

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R М.628-4*

**Технические характеристики спасательных
радиолокационных ответчиков**

(Вопросы МСЭ-R 28/8 и МСЭ-R 45/8)

(1986-1990-1992-1994-2006)

Сфера применения

В данной Рекомендации содержатся технические характеристики спасательных радиолокационных ответчиков (SART). SART используются для определения местоположения корабля или спасательного судна на море во время бедствия.

Корабль или спасательное судно на море может использовать SART, чтобы указать, что оно находится в бедственном положении. SART могут быть обнаружены радаром, функционирующим в полосе частот 9 ГГц.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что инструкции III/6.2.2 и IV/7.1.3 поправок к Международной конвенции о безопасности человеческой жизни на море (SOLAS) 1974 года требуют внедрения радиолокационных ответчиков, функционирующих в полосе частот 9 ГГц, для определения местоположения корабля, терпящего бедствие на море, или его спасательного судна;
- b) что подобные радиолокационные ответчики могут использоваться также кораблями, не подчиняющимися Конвенции SOLAS, 1974; некоторые из таких радиолокационных ответчиков могут размещаться на свободно плавающих размыкающих и активирующих устройствах или станциях радиомаяков – указателей места бедствия (EPIRB) или спутниковых EPIRB;
- c) что инструкция V/19 поправок от 2000 года к конвенции SOLAS 1974 года требует, чтобы пассажирские корабли, независимо от их размера, и грузовые суда с валовой вместимостью 300 тонн и более имели на борту радиолокационную установку; а если их валовая вместимость больше 5000 тонн, – 2 радиолокационные установки; с 1 февраля 1995 года радиолокационные установки или хотя бы одна из радиолокационных установок должна функционировать в полосе частот 9 ГГц;
- d) что Международная морская организация (ИМО) приняла Рекомендацию о стандартах рабочих характеристик радиолокационных ответчиков для спасательных судов, используемых в поисковых и спасательных операциях (резолюция А.802(19));
- e) что определение местоположения является одним из основных требований к GMDSS;
- f) что система определения местоположения могла бы работать более эффективно, если бы радиолокационный ответчик соответствовал техническим и эксплуатационным характеристикам, одобренным международными соглашениями,

* Директор Бюро радиосвязи должен довести данную Рекомендацию до сведения Международной морской организации (ИМО), Международной организации гражданской авиации (ИКАО), Международной электротехнической комиссии (МЭК) и Международной ассоциации смотрителей маяков (IALA).

рекомендует,

1 чтобы технические характеристики спасательных радиолокационных ответчиков (SART), функционирующих в полосе частот 9200–9500 МГц, соответствовали Приложению 1;

2 чтобы для определения максимальной дальности обнаружения SART, имеющего технические характеристики, соответствующие Приложению 1 и использующего радиолокатор, удовлетворяющий требованиям резолюции ИМО MSC.192(79), использовались технические характеристики, полученные путем измерений, в сочетании с теоретическим методом, описанном в Приложении 2;

3 Примечания 1 и 2 являются частью данной Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Потери распространения сигнала SART, вызванные спасательным судном и его пассажирами, описаны в Приложении 3.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Технические характеристики круговой поляризации SART описаны в Приложении 4.

Приложение 1

Технические характеристики спасательных радиолокационных ответчиков, функционирующих в полосе 9200–9500 МГц

