

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R М.1874
(04/2010)

**Технические и эксплуатационные
характеристики океанографических
радаров, работающих в подполосах
в пределах диапазона частот
от 3 до 50 МГц**

Серия М

**Подвижная спутниковая служба, спутниковая
служба радиоопределения, любительская
спутниковая служба и относящиеся к ним
спутниковые службы**



Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции 1 МСЭ-R. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службой
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 МСЭ-R.

Электронная публикация
Женева, 2010 г.

© ITU 2010

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R М.1874

Технические и эксплуатационные характеристики океанографических радаров, работающих в подполосах в пределах диапазона частот от 3 до 50 МГц

(Вопрос МСЭ-R 240/5)

(2009-2010)

Сфера применения

В данной Рекомендации представлены технические и эксплуатационные характеристики океанографических радаров, предназначенные для применения в исследованиях совместимости и совместного использования частот, для планирования использования спектра и развертывания систем в полосе частот от 3 до 50 МГц. В ней представлены соответствующие характеристики систем океанографических измерений с малым радиусом действия, стандартным радиусом действия, большим радиусом действия, очень большим радиусом действия и с высоким разрешением.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что у службы радиоопределения¹ имеется потребность в эксплуатации океанографических радиолокационных систем, которые используют спектр в диапазоне частот 3–50 МГц;
- b) что в некоторых странах в течение ряда лет океанографические радиолокационные системы эксплуатируются в диапазоне 3–50 МГц в соответствии с положениями п. 4.4 Регламента радиосвязи;
- c) что существует глобальная заинтересованность в том, чтобы работающие системы были развернуты на всемирной основе;
- d) что рабочие характеристики, функции и требования к данным обычно определяют диапазон радиочастотного спектра, который может использоваться радиолокационными системами наблюдения над океаном,

признавая,

- a) что для управления использованием спектра и планирования развертывания необходимы типовые технические и эксплуатационные характеристики океанографических радиолокационных систем,

рекомендует,

1 что при проведении исследований совместного использования и совместимости с системами в других службах следует учитывать технические и эксплуатационные аспекты океанографических радаров, содержащиеся в Приложении 1;

2 что технические и эксплуатационные аспекты океанографических радаров, содержащиеся в Приложении 1, следует также учитывать для решения задач планирования.

¹ Службы радиолокации и радионавигации являются подслужбами службы радиоопределения.

Приложение 1

Технические и эксплуатационные характеристики океанографических радаров, работающих в подполосах в пределах диапазона частот от 3 до 50 МГц

1 Введение

Значительный процент населения планеты живет в радиусе 50 миль от побережья, что увеличивает потребность в точных, достоверных и подробных измерениях параметров окружающей среды на берегу океана.

Подобно тому, как ветер в атмосфере предоставляет информацию о том, где и когда наблюдаются те или иные метеоусловия, океанские течения определяют передвижение океанских процессов. Эти два динамических потока используются для определения того, куда будут двигаться загрязняющие вещества, промышленные или естественные. В настоящее время измерение океанских течений не так доступно, как измерение ветров.

Благодаря этому факту растет заинтересованность в получении возможности точного измерения течений и волн в прибрежных водах. Способности радиолокационных систем, работающих на частотах выше 50 МГц, по предоставлению данных, удовлетворяющих существующим требованиям по дальности, точности и разрешению, сильно ограничены. Всемирное океанографическое сообщество планирует создать сети радаров для наблюдения за поверхностью моря у побережья. Улучшенные измерения береговых течений и состояния моря полезны для общества, так как они позволяют лучше понимать проблемы загрязнения береговой линии, управление рыболовством, поисково-спасательные операции, эрозию пляжей, морскую навигацию и транспорт наносов. Береговые радиолокационные измерения поверхности моря обеспечивают поддержку метеорологических наблюдений при помощи сбора данных о состоянии моря и доминантных океанических волнах. Кроме того, технология океанографических радаров находит применение в повышении осведомленности о всемирном океане, позволяя осуществлять дистанционное зондирование надводных судов. Это даст полезные результаты для всемирной безопасности и охраны судов и портов².

Потребность в дополнительных данных для смягчения последствий бедствий, включая цунами, для того чтобы понимать изменение климата и обеспечивать безопасные морские путешествия привела к рассмотрению эксплуатации сетей океанографических радаров на всемирной основе.

На рисунках 1 и 2 показана реализация этих систем в Японии.

² Использование технологии океанского радара динамического применения для изучения динамики прибрежных вод (CODAR) в Соединенных Штатах Американской береговой охраной и органами планирования поисково-спасательных операций; Дэвид Улльман (David Ullman); Джеймс О'Доннелл (James O'Donnell); Кристофер Эдвардс (Christopher Edwards); Тодд Фэйк (Todd Fake); Дэвид Моршаузер (David Morschauser); Центр исследования и развития береговой охраны, Гротон, Коннектикут.

