

УДК 623.983

**А. В. ДЕРЕПА,**

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

## **Гидроакустические помехи и их влияние на структуру построения системы «гидроакустическая станция – надводный корабль»<sup>1</sup> (Часть II)**

*Исходя из задачи систематизированного исследования характеристик гидроакустического вооружения в реальных условиях, в работе рассматриваются особенности построения систем «гидроакустическая станция – надводный корабль» с учетом влияния на их структуру гидроакустических помех.*

*Виходячи зі задачі систематизованого дослідження характеристик гідроакустичного озброєння, в роботі розглядаються особливості побудови систем «гідроакустична станція – надводний корабель» з врахуванням впливу на їхню структуру гідроакустичних завад.*

В части I этой работы (пункты 1–4) рассмотрены вопросы влияния гидроакустических помех на структуру построения комплексной системы «гидроакустическая станция – надводный корабль» («ГАС-НК») с гидроакустическими антеннами, размещенными в корпусе корабля.

В части II рассмотрим влияние гидроакустических помех на структуру построения комплексной системы «ГАС-НК» с антеннами переменной глубины (АПГ).

**5. Влияние гидроакустических помех на выбор структуры построения системы «ГАС-НК» с АПГ.** Помехи работе ГАС с АПГ можно условно разделить на собственные и внешние. К собственным помехам относятся:

гидродинамические, обусловленные пульсациями давления в потоке обтекания и срывом вихрей на кабель-буксире;

вибрационные, возникающие в процессе буксировки буксируемого тела с антенной и воздействующие на преобразователи антенны в режиме приема через механические связи;

гидростатические, связанные с изменением наружного давления при вертикальных перемещениях антенны в процессе ее буксировки;

трибоэлектрические, обусловленные образованием статических электрических зарядов при деформации токоведущих жил кабель-буксира, а также АПГ при реализации их в виде ГПБА;

помехи, обусловленные механическими деформациями антенны при выполнении ее конструкции с гибкими связями между элементами, например, ГПБА;

электрические помехи в виде шумов встроенных в антенну электронных блоков.

Результирующая внешняя помеха формируется следующими основными компонентами: фоновыми шумами моря; корабельной помехой, создаваемой движителями и механизмами корабля-буксировщика; помехой, обусловленной наличием кильватерного следа корабля-буксировщика и др.

В низкочастотном диапазоне, являющимся основным для работы ГАС с ГПБА, возникновение фоновых шумов обусловлено сейсмическими и ветровыми процессами, биоорганизмами и техногенными процессами. В диапазоне низких звуковых частот (до 150 Гц) преобладают шумы судоходства. Они представляют собой интегральный шум множества находящихся в акватории судов, который воспринимается не в виде локальных источников звука, а в виде распределенного по пространству шумового фона, спектральную плотность которого демонстрируют кривые на рис. 9 [1].

Как и в случае системы «ГАС-НК» с гидроакустическими антеннами, размещаемыми на корпусе НК, основной целью учета влияния структурных акустических помех системы «ГАС-НК» с АПГ является минимизация их уровня в местах расположения АПГ. При этом, учитывая, что структура построения системы «ГАС-НК» с АПГ существенно отличается от таковой для системы «ГАС-НК» с корпусными гидроакустическими антеннами, физические приемы для достижения

<sup>1</sup> Окончание. Начало см. в № 1 (9)

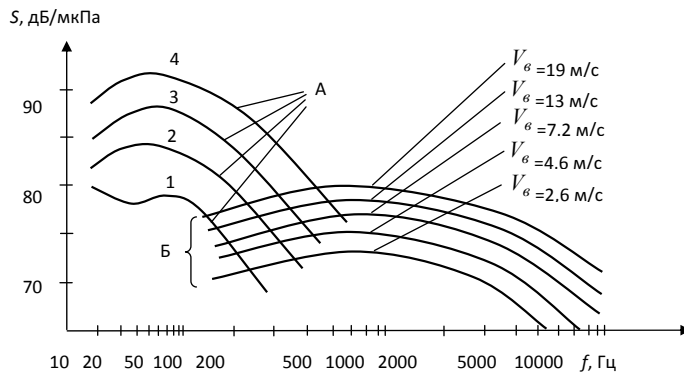


Рис. 9. Спектральная плотность шумов моря, обусловленная судоходством (А) и ветровым волнением (Б).