- 1 Частота: 9200–9500 МГц.
- 2 Поляризация: горизонтальная или круговая.
- 3 Скорость развертки: 5 мкс на 200 МГц, номинальная.
- 4 Ответный сигнал должен состоять из 12 разверток.
- 5 Форма развертки: пилообразная, время прямой развертки: $7,5 \text{ мкс} \pm 1 \text{ мкс}$,
время обратной развертки: $0,4 \text{ мкс} \pm 0,1 \text{ мкс}$.
Отклик должен начинаться с окончанием обратной развертки.
- 6 Импульсное излучение: 100 мкс номинальное значение.
- 7 э.и.и.м.: не менее 400 мВт (эквивалентно +26 дБм).
- 8 Эффективная чувствительность приемника: лучше –50 дБм (что эквивалентно $0,1 \text{ мВт/м}^2$) (см. Примечание 1).
- 9 Продолжительность работы: 96 часов в режиме подготовки, за которыми следуют 8 часов передачи в режиме радиолокационного ответчика при непрерывном опросе с частотой повторения импульсов 1 КГц.
- 10 Температурный диапазон: окружающая среда: от -20°C до $+55^\circ \text{C}$,
место хранения: от -30°C до $+65^\circ \text{C}$.
- 11 Время восстановления после возбуждения: 10 мкс или меньше.
- 12 Эффективная высота антенны: $\geq 1 \text{ м}$ (см. Примечание 2).
- 13 Задержка между приемом сигнала радиолокатора и началом передачи: 0,5 мкс или меньше.
- 14 Вертикальная ширина луча антенны: по меньшей мере $\pm 12,5^\circ$ относительно горизонтальной плоскости радиолокационного ответчика.
- 15 Ширина луча антенны по азимуту: ненаправленная в пределах $\pm 2 \text{ дБ}$.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Эффективная чувствительность приемника включает усиление антенны.

- Эффективная чувствительность приемника более –50 дБм применяется к импульсам радиолокационного запросчика длительностью > 400 нс (средние и длинные импульсы).
- Эффективная чувствительность приемника более –37 дБм применяется к импульсам радиолокационного запросчика длительностью ≤ 100 нс (короткие импульсы).
- Приемник должен иметь возможность нормально работать в поле излучения (28 дБ (Вт/м²)), создаваемом судовым радиолокатором с характеристиками, соответствующими резолюции ИМО MSC.192(79) на любом расстоянии > 20 м.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Данное значение эффективной высоты антенны применимо к оборудованию, соответствующему требованиям инструкции III/6.2.2 и IV/7.1.3 поправок от 1988 года к Конвенции SOLAS 1974 года.

Приложение 2

Максимальную дальность обнаружения SART, использующего радиолокатор, соответствующий резолюции ИМО MSC.192(79), при заданной или измеренной э.и.и.м. и эффективной чувствительности приемника можно определить с помощью рис. 1.

Радиолокатор характеризуется следующими основными параметрами:

- мощность передатчика 25 кВт,
- усиление антенны 30 дБи,
- высота антенны 15 м,
- чувствительность приемника –94 дБм.

На рис. 1 показаны кривые распространения для высоты SART 0,5 м, 1 м и 1,5 м в условиях довольно спокойного моря (высота волн составляет 0,3 м). При более сильном волнении на море коэффициент отражения от воды уменьшается, и кривые распространения перемещаются ближе к линии распространения в свободном пространстве, в зависимости от условий атмосферной рефракции. При высоте SART 1 м максимальная дальность обнаружения составляет как минимум 5 морских миль.