РИСУНОК 1

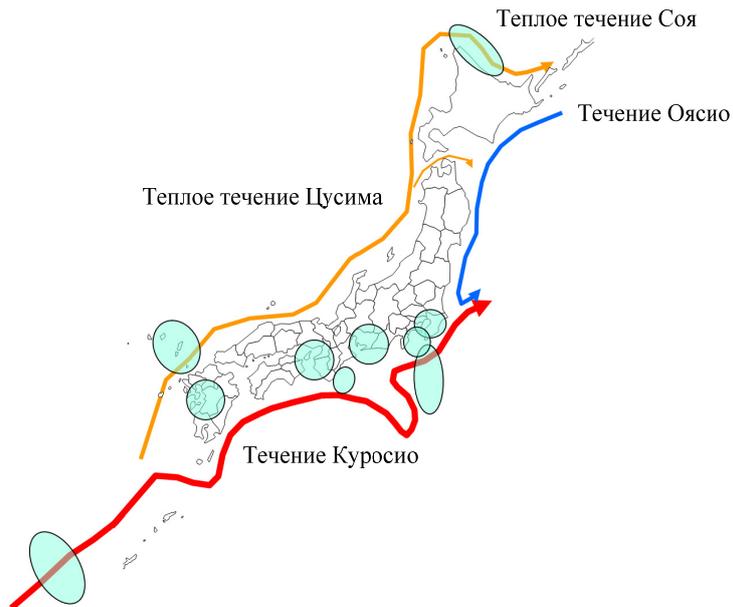
Пример наблюдения поверхностного течения при помощи океанографических радаров в системе наблюдения за Токийским заливом, эксплуатируемой Министерством Земли, инфраструктуры, транспорта и туризма, Японии



M.1874-01

РИСУНОК 2

Океанографические радары в Японии
(для каждой фиксированной радиолокационной станции показаны области наблюдения)

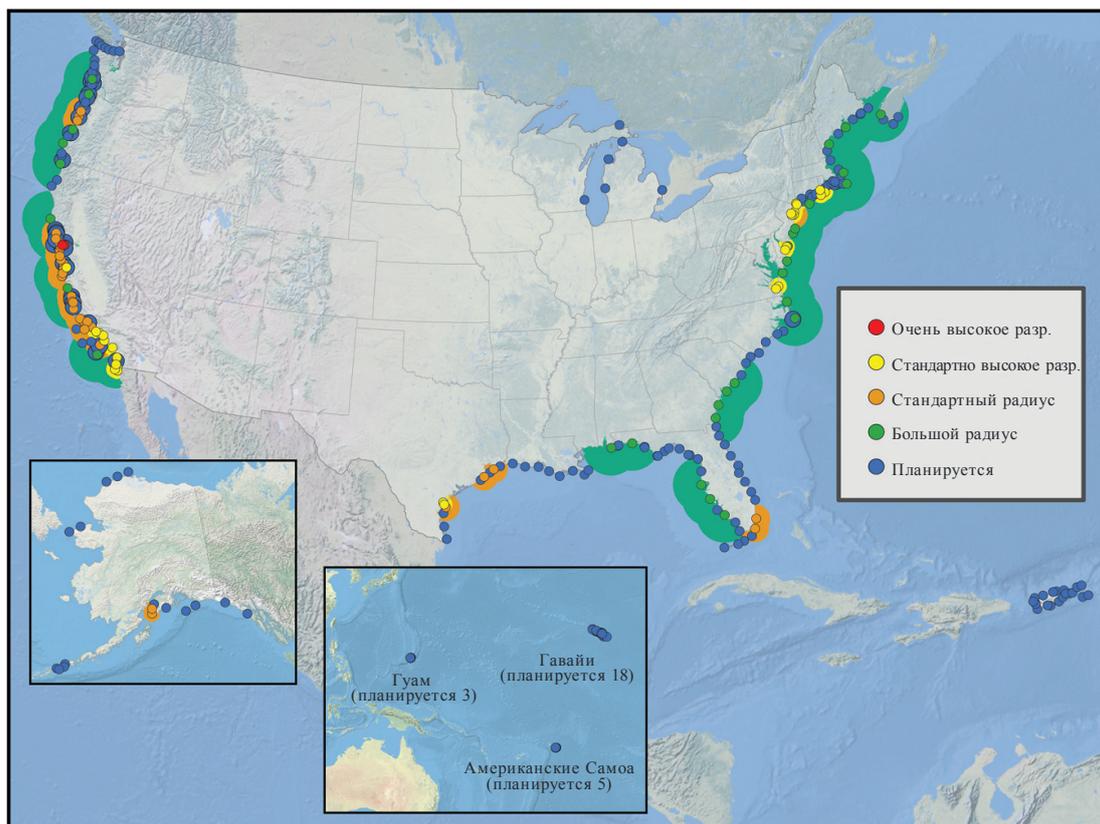


M.1874-02

По состоянию на 2009 год в береговых районах Соединенных Штатов Америки установлено 143 неравномерно распределенных океанографических радаров, в это число входят радары, которые не работают в настоящее время на регулярной основе. Почти все системы океанографических радаров в Соединенных Штатах Америки принадлежат исследовательским отделам университетов и эксплуатируются ими. На рисунке 3 показаны существующие и планируемые океанографические радиолокационные станции для Соединенных Штатов Америки, Тихоокеанских островов и Карибского региона.

