

УДК 623.983

А. В. ДЕРЕПА,

кандидат технических наук (Центральный
научно-исследовательский институт
вооружения и военной техники, г. Киев)

Две составляющие гидроакустического вооружения в комплексной системе «гидроакустическое вооружение – надводный корабль»

Исходя из задачи систематизированного исследования характеристик гидроакустического вооружения в реальных условиях, рассматриваются особенности комплексных систем «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» с антеннами, размещенными на корпусе надводного корабля, и с антеннами переменной глубины.

Виходячи із задачі систематизованого дослідження характеристик гідроакустичного озброєння, розглядаються особливості комплексних систем «гідроакустичне озброєння – надводний корабель» з антенами, розміщеними на корпусі корабля та з антенами змінної глибини.

Сложный характер распределения гидрофизических полей в водных массах Мирового океана, влияющий на распространение звуковых волн в нем, обусловил необходимость адаптации к нему комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» с целью максимальной реализации потенциальных возможностей извлечения гидроакустической информации, содержащейся в этих водных массах. Очевиден вывод о целесообразности построения этой комплексной системы в виде двух составляющих ее гидроакустического вооружения [1]. Критерием различия между ними являются условия размещения источников и приемников звука – гидроакустических антенн на надводном корабле-носителе.

Антенны, используемые в комплексных системах «гидроакустическое вооружение – надводный корабль», являются важнейшим структурным элементом этих систем, во многом определяющим их тактико-технические характеристики, и отличаются значительным разнообразием по форме и размерам, по способам формирования и управления направленными свойствами, по способам преобразования электрической энергии в звуковую, и наоборот, по способам размещения на надводном корабле (НК) и условиям эксплуатации.

Выбор условий размещения гидроакустической антенны на корабле и ее вида определяется результатами системного анализа системы «гидроакустическая станция – надводный корабль» («ГАС-НК») по критерию, в котором учитываются требования максимальной эффективности функционирования комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль». В системе «ГАС-НК» возможны только две схемы размещения гидроакустических антенн: на корпусе корабля и вне корпуса корабля (рис. 1). Исходя из этого, появились технически реализуемые две составляющие гидроакустического вооружения этой системы. Одна из них базируется на гидроакустических антеннах, стационарно устанавливаемых на корпусе надводного корабля (в дальнейшем – корпусные антенны). Вторая составляющая основана на гидроакустических антеннах, вынесенных в рабочее состояние за пределы корпуса корабля. Такие гидроакустические антенны могут быть перемещены по глубине в водной массе. Эта составляющая получила название ГАС с антенной переменной глубины (АПГ) [2].

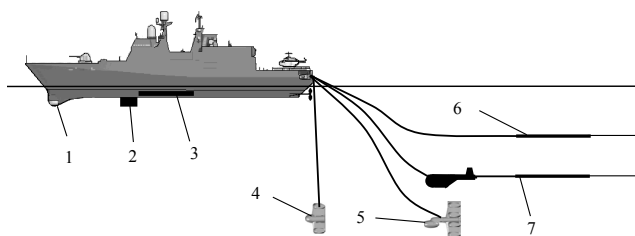


Рис. 1. Схема возможного размещения гидроакустических антенн:

1 – в бульбовом обтекателе; 2 – в подкильном обтекателе; 3 – планарная антенна (бортовая или в подкильном обтекателе); 4 – сосредоточенная опускаемая антенна; 5 – сосредоточенная буксируемая антенна; 6 – гибкая протяженная буксируемая антенна в составе длинномерного носителя с распределенными параметрами; 7 – гибкая протяженная буксируемая антенна в составе носителя с сосредоточенным заглубителем

Каждая из этих составляющих гидроакустического вооружения комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» отличается своими особенностями, достоинствами и недостатками, решая при этом практически одинаковый объем задач, но с различающимися, иногда очень значительно, тактико-техническими характеристиками.

Система «ГАС-НК» с гидроакустическими антеннами, стационарно размещенными на корпусе корабля.