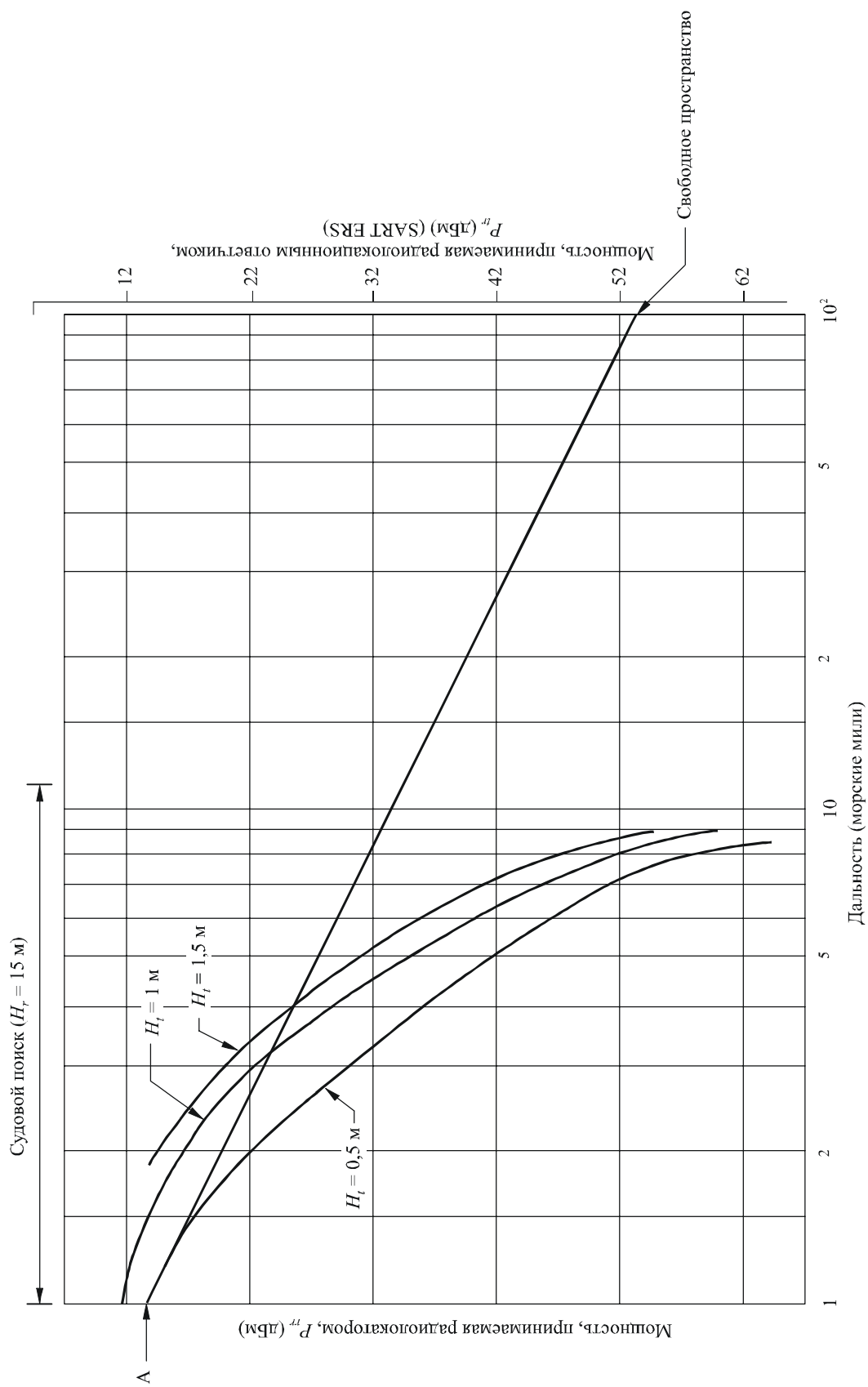
Метод с использованием рис. 1 состоит в следующем:

- рассчитать принимаемую радиолокатором мощность (P_r) на расстоянии 1 морская миля с помощью формулы:
$$P_r = \text{э.и.и.м. SART} \times \text{коэффициент усиления антенны} \times (\lambda/4 \pi R)^2$$
т. е. P_r (дБм) = э.и.и.м. SART (дБм) –87 дБ;
- поставить точку, соответствующую расчетному значению P_r , напротив точки А на кривой принимаемой радиолокатором мощности и продолжить эту кривую (10 дБ на деление)
- поставить точку, соответствующую значению эффективной чувствительности приемника SART (ERS), на кривой принимаемой ответчиком мощности и определить координаты точки пересечения с соответствующей кривой распространения на этом уровне, получив в результате максимальную дальность обнаружения радиолокатор – SART;
- на уровне –94 дБм кривой принимаемой радиолокатором мощности найти точку пересечения с соответствующей кривой распространения, что даст максимальную дальность обнаружения SART – радиолокатор.

