большую дальность предъявляет более высокие требования не только к уровню передаваемого сигнала⁵, но и к энергоснабжению буя, что для автономно применяемой аппаратуры, работающей от аккумулятора, является критичным. Следует отметить и более продолжительные задержки в доставке информации через спутниковую сеть связи, существенно превышающие аналогичные задержки в технологических радиосетях УКВ диапазона.

Кроме того, если пропускная способность одного радиоканала ниже, чем другого, то сеанс передачи одного и того же объёма данных по такому каналу занимает больше времени, то есть оборудование работает дольше и потребляет больше электроэнергии. В то же время для повышения скорости обмена данными в радиоканале требуется обеспечение соответствующего (более высокого) уровня принимаемого сигнала, что также приводит к дополнительным затратам электроэнергии на борту. Поэтому выбор наиболее приемлемого варианта организации связи в системах с автономным электропитанием всегда является результатом разумного компромисса.

Сравнительные технические характеристики современной аппаратуры связи для спутниковых и технологических радиосетей представлены в Таблице 1.

1. Сравнительные технические характеристики современной аппаратуры связи для спутниковых и технологических радиосетей.

Технические характеристики	Терминал Sailor SC4000	Радиомодем Viper-SC+
Рабочий частотный диапазон, МГц	1616-1626,5	136-174, 406-470
Скорость передачи данных		
- стандартная, кбит/сек	2,4	4,8-64
- с компрессией, кбит/сек	до 9,6	до 96
Интерфейсы		
Передача данных	RS-232	2 x RS-232, Ethernet (RJ45)
Система позиционирования	NMEA 0183	NMEA 0183 (внешний приемник)
Питание		
Постоянный ток, В	10-32	10-32
Потребляемая мощность		
- в режиме приёма, Вт	8	5,4
- в режиме передачи данных, Вт	25	14,4-54
Условия эксплуатации		
Допустимый температурный режим	от -35°C до +55°C	от -40°C до +60°C
Допустимая влажность	до 95% при температуре 40°C	до 95% при температуре 40°C
Масса, кг	1,9	1,1

Немаловажным фактором при определении надёжности системы связи является ее доступность. Получение доступа к технологической радиосети определяет только ее владелец, в то время как доступ к сети общего пользования, каковой является любая спутниковая сеть связи, устанавливает оператор этой сети, который в любое время и без предупреждения может приостановить предоставление услуги или отказать в ее получении. Выходом из такой ситуации в случае с американской системой связи «Иридиум» может стать организация работы через отечественную систему спутниковой связи, например «Гонец», но это уже другая история...

Таким образом, применяемые для создания современных узкополосных технологических радиосетей обмена данными перспективные технологии позволяют строить радиосети, которые по надёжности превосходят параметры спутниковой системы связи «Иридиум».

2. Простота эксплуатации

Критерий достаточно субъективный. Но в обоих случаях — использования спутниковой системы связи «Иридиум» или технологической радиосети обмена данными на узкополосных радиомодемах — перед эксплуатацией требуется предварительная настройка оборудования, а собственно эксплуатация производится без дополнительных ручных подстроек и вмешательства инженерно-технического персонала. Более того, в отдельных радиомодемах для технологических радиосетей обмена данных четвертого поколения предусмотрена встроенная функция автоматического выбора оптимальной скорости обмена данными — в случае ухудшения условий приёма радиосигнала устройство снижает скорость обмена данными, обеспечения гарантированное доведение информации без вмешательства оператора.

Оперативная зона системы спутниковой связи «Иридиум» определяется как глобальная и обеспечивается 66 находящимися на орбите спутниками. Зона действия технологической радиосети ограничивается зоной электромагнитной доступности (прямой радиовидимости) с позиции антенны базовой станции. Номинально радиус такой зоны составляет около 25 км, и в этой зоне эксплуатация оборудования трудностей не вызывает.