РИСУНОК 3

Существующие и планируемые океанографические радиолокационные станции для Соединенных Штатов Америки, Тихоокеанских островов и Карибского региона



М.1874-03

Создание сети океанографических радиолокационных станций наблюдения включено в План развития комплексной системы наблюдения за океаном (IOOS) и является частью всемирной системы наблюдения за океаном (GOOS), которая в свою очередь является важной составляющей всемирной системы систем наблюдения за Землей (GEOSS).

2 Принципы работы

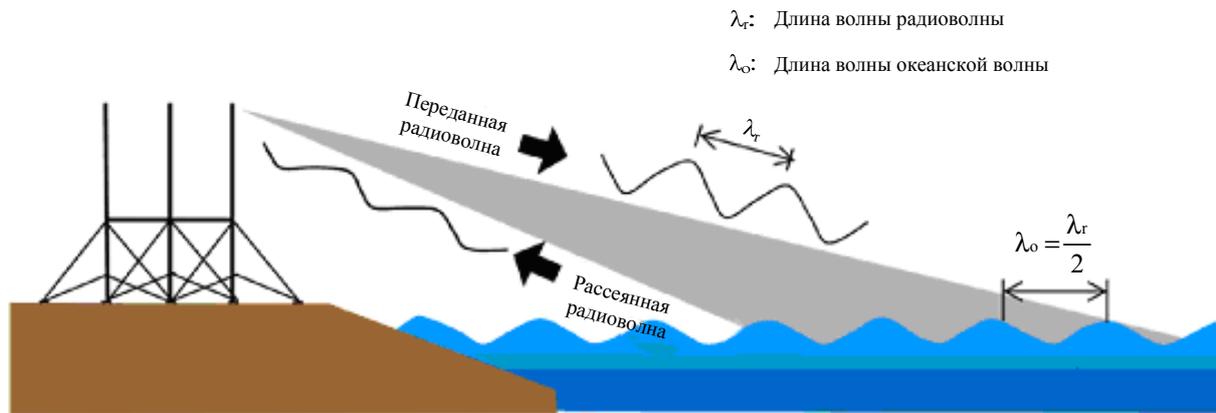
В океанографических радарах, использующих рассеяние Брэгга³, диапазон частот 3–50 МГц (длина волны от 100 до 6 м) очень удобен для измерения волн в океане, возникающих из-за ветра (смотрите рисунок 4). Пространственное разрешение радара ограничено полосой пропускания сигнала, например полосы пропускания 100 и 300 кГц дают разрешение 1,5 км и 500 м, соответственно⁴.

³ Когда длина передаваемой поверхностной волны равна половине длины поверхностной волны в океане, в направлении радиолокатора будет отражен мощный обратный сигнал.

⁴ Разрешение L , скорость света c ($= 300\,000$ км/с) и полоса пропускания fc связаны соотношением $fc = c/2L$.

РИСУНОК 4

Схематическое изображение распространения радиоволн и рассеяние Брэгга



М.1874-04

Задачами этих систем являются: получение в режиме реального времени постоянной информации о состоянии окружающей среды, например сбор и управление данными о загрязнении, предоставление услуг по смягчению последствий действий, например обнаружение волн цунами, предоставление услуг обеспечения безопасности мореплавания, например наблюдение за состоянием моря и океаническими течениями, осуществляемое океанографическими радарными.

Физические параметры, которые измеряются океанографическими радарными, и соответствующие требования к их рабочим характеристикам влияют на полосы частот, которые должны поддерживать сбор данных. Океанографические радары для наблюдения за океаном используют поверхность океана для измерений океанских течений и состояния моря. Когда интервал между волнами равен половине длины волны частоты излучения океанографического радара, от поверхности океана в направлении радара отражается мощный сигнал. Это явление известно, как рассеяние Брэгга. Диапазон частот 3–50 МГц очень удобен для работы радара океанографических наблюдений, так как волны в океане есть всегда, а интервал между волнами соответствует рабочей частоте радара. Для решения задач смягчения последствий бедствий следует стремиться получить как можно более высокое временное разрешение, а для экологических работ следует стремиться получить как можно более высокое пространственное разрешение. Кроме того, измерение доплеровского сдвига обратных сигналов позволяет операторам измерять другие свойства состояния моря и морских течений.

Двумя основными методами передачи, которые используются в океанографических радарных, являются импульсы непрерывного радиосигнала (CW) и линейные радиоимпульсы с непрерывным радиосигналом, модулированным по частоте (FMCW). В таблице 1 приведен перечень параметров, которые характерны для стандартного океанографического радара.

ТАБЛИЦА 1

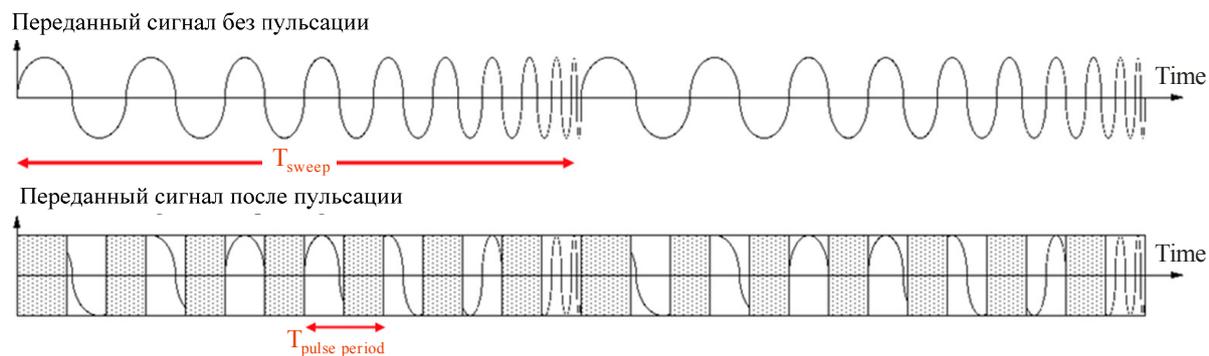
Список параметров сигналов стандартного океанографического радара