Эта составляющая гидроакустического вооружения комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» долгое время была основной и единственной составляющей. Ее основой являются ГАС с излучающими и приемными гидроакустическими антеннами, размещенными стационарно на корпусе корабля. Для этой составляющей гидроакустического вооружения характерны:

большая дальность действия в неограничивающих гидролого-акустических условиях, в частности, при положительной рефракции звуковых лучей выше слоя скачка скорости звука;

относительно высокая точность пеленгования, обусловленная жестким креплением гидроакустической антенны на корпусе корабля внутри камеры обтекателя; отсутствие ограничений по маневренности НК;

отсутствие необходимости изменения архитектуры НК с целью установки на нем в кормовой части устройств постановки-выборки гидроакустических антенн.

Развитие требований, предъявляемых к корабельным ГАС различного назначения, нашло свою техническую реализацию в совершенствовании корпусных гидроакустических антенн в части их размещения на корпусе корабля, формы, размеров и условий эксплуатации. Желание использовать для повышения эффективности ГАС снижение ее рабочей частоты обусловило необходимость выделения для размещения гидроакустических антенн значительной части длины корабля и применения так называемой конформной антенны, повторяющей формы корпуса корабля. Частным ее случаем для надводного корабля стали плоские бортовые антенны. Некоторое применение нашли и сферические гидроакустические антенны (рис. 2). Однако наиболее широкое распространение получили в качестве основных антенн ГАС НК круговые цилиндрические антенны (рис. 3) благодаря возможности обеспечения кругового обзора пространства при относительно небольших аппаратных затратах. Они могут устанавливаться в носовом бульбовом обтекателе (рис. 4) или в стационарном подкильном обтекателе (рис. 5).

Основным недостатком ГАС со стационарными корпусными антеннами является то, что наращивание потенциала комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» связано с существенными изменениями архитектуры корабля, его размерений и водоизмещения. Так, например, практическая реализация постоянно существующей в гидроакустике тенденции снижения рабочих частот привела к появлению:

развитых планарных и конформных (рис. 6) гидроакустических антенн и соответствующему изменению размерений корабля;

бульбовых обтекателей в носовой оконечности корабля, что существенно увеличивает осадку корабля и ухудшает его мореходные качества, в частности маневренность.



Рис. 2. Сферическая антенна ГАС «Spherion» ВМС Франции

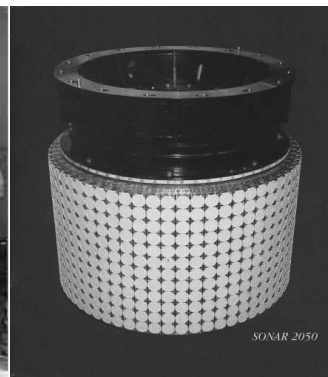


Рис. 3. Цилиндрическая антенна ГАС 2050 ВМС Великобритании

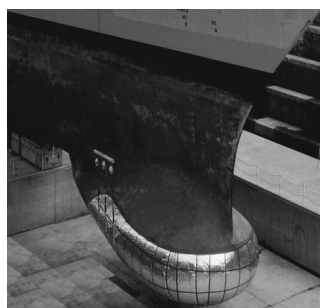


Рис. 4. Бульбовый обтекатель ГАС AN/SQS-53 (США)



Рис. 5. Подкильный обтекатель ГАС SQS-510 (США)

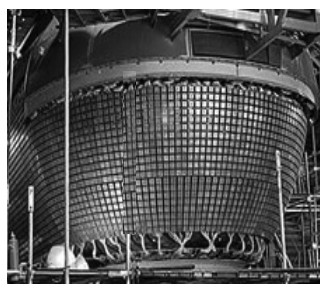


Рис. 6. Конформная гидроакустическая антенна ОАО «Концерн «Океанприбор» (РФ)

Система «ГАС-НК» с антеннами переменной глубины.

Вторая составляющая гидроакустического вооружения комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль», основой которой являются ГАС с излучающими и приемными антеннами, вынесенными за корпус корабля с целью обеспечения возможности изменения рабочей глубины их эксплуатации (антенны переменной глубины), призвана обеспечить требуемую эффективность системы в таких сигнально-помеховых и гидролого-акустических условиях, когда возможности ГАС с антеннами, установленными

на корпусе корабля, существенно снижаются, например, для обнаружения цели, находящейся под слоем скачка (рис. 7) [3].