Меньшее из двух полученных значений максимальной дальности обнаружения принимается за искомую оценку максимальной дальности обнаружения SART, которая, согласно резолюции ИМО А.802(19), должна составлять как минимум 5 морских миль.

РИСУНОК 1

Кривые распространения, используемые для определения максимального
диапазона дальности обнаружения SART



0628-01

Приложение 3

Влияние высоты антенны и препятствий на пути распространения сигнала, создаваемых спасательным судном и его пассажирами, на дальность обнаружения SART

1 Введение

В настоящем Приложении обсуждаются эффекты, возникающие на пути распространения сигналов SART, с учетом высоты антенны SART над поверхностью моря и ослабления сигнала, вызванного материалом спасательного судна и его пассажирами.

2 Влияние высоты антенны SART на дальность обнаружения

В соответствии с данной Рекомендацией требуется, чтобы антенна SART была установлена на высоте не менее 1 м над поверхностью моря для того, чтобы достигать дальность обнаружения в пять морских миль, требуемую резолюцией ИМО А.802(19). Испытания в реальных условиях подтвердили правильность этого положения. Испытания, проведенные на выборке из шести SART различных производителей, показали, что при высоте установки антенны 1 м дальность обнаружения составляет от 8,2 до 9,2 морской мили.

2.1 Испытания также показали, что важно поддерживать высоту антенны как минимум 1 м. Были получены следующие результаты для SART, установленного на спасательном судне:

- SART, лежащий горизонтально полу: дальность 1,8 морской мили
- SART, стоящий вертикально на полу: дальность 2,5 морской мили
- SART, плавающий в воде: дальность 2,0 морской мили

3 Влияние спасательного суда на сигналы SART

Проводились испытания с SART, установленным на спасательном судне при высоте антенны 1 м, с целью определения того, могут ли корпус спасательного судна и его пассажиры вызвать затенение сигнала.

3.1 На рис. 2–4 показаны результаты этих испытаний, проведенных для двух различных моделей спасательного плота SOLAS, рассчитанных на восемь человек. В каждом случае SART размещался в центре поворотной платформы на открытой испытательной площадке и запускался посредством импульсного сигнала радиолокатора. Каждая серия измерений проводилась для условий со спасательным плотом "спасенными" людьми и без спасательного плота и "спасенных" людей, при этом SART оставался в центре поворотной платформы.