Центральная частота (МГц)	Ширина полосы развертки (кГц)	Время развертки (Tsweep) (с)	Период импульса (Pulse period) (мкс)	Коэффициент заполнения импульса (%)
4,53	25,6	1	1 946	50
13,46	49,4	0,5	669	50
24,65	101	0,5	486	50

На рисунке 5 показана структура сигнала стандартных океанографических радарных. Вид сигнала в верхней части рисунка соответствует сигналу FMCW. Вид сигнала в нижней части соответствует стробированному сигналу.

РИСУНОК 5

Структуры сигнала стандартного океанографического радара

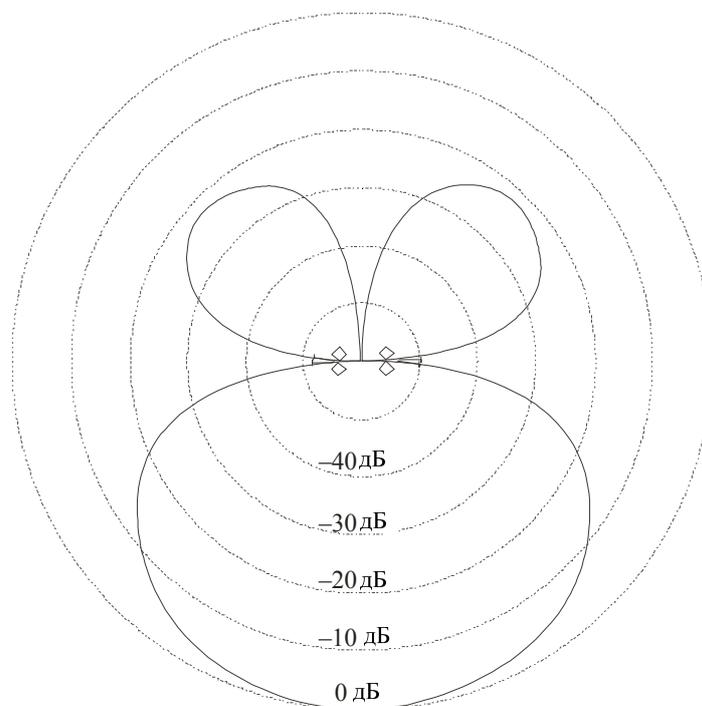


М.1874-05

3 Антенны океанографического радара

В настоящее время в океанографических радиолокационных системах наблюдения за океаном используется множество типов антенн. Некоторые системы для сканирования в азимутальном направлении используют либо систему Яги из 3 элементов, или систему с фазовой решеткой, в которой для передачи применяется несколько комплектов антенны Яги, что ограничивает географическую зону покрытия, на территории которой распространяется сигнал океанографического радара. На рисунках 6, 7 и 8 показано несколько диаграмм направленности антенн океанографического радара.

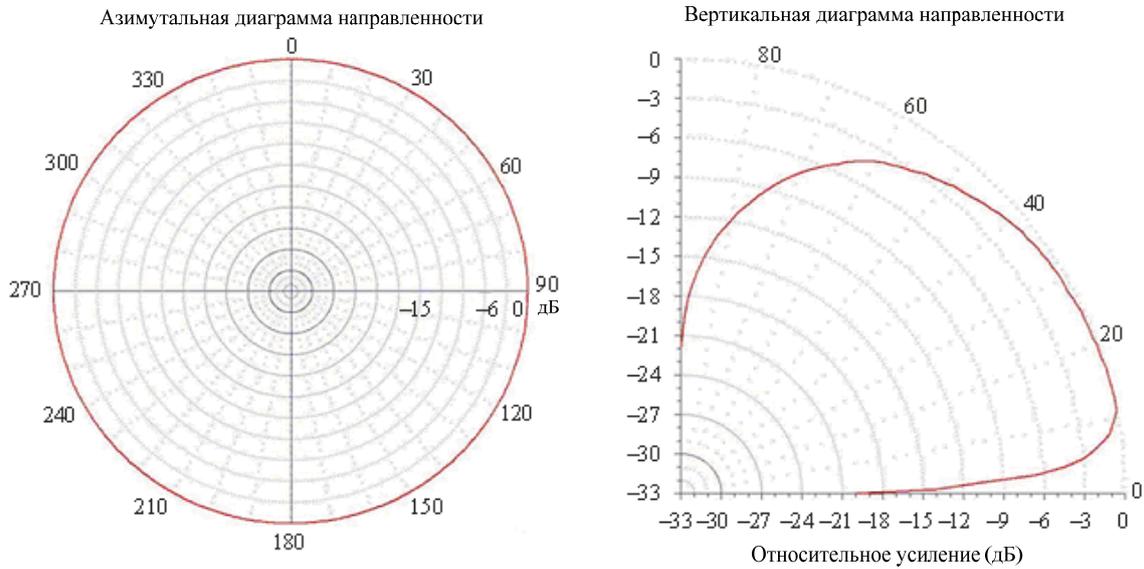
РИСУНОК 6

Диаграммы направленности антенн стандартного океанографического радара
(4 вертикальные монополярные решетки)