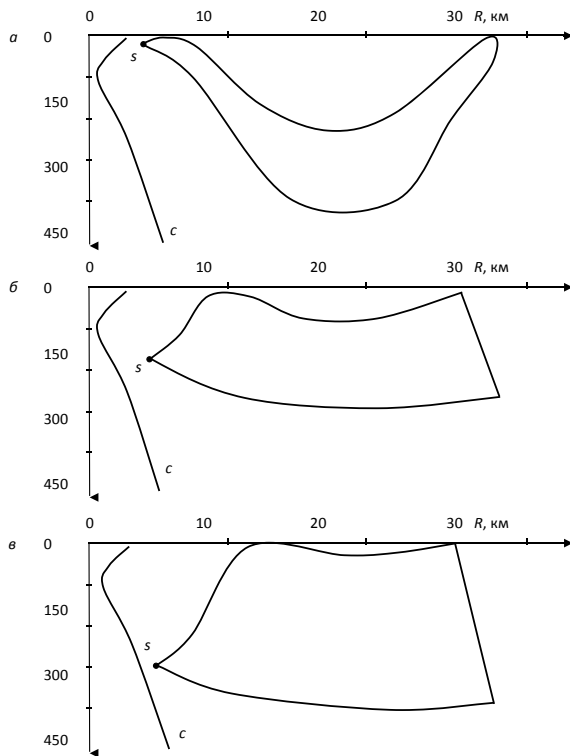


Рис. 7. Зоны, освещаемые ГАС с объемными АПГ при различных глубинах размещения АПГ (s):
а – $H = 10$ м; б – $H = 250$ м; в – $H = 450$ м;
 R – горизонтальная дальность; c – вертикальное распределение скорости звука

Принципиальной особенностью ГАС с антеннами переменной глубины является наличие в их составе трех компонентов: гидроакустических антенн, которые могут быть буксируемыми и опускаемыми; аппаратуры обработки информации и системы буксировки (спуска-подъема) антенн. Последняя включает в себя кабель-буксир и буксируемое или опускаемое тело (рис. 8), в котором размещаются гидроакустические антенны, или гидродинамический заглубитель, если гидроакустические антенны вынесены за пределы буксируемого тела (рис. 9).

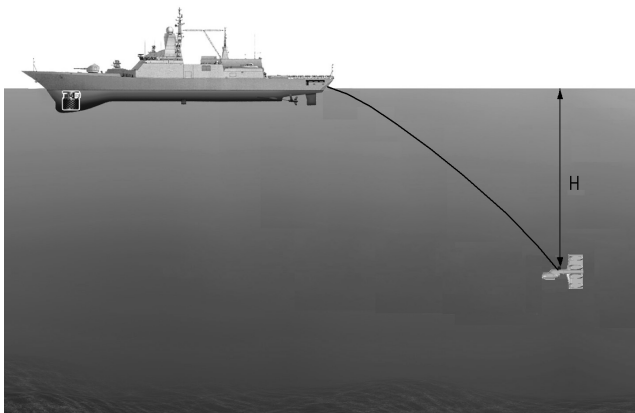


Рис. 8. Схема буксировки антенны переменной глубины в буксируемом теле

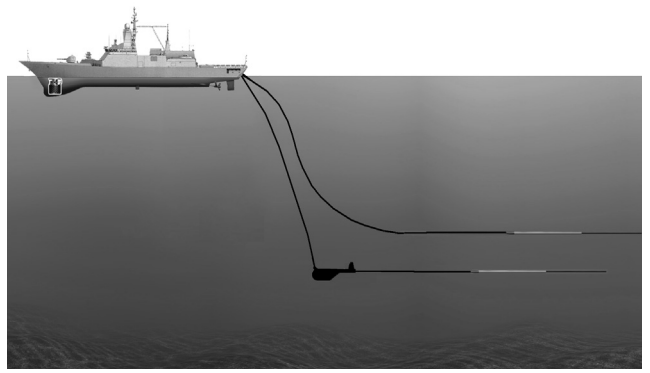


Рис. 9. Схема буксировки антенны переменной глубины:
1 – с использованием тяжелого кабель-буксира;
2 – с использованием гидродинамического заглубителя

На рис. 10, 11 показаны возможные варианты реализации буксируемых тел, в которых размещены гидроакустические антенны.