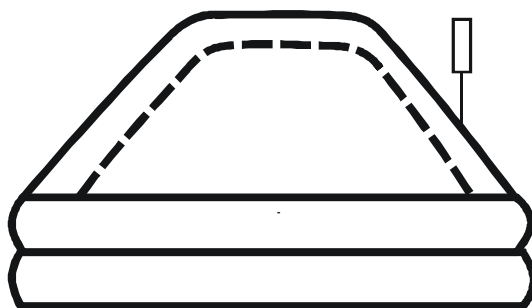
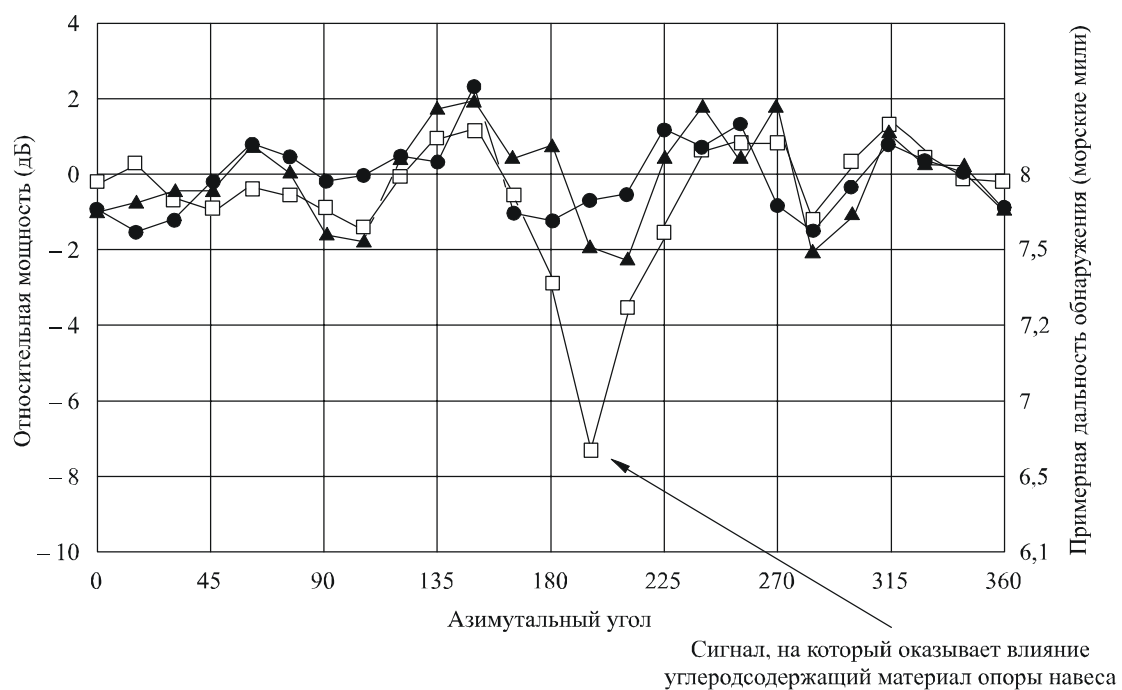
3.2 На рис. 2 показаны результаты, полученные при испытании SART, установленного на телескопической опоре, предназначенной для антенны спасательного плота. В этом случае антенна SART была расположена на одном уровне с опорой для навеса спасательного плота. Один из плотов оказал небольшое влияние на сигнал SART, в то время как другой (у которого опора была сделана из углеродосодержащего материала) вызвал провалы в сигнале в пределах угла величиной 30°.

3.3 На рис. 3 показаны результаты, полученные при испытании тех же плотов, но с SART, закрепленным на опоре внутри навеса плота. При этом наблюдались меньшие потери сигнала за счет углеродсодержащей опоры, поскольку сигнал проходил только через вертикальные секции. Однако потери сигнала также присутствовали вследствие наличия световозвращающей ленты на внешней стороне навеса спасательного плота. На одном плоту наблюдалось сильное ослабление сигнала в пределах небольшого угла, возникающее из-за близости группы литийсодержащих батарей, смонтированных на навесе для снабжения энергией осветительного устройства для определения местоположения спасательного плота.

3.4 На рис. 4 показан эффект запирания сигнала, вызванный телом уцелевшего пассажира, держащего SART на расстоянии вытянутой руки. Однако в данном случае высота SART составляла всего 0,5 м.