М.1874-06

РИСУНОК 7

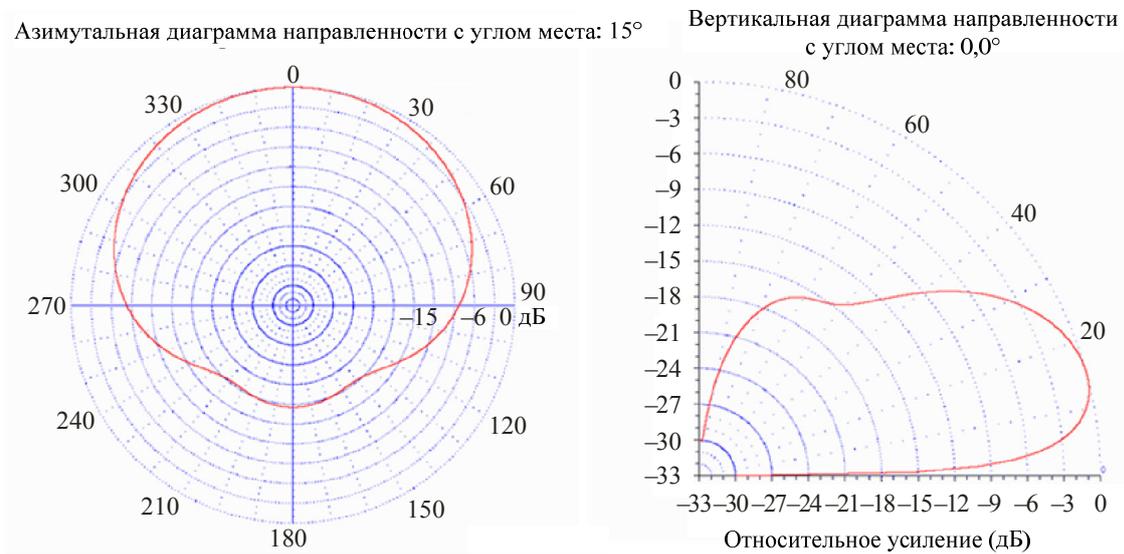
Диаграммы направленности антенн стандартного океанографического радара
(ненаправленная; слева: азимутальная, справа: вертикальная)



М.1874-07

РИСУНОК 8

Диаграммы направленности антенн стандартного океанографического радара
(направленная, "волновой канал" из 3 элементов; слева: азимутальная, справа: вертикальная)



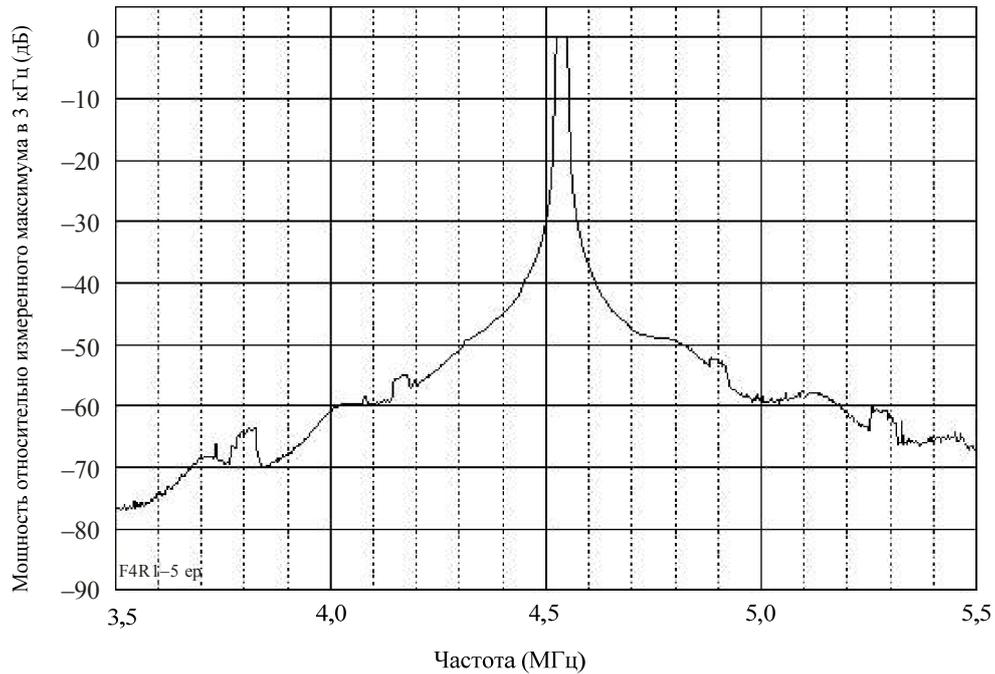
М.1874-08

4 Излучения передатчиков

На рисунках 9 и 10 показаны излучения океанографического радара, работающего на частотах 4,5 МГц и 24 МГц.