Система буксировки обеспечивает вывод антенны переменной глубины на заданную глубину при требуемом удалении от корабля-носителя ГАС и последующую стабильность пространственного положения антенны во время работы. Кроме системы буксировки антенны на кормовом срезе надводного корабля должно быть размещено устройство хранения, постановки и выборки (УХПВ) системы буксировки. Оно предназначено для хранения системы буксировки по-походному, разворачивания ее в рабочее положение и выборки ее на борт корабля-носителя по окончании сеанса работы. На НК используется вариант УХПВ, состоящий из силовой лебедки, манипулятора и барабана.

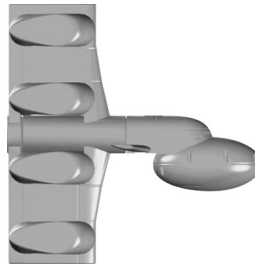


Рис. 10. Буксируемое тело ГАС CAPTAS NANO UMC 4320 (Франция)

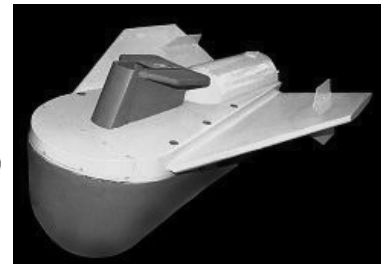


Рис. 11. Буксируемое тело ГАС «Виньетка» (Россия)

На барабан наматывается кабель-буксир, манипулятор используется для постановки и выборки буксируемого тела или заглубителя. С его помощью буксируемое тело или заглубитель в процессе постановки антенны переменной глубины поднимается с ложенмента и вывешивается за кормой корабля, а при выборке подхватывается, поднимается на борт корабля и укладывается обратно на ложенмент. На рис. 12–15 показаны варианты исполнения подъемно-опускных устройств ГАС.



Рис. 12. Подъемно-опускное и антенное устройства ГАС AN/AQS-18 (США)

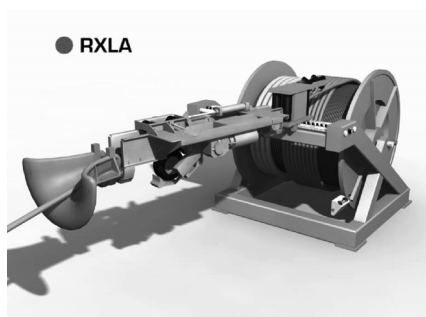


Рис. 13. Подъемно-опускное устройство ГАС CAPTAS NANO UMC 4320 (Франция)

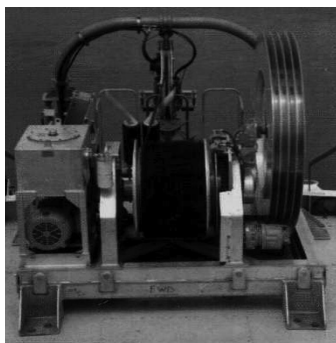


Рис. 14. Спускподъемное устройство ГАС LFATS (США)



Рис. 15. Подъемно-опускное устройство буксируемых ГАС противолодочных кораблей ВМФ России

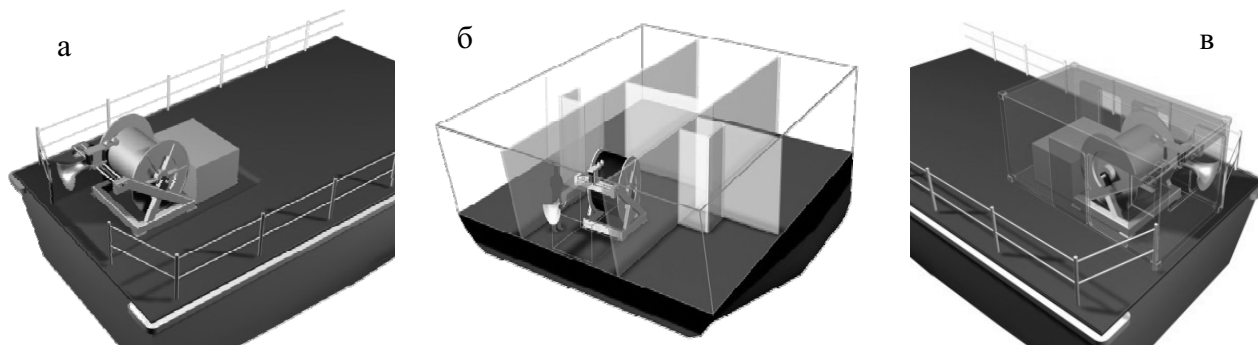


Рис. 16. Варианты установки подъемно-опускного устройства:
а – на палубе; б – под палубой; в – в контейнере

Возможны разные варианты установки подъемно-опускного устройства на корабле-носителе, например: на палубе корабля; под палубой корабля в отдельном помещении; в контейнере (рис. 16).