РИСУНОК 2

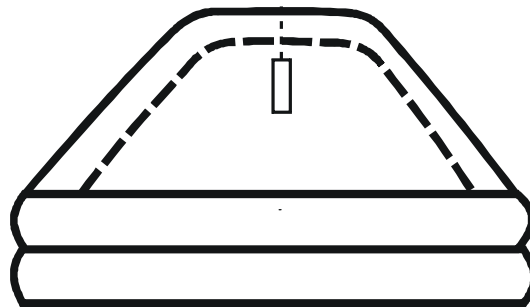
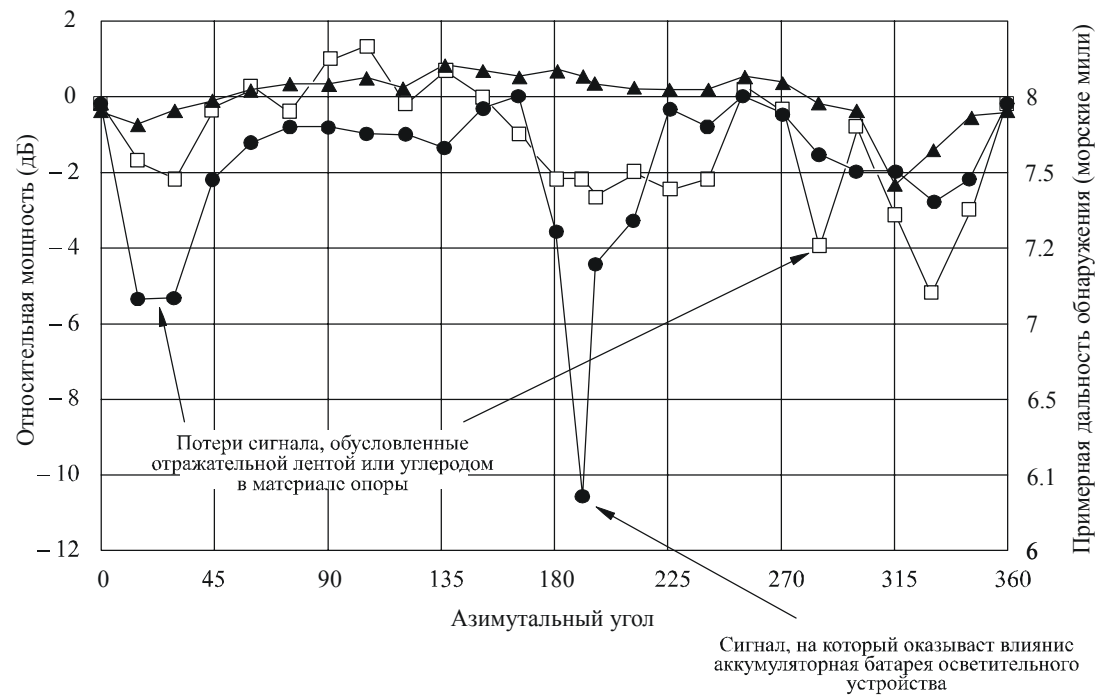
SART установлен на телескопической опоре



- ▲— только SART
- расположенный на плоту 1
- расположенный на плоту 2

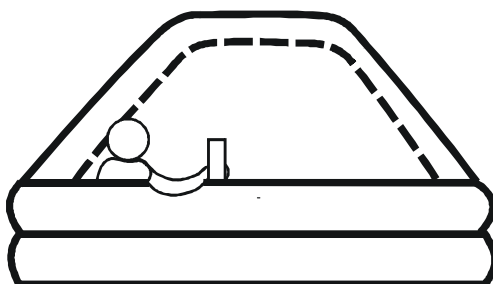
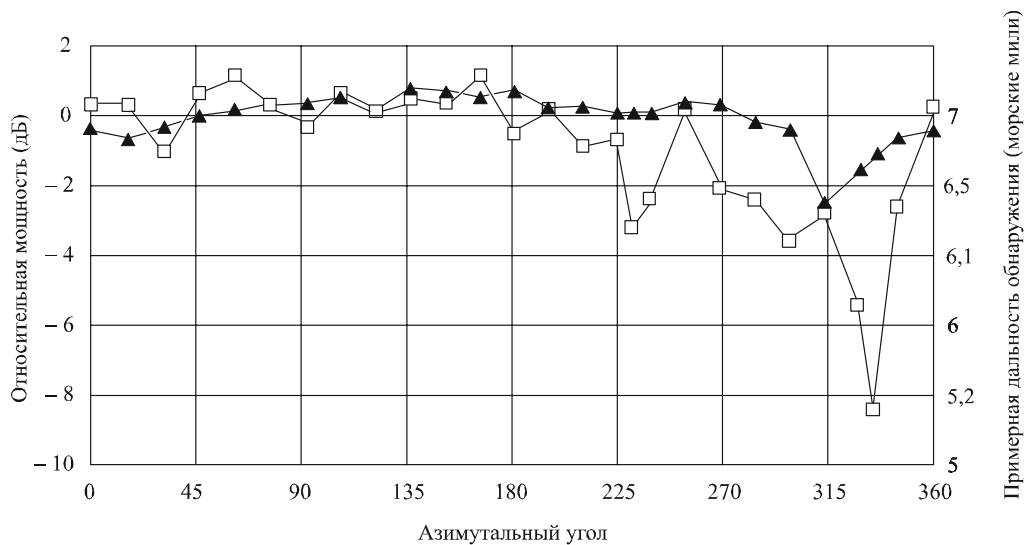
0628-02