РИСУНОК 9

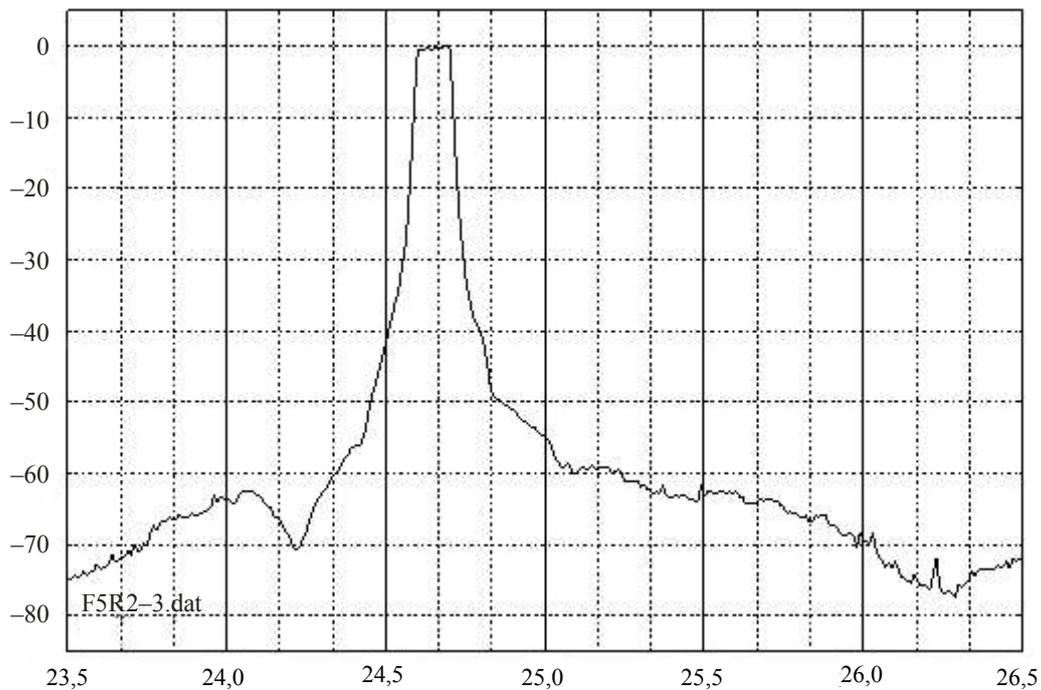
Излучения океанографического радара на частоте 4,5 МГц



М.1874-09

РИСУНОК 10

Излучения океанографического радара на частоте 24 МГц



М.1874-10

5 Характеристики системы

В таблицах 2–4 содержится краткое описание радиочастотных (РЧ) характеристик типовых систем океанографических радаров для наблюдений за океаном в диапазонах частот от 3 до 50 МГц.

ТАБЛИЦА 2

Характеристики типичных океанографических радаров для наблюдения за океаном при помощи прерывистого незатухающего радиосигнала, модулированного по частоте (FMICW)

Характеристики	Система 1 5 МГц	Система 2 13 МГц	Система 3 25 МГц	Система 4 42 МГц
Функция	Океанографические измерения с большим радиусом действия	Стандартные океанографические измерения	Океанографические измерения с высоким разрешением	
Максимальное эксплуатационное расстояние (измерения) ⁽¹⁾	170–200 км (в среднем в течение дня) ⁽²⁾	60–90 км (в среднем в течение дня) ⁽²⁾	30–50 км (в среднем в течение дня) ⁽²⁾	15–25 км (в среднем в течение дня) ⁽²⁾
Расстояние выбираемого пользователем разрешения по дальности	3–12 км ⁽³⁾	2–3 км ⁽³⁾	0,3–2 км ⁽³⁾	0,3–1 км ⁽³⁾
Стандартная ширина полосы развертки	25 кГц ⁽³⁾	50 кГц ⁽³⁾	100 кГц ⁽³⁾	125 кГц ⁽³⁾
Полоса частот ⁽⁴⁾	4–6 МГц ⁽⁴⁾	12–14 МГц ⁽⁴⁾	24–27 МГц ⁽⁴⁾	40–44 МГц ⁽⁴⁾
Стандартная используемая пиковая мощность Максимальные технические характеристики системы – Пиковая мощность на входе антенны	50 Вт 80 Вт			50 Вт 80 Вт(100 Вт)
Длительность импульсов (мкс)	1 000–2 000	300–600		30–100
Максимальный коэффициент заполнения импульса	50%			
Время нарастания/спада импульса (мкс)	16/32	16		8/16
Метод настройки передатчика	Цифровой			
Метод настройки приемника	Цифровой			
Выходное устройство	Стробированный ПТ (полевой транзистор) (Работа класса АВ)			
Стабильность передатчика	$0,001 \times 10^{-6}$			
Стабильность приемника	$0,001 \times 10^{-6}$			
Тип диаграммы направленности передающей антенны	Ненаправленная (в горизонтальной плоскости)			
Тип передающей антенны	Четырехволновая монополярная с дополнительными горизонтальными отражающими элементами			
Поляризация антенны	Вертикальная			
Усиление главного луча антенны (дБи)	8			
Ширина луча передающей антенны по углу места	35°			