Описанная структурная схема построения второй составляющей гидроакустического вооружения комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» позволяет использовать:

принцип открытой архитектуры корабля-носителя ГАС;
различные режимы эксплуатации рассматриваемой комплексной системы, позволяющие улучшить сигнально-помеховую ситуацию;

диапазоны частот, недоступные традиционным шумопеленгаторным ГАС с корпусными гидроакустическими антеннами;

возможности адаптации комплексной системы к гидролого-акустическим условиям путем изменения уровня заглубления АПГ;

возможность удаления АПГ от корабля-носителя ГАС как источника интенсивных помех ее работе;

возможности создания АПГ с апертурой, значительно превосходящей апертуру ранее применявшихся гидроакустических антенн и превышающих длину корабля-носителя ГАС;

возможности обнаружения цели в пассивном режиме при движении корабля-носителя ГАС на большой скорости.

Принцип открытой архитектуры корабля предусматривает, что развитие и модернизацию ГАС системы «ГАС-НК» можно вести автономно, без необходимости докования корабля, а замену ГАС на корабле осуществлять с меньшими затратами сил и средств.

Вместе с тем, этой второй составляющей гидроакустического вооружения комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль»

присущи и определенные недостатки. Прежде всего они связаны с необходимостью изменения типовой архитектуры корабля, обусловленного требованием размещения на нем специального, достаточно габаритного и тяжелого устройства хранения, постановки и выборки АПГ. Использование ГАС с АПГ ограничено состоянием моря. Управление положением буксируемого тела, в котором располагается гидроакустическая антенна, представляет собой сложный процесс, связанный, в частности, и с необходимостью учета его вертикальных перемещений, особенно при изменении курса или скорости корабля-буксировщика. Определенные проблемы возникают на НК малого и среднего водоизмещения в связи с необходимостью размещения в кормовой части габаритного и тяжелого устройства постановки и выборки АПГ.

На сегодняшний день вторая составляющая гидроакустического вооружения комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» делится на две большие группы: ГАС с сосредоточенными или объемными антеннами и ГАС с гибкими протяженными буксируемыми антеннами. ГАС с АПГ могут иметь гидроакустические антенны таких видов:

активные, активно-пассивные и пассивные;

буксируемые и опускаемые;

сосредоточенные с жестким корпусом и протяженные с гибкими связями между элементами.

ГАС с АПГ могут использоваться в следующих режимах эксплуатации корабля-носителя ГАС:

а) при нахождении корабля-носителя в дрейфе. Это условие реализуется для работы ГАС с опускаемыми АПГ в малозумных условиях;

б) при работе системы «ГАС-НК» по схеме режима «спринт-дрейф», когда после перехода НК на большой скорости в намеченную точку акватории (фаза «спринт») НК останавливается, осуществляет постановку АПГ и производит в условиях малых шумов обзор пространства (фаза «дрейф»). Затем АПГ выбирается на борт корабля, который переходит в новую точку наблюдения;

в) при буксировке АПГ с постоянной скоростью. Этот режим позволяет осуществлять обзор акватории с помощью ГАС с буксируемыми АПГ;

г) при работе системы «ГАС-НК» по схеме режима «старт-стоп», когда периодически обеспечивается медленный, со скоростью, равной скорости буксировки, выпуск АПГ и последующая ее быстрая выборка. Такой режим обеспечивает малую шумность при работе ГАС с буксируемыми АПГ.

Каждый из режимов эксплуатации ГАС с АПГ имеет свои преимущества и недостатки. Наибольшее распространение получил вариант буксировки АПГ с постоянной скоростью. При этом в этом варианте, исходя из оперативно-тактических соображений, всегда стремятся к повышению скорости буксировки. Мероприятия, обеспечивающие реализацию этого стремления, будут рассмотрены далее.