Интенсивность судоходства: 1 – малое, 2 – среднее, 3 – интенсивное, 4 – плотное;  $V_{\text{в}}$  – скорость ветра

эффекта минимизации уровня этих помех также будут существенно отличаться от ранее рассмотренных.

По степени их влияния на конечный результат эти приемы можно расположить в такой последовательности:

максимальное удаление АПГ от корабля-носителя ГАС как источника интенсивных помех работе системы «ГАС-НК»;

формирование пространственной направленности ГАС системы «ГАС-НК» с минимальной чувствительностью к звуковому давлению в режиме приема в секторе углов, охватывающих направление на корабль-носитель со стороны области расположения АПГ;

выбор соответствующего режима движения корабля-носителя ГАС с АПГ;

принятие мер по снижению возбудимости кабель-троса, несущего АПГ, набегающим на него потоком жидкости;

поиск и реализация обтекаемой формы и размеров контейнеров, в которых размещаются АПГ.

Выполним качественные оценки того, как практическая реализация каждого из перечисленных выше приемов отразится на структуре построения системы «ГАС-НК» с АПГ.

Как уже отмечалось, особенностями системы «ГАС-НК», содержащей ГАС с АПГ, являются, во-первых, наличие локального источника шумов вблизи ГАС в виде корабля-буксировщика АПГ, и, во-вторых, наличие системы буксировки АПГ, позволяющей обеспечить возможность пространственного разнесения гидроакустической антенны и корабля-буксировщика как источника интенсивных помех. Именно практическая реализация этой возможности оказалась радикальным способом снижения влияния помех от корабля-носителя на работу ГАС с АПГ. При этом, чем больше удалена АПГ от корабля-буксировщика, тем меньше уровень создаваемой им локальной помехи в месте расположения АПГ. Однако практическая реализация возможности пространственного разнесения корабля-буксировщика и АПГ тоже имеет свои ограничения. Они определяются эксплуатационными факторами устройств постановки и выборки системы буксировки АПГ. В свою

очередь, эти факторы зависят от следующего: массы и габаритов АПГ; длины и массы кабель-буксира; натяжения кабель-буксира при буксировке АПГ на максимальной скорости; динамических усилий, возникающих при выборке буксируемого тела в условиях качки корабля.

Пространственное разнесение АПГ от корабля-буксировщика в значительной мере также зависит от рабочего диапазона частот системы «ГАС-НК». Для ГАС с АПГ, работающих на средних звуковых частотах, АПГ реализуются в виде сосредоточенных приемно-излучающих или «объемных» конструкций приемно-излучающих гидроакустических антенн, которые размещаются в специально создаваемых для их размещения буксируемых телах. Форма и размеры этих тел практически и определяют расстояние между АПГ и кораблем-буксировщиком. Учитывая целесообразность заглибления антенн на ось подводного звукового канала, что позволяет резко увеличить дальность действия ГАС, и существующие скорости буксировки антенн (15–30 уз), длина кабель-буксиров должна быть такой, чтобы гидроакустическая антенна в рабочем состоянии находилась на глубинах 200–400 м. Для кораблей малого водоизмещения, которые, как правило, действуют в прибрежных акваториях или в островных архипелагах, длина вытравленного кабель-буксира не превышает 50 м.