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Характеристики	Система 1 5 МГц	Система 2 13 МГц	Система 3 25 МГц	Система 4 42 МГц
Ширина луча передающей антенны по углу азимута	Ненаправленная			
Частота горизонтальной развертки передающей антенны	Фиксированная антенна			
Высота передающей антенны (м)	10	4	2	1,2
Тип диаграммы направленности антенны приемника	Электрическая и магнитная дипольные антенны			
Тип антенны приемника	Две скрещенные рамки и монополярная в одном блоке			
Поляризация антенны приемника	Вертикальная			
Усиление главного луча антенны приемника (дБи)	5			
Ширина луча антенны приемника по углу места	45°			
Ширина луча антенны приемника по углу азимута	Ширина луча 90–360°			
Частота горизонтальной развертки антенны приемника	Фиксированная антенна			
Высота антенны приемника (м)	4			
Ширина полосы промежуточной частоты приемника на уровне 3 дБ (Гц)	500			
Коэффициент шума приемника	12 дБ с импульсами			
Минимальный различимый сигнал	–147 дБм (500 Гц RBW ⁽⁵⁾) (уровень шума определенной антенны)			
Интервал развертки	От 0,5 до 1,0 с			
Ширина полосы излучения передатчика 3 дБ 20 дБ	26 кГц 58 кГц	54 кГц 70 кГц	105 кГц 150 кГц	128 кГц 170 кГц
Подавление гармоник	Да			

- (1) Расстояние зависит от многих факторов окружающей среды: внешнего шума, высоты значимой волны, скорости течения, местонахождения радара, например близости к воде, близлежащих препятствий и рабочей частоты.
- (2) Ночью расстояние значительно уменьшается.
- (3) Так как ширина полосы развертки настраивается (более высокая ширина полосы дает данные с большим разрешением), обычно системы эксплуатировались в со стандартной шириной полосы развертки, определенной ввиду ограниченности доступной ширины полосы и необходимости сосуществования с другими радиосистемами.
- (4) Определяет полосы частот для оптимальной производительности с научной точки зрения. Для работы не требуется весь диапазон частот.
- (5) RBW означает разрешение по полосе пропускания.

ТАБЛИЦА 3

Характеристики типичных океанографических радаров при помощи незатухающего радиосигнала, модулированного по частоте (FMCW)

Характеристики	Система 5 8 МГц	Система 6 12 МГц	Система 7 16 МГц	Система 8 25 МГц	Система 9 42 МГц
Функция	Океанографические измерения с очень большим радиусом действия	Океанографические измерения с большим радиусом действия	Стандартные океанографические измерения	Океанографические измерения с высоким разрешением	Измерения с малым радиусом действия и лучшим разрешением
Максимальное эксплуатационное расстояние (измерения)	150–300 км (в среднем в течение дня) ⁽¹⁾	100–150 км (в среднем в течение дня) ⁽¹⁾	50–100 км (в среднем в течение дня) ⁽¹⁾	30–60 км (в среднем в течение дня) ⁽¹⁾	10–20 км (в среднем в течение дня) ⁽¹⁾
Разрешение по дальности	3–12 км	1–3 км	1–3 км Режим высокого разрешения: 0,5 км	0,5–2 км Режим высокого разрешения: 0,25 км	150–500 м
Ширина полосы развертки (кГц)	50–12,5	150–50	300–50	600–75	300–1 000
Полоса частот (МГц)	6–9	11–14	14–18	24–27	40–44
Средняя мощность на входе антенны (= пиковая мощность)	30 Вт 7 Вт на антенну				
Длительность импульсов	Нет импульсов				
Максимальный коэффициент заполнения импульса	Незатухающий радиосигнал				
Время нарастания/спада импульса	Незатухающий радиосигнал				
Метод настройки передатчика	Цифровой (DDS)				
Метод настройки приемника	Цифровой (DDS)				
Выходное устройство	Твердотельное, биполярное (Работа класса АВ)				
Стабильность передатчика	$0,1 \times 10^{-6}$ /год				
Стабильность приемника	$0,1 \times 10^{-6}$ /год				
Тип диаграммы направленности передающей антенны	Направленная > 90% мощности в пределах $\pm 60^\circ$ ширины полосы				
Тип передающей антенны	4 вертикальные прямоугольные решетки $0,5 \times 0,15$ длины волны				

ТАБЛИЦА 3 (продолжение)