РИСУНОК 3
SART подвешен внутри плота



- ▲— только SART
- расположенный на плоту 1
- расположенный на плоту 2

РИСУНОК 4
Пассажир держит SART в руке



—▲— только SART
—□— SART в руке пассажира на плоту 1

0628-04

3.5 На каждом рисунке указана примерная дальность радиолокационного обнаружения. Значения дальности обнаружения получены теоретически, при допущении, что для SART, установленного на высоте 1 м, дальность обнаружения составляет 8 морских миль, а для SART, установленного на высоте 0,5 м, дальность обнаружения составляет 7 морских миль.

3.6 Как показано на рисунках, наилучшие показатели были достигнуты при размещении SART на телескопической опоре, где уменьшение дальности обнаружения из-за спасательного плота составило не более 0,5 морской мили. Во всех случаях результаты были занижены в пределах узкого сектора, порядка 1,5–2,0 морских миль, однако на практике, при передвижении спасательного плота в море, это не составит серьезной проблемы. Уменьшение дальности обнаружения, вызванное человеческим телом, показанное на рис. 4, на практике не будет иметь значения, поскольку высота человека, сидящего в спасательном плоту, не превышает 1 м.

3.7 Описанные результаты были получены для сухого спасательного плота, поскольку он находился на испытательной площадке. В таблице 1 представлены значения потерь распространения радиоволн, вызываемые навесами и надувной камерой плота, используемых в спасательных судах ряда различных производителей. Табличные данные в последних двух строках показывают потери, когда материал обрызган морской водой. Из таблицы видно, что в наихудшем случае дополнительные потери для мокрого материала составили 3,35 дБ, что соответствует уменьшению дальности обнаружения примерно на 0,5 морской мили дополнительно.

ТАБЛИЦА 1

Потери передачи при прохождении через навес спасательного плота (результаты измерений)

Испы- тание	Образец	Плотность (мм)	Вес (кг/м ²)	Потери передачи (дБ) в зависимости от уклона навеса			
				Уклон			
				$\theta = 0^\circ$	$\theta = 30^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 60^\circ$
1	Ткань навеса, производства компании А	0,18	0,22	0	-0,1	-0,2	0
2	Материал надувной камеры, производства компании А	0,53	0,7	-0,05	-0,05	-0,3	-0,2
3	Ткань навеса, производства компании В	0,25	0,27	0	-0,1	-0,15	-0,05
4	Материал надувной камеры, производства компании В	0,57	0,67	0	-0,4	-0,4	-0,45
5	Ткань навеса, производства компании С	0,26	0,3	-0,2	-0,5	-0,3	-0,4
6	Материал надувной камеры, производства компании С	0,54	0,67	-0,6	-1,4	-1,9	-2,4
7	Распыление соленой воды (4,8% NaCl) более "1"	—	—	-0,35	-0,55	-0,95	-1,1
8	Распыление соленой воды (4,8% NaCl) более "3"	—	—	-1,3	-1,9	-2,6	-3,4

Частота измерений: 9,4 ГГц

Размер образца: 600 × 800 мм

4 Заключение

Испытания показали, что правильно установленным SART можно обеспечить дальность обнаружения, соответствующую требованиям ИМО, даже с учетом эффектов запираания, вызванных спасательным судном. Нет необходимости устанавливать SART на высоте более 1 м над поверхностью моря, особенно если монтаж на большой высоте может вызвать трудности у тех, кто уцелел при кораблекрушении, но в будущем усовершенствование способов установки антенны, возможно, позволит увеличить дальность обнаружения.