ГАС с сосредоточенными АПГ появились в связи с необходимостью обнаружения целей в неблагоприятных гидролого-акустических условиях. ГАС с сосредоточенными АПГ могут быть буксируемыми и опускаемыми, работают в активно-пассивном режиме, обычно

в среднем диапазоне звуковых частот. К достоинствам ГАС с сосредоточенными АПГ следует отнести:

обеспечение наилучших условий для обнаружения целей, в том числе находящихся ниже слоя скачка скорости звука;

уменьшение уровня помех от собственного корабля-носителя;

минимизацию дестабилизирующего влияния качки корабля;

снижение влияния помех, обусловленное волнением на поверхности моря;

создание возможности заглубления гидроакустических антенн на ось подводного звукового канала, что резко увеличивает дальность действия системы «ГАС-НК»;

исключение затенения кормового сектора обзора корпусом корабля и кильватерной струей.

ГАС с АПГ в виде гибких протяженных буксируемых антенн (ГПБА), появились как ответ на вызов, выразившийся в значительном снижении шумности подводных лодок (ПЛ). Их появлению способствовало также наличие описанных выше недостатков ГАС с сосредоточенными АПГ, которые в максимальной мере проявились при эксплуатации ГАС с такими антеннами. ГАС с длиномерными АПГ могут быть пассивными и активно-пассивными. Работают в инфразвуковом и низком звуковом диапазонах частот. Использование диапазона частот, недоступного для традиционных шумопеленгаторных ГАС с гидроакустическими антеннами, размещаемыми на корпусе корабля, или для ГАС с сосредоточенными АПГ, расширяет возможности систем «ГАС-НК» по обнаружению ПЛ и НК за счет их дискретных составляющих в спектрах шумоизлучения кораблей, обеспечивая, в частности, и дальнейшее «загоризонтное» обнаружение целей.

ГАС с ГПБА обеспечивают возможности создания гидроакустических антенн с апертурой, превосходящей апертуру ранее применявшихся антенн и размеры самого корабля-носителя ГАС, что позволяет формировать высокую направленность антенн в низком диапазоне частот, обеспечивая необходимое качество обнаружения целей и разрешающую способность их по пространству. В последние годы дальнейшее уменьшение шумности ПЛ обусловило снижение интереса к использованию ГАС с ГПБА в качестве шумопеленгаторных станций. На смену им были предложены активные ГАС с ГПБА, буксируемая часть которых состоит из буксируемого тела с низкочастотным излучателем и ГПБА, обеспечивающей прием экосигналов в режиме эхопеленгования и шумовых сигналов в режиме шумопеленгования.

Благодаря использованию низкочастотных зондирующих сигналов ГАС с ГПБА приобрели новые качества. Они позволили обеспечить значительное повышение эффективности обнаружения малозумных ПЛ в мелководных акваториях со сложными гидролого-акустическими условиями. Так, дальность обнаружения ПЛ и определения их координат в мелководных прибрежных районах моря в условиях сплошной акустической освещенности достигает 20 км, в глубоком море – на дистанциях первой дальней зоны акустической освещенности (до 65 км).

При построении активной ГАС с ГПБА первостепенное значение приобретает создание компактного

низкочастотного излучающего модуля, причем предпочтение отдается таким излучателям, которые обеспечивают малое лобовое сопротивление буксируемого тела. Реализация этого требования осуществляется по нескольким направлениям [4]. Одним из них является применение специально созданных для этих целей всенаправленных мощных эллиптических гидроакустических преобразователей арочного и продольно-изгибного типов. Второе направление включает в себя применение всенаправленных мощных водозаполненных цилиндрических преобразователей, размещение их на буксируемом теле так, чтобы их продольные оси совпадали с направлением буксировки ГПБА, тем самым существенно снижая сечение по миделю излучающего модуля. Третье направление образуют низкочастотные биморфные пластинчатые гидроакустические преобразователи. Имея чрезвычайно малый поперечный и малые волновые размеры, они могут быть созданы на очень низкие частоты (до 30–50 Гц). Сравнительно малая излучаемая мощность их может быть увеличена путем набора таких преобразователей в виде линейной антенной решетки с гибкими связями между ее элементами. Еще одним направлением может быть создание излучающего модуля в виде системы излучателей, образующих объемную антенную решетку, вытянутую вдоль направления буксировки модуля.