Характеристики	Система 5 8 МГц	Система 6 12 МГц	Система 7 16 МГц	Система 8 25 МГц	Система 9 42 МГц
Поляризация антенны	Вертикальная				
Усиление главного луча антенны (дБи)	От 5 до 8				
Ширина луча передающей антенны по углу места	От 25 до 35°				
Ширина луча передающей антенны по углу азимута	120°				
Частота горизонтальной развертки передающей антенны	Фиксированная антенна				
Высота передающей антенны (м)	< 10	< 6	< 4	< 3	< 2
Тип диаграммы направленности антенны приемника	Направленная, с шириной луча от ±3 до ±15°				
Тип антенны приемника	Монопольная решетка (от 4 до 16 монополей)				
Поляризация антенны приемника	Вертикальная				
Усиление главного луча антенны приемника (дБи)	От 10 до 18				
Ширина луча антенны приемника по углу места	35°				
Ширина луча антенны приемника по углу азимута	От 6° до 30° в зависимости от размера решетки				
Частота горизонтальной развертки антенны приемника	Фиксированная антенна				
Высота антенны приемника (м)	< 10	< 6	< 4	< 3	< 2
Ширина полосы между частотами приемника на уровне 3 дБ (Гц)	Промежуточная частота не используется, ширина полосы частот модулирующих сигналов равна 1,5 кГц				
Коэффициент шума приемника	8				

ТАБЛИЦА 3 (окончание)

Характеристики	Система 5 8 МГц	Система 6 12 МГц	Система 7 16 МГц	Система 8 25 МГц	Система 9 42 МГц
Минимальный различимый сигнал	-142 дБм (при 1 500 Гц RBW ⁽²⁾) (уровень шума определенной антенны)				
Мгновенная ширина полосы			0,2 кГц		
			0,6 кГц		
			30 кГц		
Подавление гармоник (дБс)	< -60				
Интервал развертки	От 200 до 500 мс	От 130 до 500 мс		От 130 до 250 мс	

(1) Ночью расстояние значительно уменьшается.

(2) RBW означает разрешение по полосе пропускания.

ТАБЛИЦА 4

Характеристики	Система 10 9,2 МГц	Система 11 24,5 МГц	Система 12 24,5 МГц	Система 13 41,9 МГц
Функция	Океанографические измерения с большим радиусом действия	Стандартные океанографические измерения		Океанографические измерения с высоким разрешением
Максимальное эксплуатационное расстояние (измерения) (км)	200–300	50–70		20–25
Разрешения по дальности (км)	6,8	1,5		0,5
Ширина полосы развертки (кГц)	22	100		300
Полоса частот (МГц)	9,2	24,5		41,9
Пиковая мощность на входе антенны	1 кВт	100 Вт	200 Вт	100 Вт
Длительность импульсов (мкс)	1 330	488		244–280
Максимальный коэффициент заполнения импульса (%)	50			
Время нарастания/спада импульса	Выровнено ⁽¹⁾			
Метод настройки передатчика	Цифровой			
Метод настройки приемника	Цифровой			
Выходное устройство	Стробированный ПТ (полевой транзистор) (Работа класса АВ)			
Стабильность передатчика	$0,03 \times 10^{-6}/\text{год}$			
Стабильность приемника	$0,03 \times 10^{-6}/\text{год}$			
Тип диаграммы направленности передающей антенны	Направленная			
Тип передающей антенны	"волновой канал" из 3 элементов	8 комплексов антенн типа "волновой канал" из 3 элементов	"волновой канал" из 3 элементов	
Поляризация антенны	Вертикальная			
Усиление главного луча антенны (дБи)	6	15	6	
Ширина луча передающей антенны по углу места	30°	25°		
Ширина луча передающей антенны по азимуту	120°	15°	120°	

ТАБЛИЦА 4 (окончание)

Характеристики	Система 10 9,2 МГц	Система 11 24,5 МГц	Система 12 24,5 МГц	Система 13 41,9 МГц
Частота горизонтальной развертки передающей антенны	Фиксированная антенна	Фиксированная антенна с фазовой решеткой 60 мин. на 12 направлений	Фиксированная антенна	
Высота передающей антенны ⁽²⁾ (м)	10	2–14		
Тип диаграммы направленности антенны приемника	Направленная			
Тип антенны приемника	16 комплексов антенн типа "волновой канал" из 2 элементов	8 комплексов антенн типа "волновой канал" из 3 элементов		
Поляризация антенны приемника	Вертикальная			
Усиление главного луча антенны приемника (дБи)	16	15		
Ширина луча антенны приемника по углу места	30°	25°		
Ширина луча антенны приемника по углу азимута	8–10°	15°		
Частота горизонтальной развертки антенны приемника	DBF фиксированной антенны ⁽³⁾	Фиксированная антенна с фазовой решеткой 60 мин. на 12 направлений	DBF фиксированной антенны ⁽³⁾	
Высота антенны приемника ⁽²⁾ (м)	10	2–14		
Ширина полосы промежуточной частоты приемника на уровне 3 дБ (Гц)	200			
Коэффициент шума приемника	17 дБ с импульсами	12 дБ с импульсами	13 дБ с импульсами	
Минимальный различимый сигнал	–157 дБм (1 Гц RBW ⁽⁴⁾)	–162 дБм (1 Гц RBW ⁽⁴⁾)	–161 дБм (1 Гц RBW ⁽⁴⁾)	
Ширина полосы излучения передатчика (кГц)	25	110	320	
Подавление гармоник	Да			
Интервал развертки	0,7 с	0,5 с	0,25 с	

(1) Срезам импульса придана форма для управления использованием их спектра. Крутизна определена косвенно при помощи спектра.

(2) Высота точки питания в решетке антенны от уровня земли.

(3) Формирование цифрового луча.

(4) RBW означает разрешение по полосе пропускания.