4.1 В испытаниях не рассматривался аспект влияния радиолокационного отражателя на рабочие характеристики SART, но ожидается, что он может значительно снизить скорость отклика SART. Потерпевшим кораблекрушение не рекомендуется разворачивать SART и радиолокационный отражатель на одном и том же спасательном плоту, так как отражатель может затенять SART.

Приложение 4

Рабочие характеристики SART с круговой поляризацией

Введение

Горизонтальная поляризация используется в качестве метода поляризации для SART. Последние исследования в Японии показали, что круговая поляризация могла бы использоваться SART. SART, использующие круговую поляризацию со спиральной антенной, были созданы с испытательной целью, и были проведены эксперименты в резервуаре воды и испытания в море. Результаты показали преимущества круговой поляризации SART, и было сделано заключение, что она позволит уменьшить размеры SART.

1 Характеристики сигнала SART при испытании в резервуаре воды

Были проведены измерения принимаемой мощности сигналов SART и наблюдения за сигналом на радаре PPI в искусственной воде с волнами в исследовательской лаборатории в Японии. Результаты показали, что круговая поляризация SART превосходит горизонтальную.

2 Характеристики сигнала SART при испытании в море

Этот эксперимент проводился в 2000 году при сотрудничестве кораблей и авиации морских властей Японии в заливе Сагами, проводилось наблюдение за сигналом SART на радаре на борту кораблей и самолетов. Одновременно полученная мощность сигнала SART была измерена радаром, расположенным на суше. Были получены следующие результаты:

- a) На радаре, расположенном на самолете, максимальное расстояние видимости сигнала SART с круговой поляризацией составило 37 морских миль, в то время как с горизонтальной поляризацией – 30 морских миль. Это доказывает преимущество круговой поляризации.
- b) На радаре, расположенном на борту корабля, максимальное расстояние видимости сигнала SART с круговой поляризацией составило 14 морских миль, в то время как с горизонтальной поляризацией – 11,5 морских миль. Это подтверждает преимущество круговой поляризации.
- c) На морском радаре, расположенном на суше, были получены результаты, представленные на рис. 5. SART с круговой поляризацией передвигался по морю с помощью небольшого сопроводительного судна. Расстояние между радаром и SART изменялось. Принимаемая мощность SART была измерена морским радаром, расположенным на суше. На рис. 5 черными точками обозначен фактический измеренный сигнал SART с круговой поляризацией, а пунктирные линии показывают теоретические значения сигнала SART с горизонтальной поляризацией. Данные, полученные в результате измерений, неизменно выше кривой теоретических значений "SART – радар". Появление сигнала SART с круговой поляризацией на радаре PPI было более мощным и чистым, чем сигнала SART с горизонтальной поляризацией. Данные результаты подтверждают преимущество круговой поляризации. Причина состоит в следующем. Поскольку электрическое поле вращается, круговая поляризация разделяется на элементы горизонтальной и вертикальной поляризации. Для этих двух составных элементов характеристики отражения сигнала от поверхности моря отличаются. Поэтому кривая силы приема изменяется с расстоянием, так как прямая волна и волна, отраженная от поверхности моря, интерферируют. Данное явление приводит к тому, что дальность обнаружения SART с круговой поляризацией превышает на 30% или более дальность обнаружения SART с горизонтальной поляризацией.

РИСУНОК 5

Данные наблюдения за сигналом SART с круговой поляризацией и теоретические значения горизонтальной поляризации



Радар: пиковая мощность: 25 кВт
 SART: пиковая мощность: 400 мВт

Высота антенны: 9,5 м
 Высота антенны: 1,0 м

Поскольку наблюдавшиеся результаты горизонтальной поляризации SART и теоретические значения хорошо согласуются, на данном графике они не представлены.

0628-05

Кроме того, в 2004 году были проведены измерения принимаемой мощности сигнала SART в тяжелых погодных условиях с использованием морского радара исследовательской лаборатории в Японии. В результате было подтверждено, что SART с круговой поляризацией не уступает SART с горизонтальной поляризацией.