В случае организации технологической радиосети для работы на постоянной основе ее оперативно-технические характеристики определяются в проектной документации, а после первоначального развертывания и настройки она функционирует в необслуживаемом автоматическом режиме.

Таким образом, принципиальных отличий в сложности/простоте настройки и эксплуатации радиотехнического оборудования для спутниковых и узкополосных технологических радиосетей связи не существует.

3. Приемлемая стоимость

Приемлемая стоимость технического решения определяется, в первую очередь, важностью решаемой задачи. То есть, если экономический эффект от реализации задачи исчисляется десятками миллионов рублей, то даже существенные отличия в стоимости оборудования, оцениваемого в десятки тысяч рублей, принципиального значения не имеют. В этом случае более важными представляются надёжность функционирования средств связи и их оперативно-технические возможности. Тем не менее, деньги любят счет, а любое техническое решение имеет свою стоимость. Сравнительные данные о примерной стоимости организации обмена данными по каналам спутниковой связи «Иридиум» и технологической радиосети обмена данными на узкополосных радиомодемах представлены в Таблице 2.

2. Сравнительная стоимость организации обмена данными по каналам спутниковой системы связи «Иридиум» и технологической радиосети обмена данными на узкополосных радиомодемах.

Статья расходов	Терминал Sailor SC4000	Радиомодем Viper-SC+
Приобретение оборудования, тыс. руб.	330 ⁶	200 (включая антенно-фидерное устройство) ⁷
Абонентская плата в год (объём данных, передаваемых в месяц, не должен превышать 25 Мбайт), тыс. руб.	168 ⁸	нет

Стоимость решения однотипной задачи с использованием аппаратуры системы спутниковой связи «Иридиум» оказывается несколько выше такого же решения на основе радиомодемов для технологической радиосети обмена данными. И эта разница существенно увеличивается в процессе эксплуатации за счет необходимости оплаты передаваемых данных. В связи с этим с финансовой точки зрения спутниковую связь целесообразно использовать в приложениях, требующих организации обмена данными на расстояния, не обеспечиваемые средствами технологической радиосети обмена данными на радиомодемах УКВ диапазона, чаще всего, превышающие 300 км.

Сноски

1. https://www.vniigochs.ru/storage/photos/4/TGB_articles/2016/N1_2016/p_01_Device_for_Operational_Control_of_Water_Pollution_tgb_1_2016.pdf ↵
2. О создании цифровых донных сейсмических станций нового поколения: настоящее и взгляд в будущее, https://journals.eco-vector.com/0869-7809/article/view/12722/ru_RU ↵
3. Технологическая радиосеть обмена данными УКВ-диапазона для ответственных систем на базе радиотехнической платформы Viper-SC+, часть 2 <https://flexlab.ru/technical-bulletin/115-ntspr-tehnologicheskaya-radioset-vypusk-12-02-otvetstvennye-prilozheniya/file> ↵
4. «Построение систем связи беспилотных летательных аппаратов для передачи информации на большие расстояния» Н. М. Боев, П. В. Шаршавин, И. В. Нигруца ООО НПП «Автономные аэрокосмические системы – ГеоСервис», Институт инженерной физики и радиоэлектроники ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». <https://uav-siberia.com/news/postroenie-sistem-svyazi-bespilotnykh-letatelnykh-apparatorov-dlya-peredachi-informatsii-na-bolshie-ra> ↵
5. Показатель уровня принимаемого сигнала, RSSI (англ. *received signal strength indicator*) (телекоммуникации) - [полная мощность](#) принимаемого [приемником сигнала](#). Измеряется приёмником по [логарифмической шкале](#) в дБм (дБм, [децибел](#) относительно 1 [милливатта](#)). ↵
6. <https://globalsat.ru/iridium/morskie-sputnikovye-terminaly-iridium/> ↵
7. <https://bez-rsv.ru/shop/product/radiomodem-viper-sc100> ↵
8. https://www.marsat.ru/files/%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B8%D1%84%D1%8B/rates_2022/openport_usd_01.01.2022.pdf ↵