И пассивные, и активные ГАС с ГПБА обладают еще одним, характерным только для них, существенным недостатком, дополняющим изложенные выше общие недостатки системы «ГАС-НК» с ГПБА. Этот недостаток связан со специфичностью ГПБА как элемента системы «ГАС-НК». ГПБА представляет собой линейную антенную решетку, формирующую характеристику направленности в виде тела вращения. При этом возникает лево-правосторонняя неоднозначность определения пеленга цели в горизонтальной плоскости. Наличие неоднозначности при пеленговании накладывает тактические ограничения на взаимодействие эскортных надводных кораблей, оснащенных ГАС с ГПБА, с охраняемыми кораблями. Корабли охраны должны располагаться на значительном удалении во избежание сокращения сектора обзора ГАС. В общем случае неоднозначность пеленга может быть устранена путем маневрирования корабля-буксировщика ГАС с ГПБА. Например, при выполнении циркуляции вправо курсовой угол цели, находящейся по левому борту, увеличивается, а курсовой угол цели, находящейся по правому борту, уменьшается. Если целей несколько, то все они разделяются на левосторонние и правосторонние. Однако для выполнения такого маневра требуется достаточно большое время. Значительное время (около 10 мин.) необходимо для восстановления линейности ГПБА после маневра корабля. При небольших дистанциях до цели неоднозначность пеленга может быть устранена путем анализа траектории движения цели, что также требует определенных затрат времени. В этой связи необходима разработка способов устранения неоднозначности пеленга, не требующих маневра корабля-буксировщика ГАС с ГПБА. Современные методы устранения неоднозначности определения направления пеленга заключаются в использовании следующих технологий:

применение кардиоидных приемников, размещаемых на концевом теле ГПБА и ориентированных своими максимумами в левое и правое полупространства; использование двух и более ГПБА, буксируемых параллельно друг другу на малых по сравнению с длиной волны расстояниях, и совместная обработка сигналов от такой многолинейной системы антенн;

создание ГПБА, в которых вместо одиночных гидрофонов используются трехэлементные гидрофоны, в связи с чем внутри одной оболочки содержатся три линии, составленные из гидрофонов.

В активно-пассивных ГАС с ГПБА устранение неоднозначности пеленгования может осуществляться с помощью направленного излучения попеременно в сторону левого и правого борта.

Выводы

В гидроакустических комплексах и гидроакустических системах комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» используются как антенны, стационарно устанавливаемые на корпусе надводного корабля, так и антенны переменной глубины. Антенны переменной глубины подразделяются на буксируемые и опускаемые. В свою очередь, к буксируемым антеннам переменной глубины относятся сосредоточенные буксируемые антенны и гибкие протяженные буксируемые антенны. Выбор той или иной антенны определяется, в конечном счете, результатом системного анализа по критерию «гидроакустическое вооружение – надводный корабль», при котором учитываются требования согласования формы антенны с обводами надводного корабля, его размерениями, возможностью сбора информации на разных горизонтах с учетом гидролого-акустических условий моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерепя, А. В. Гидролого-акустические особенности морской среды и их влияние на структуру построения комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль» [Текст] / А. В. Дерепя // Озброєння та військова техніка. – 2015. – № 4 (8). – С. 15–21.
2. Справочник по гидроакустике [Текст] / А. П. Евтюков, А. Е. Колесников [и др.]. – Л. : Судостроение, 1988. – 552 с.
3. Корякин, Ю. А. Корабельная гидроакустическая техника: состояние и актуальные проблемы [Текст] / Ю. А. Корякин, С. А. Смирнов, Г. В. Яковлев – СПб. : Наука, 2004. – 410 с.
4. Дідковський, В. С. Конструювання електроакустичних приладів і систем для мультимедійних акустичних технологій [Текст] / В. С. Дідковський, С. М. Порошин, О. Г. Лейко, О. І. Дрозденко. – Харків : ХНТУ, 2013 – 390 с.

Рецензент А. Г. Лейко, д-р техн. наук, проф., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»