Иная ситуация имеет место в системах «ГАС-НК» при их работе в области низких звуковых и инфразвуковых частот. Для таких систем АПГ реализуются либо в виде пассивных ГПБА, либо в виде комбинации буксируемого излучателя и ГПБА. При этом длина кабель-буксира варьируется в диапазоне от 500 до 2000 м [1]. Различают тяжелые и легкие кабель-буксиры. Тяжелый кабель-буксир обеспечивает заглибление ГПБА путем установки на кабеле дополнительной статической нагрузки в виде сосредоточенной или распределенной массы. Он обеспечивает заглибление антенны на горизонт 15–500 м в зависимости от скорости корабля-носителя ГАС и вытравленной длины кабель-буксира [2].

Иногда для заглибления ГПБА используются гидродинамические заглибители, представляющие собой тело с крыльями и хвостовым оперением и обладающие

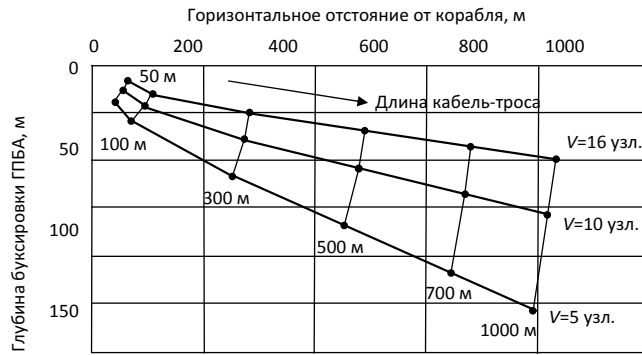


Рис. 10. Залежність глибини буксировки ГПБА від швидкості корабля-буксировщика та довжини витравленого кабель-троса

малым лобовым сопротивлением. К гидродинамическому заглубителю может крепиться легкий кабель, обеспечивающий дополнительное отведение ГПБА от корабля.

Еще одним из возможных путей снижения интенсивных помех создаваемых кораблем-буксировщиком АПГ работе системы «ГАС-НК» с АПГ, является формирование в ГАС с АПГ характеристик направленности специальной формы в режиме приема сигналов. Особенно важен этот путь для ГАС с АПГ сосредоточенной конструкции, для которых возможности существенного уменьшения помех за счет пространственного разнесения АПГ и корабля-буксировщика имеют определенные ограничения. При этом подавление локальной помехи, поступающей на АПГ с пространственных углов, охватывающих направления на корабль-буксировщик со стороны расположения АПГ, может быть не хуже, чем при использовании пространственного разнесения АПГ и корабля-буксировщика. Суть рассматриваемого пути состоит в том, что в указанном выше пространственном секторе углов ГАС с АПГ формирует характеристику направленности с низким уровнем бокового поля. Степень подавления локальной помехи зависит от среднего уровня боковых лепестков характеристики направленности ГАС с АПГ в режиме приема в области углов действия этой помехи. Чем ниже средний уровень бокового поля, тем больше подавляется локальная помеха [3, 4]. Существуют различные подходы к разработке физических алгоритмов создания характеристик направленности специального вида. Их практическая реализация обеспечивается введением в бортовую аппаратуру обработки информации ГАС с АПГ специальных процессоров подавления локальных помех.

О возможных режимах движения корабля-носителя ГАС с АПГ, обеспечивающих минимизацию уровня помех различной физической природы в местах расположения АПГ, говорилось выше. Наиболее сильное влияние выбор режимов буксировки оказывает на ГАС с АПГ в виде ГПБА. В частности, при работе системы «ГАС-НК» с ГПБА в дрейфе и в режиме с периодическим выпуском со скоростью буксировки и последующей выборкой антенны на первое место выступает помеха, обусловленная шумами моря. Такая же ситуация

возникает и в случае применения ГАС с опускаемой сосредоточенной антенной. При малых скоростях буксировки (менее 6 уз) наиболее значительными составляющими являются вибрационная помеха и помеха, обусловленная механическими деформациями гидроакустической антенны. Для ГАС с сосредоточенными буксируемыми антеннами наиболее эффективным методом защиты от таких помех является размещение АПГ в буксируемых телах специальной формы.

В случае ГАС с ГПБА практические меры по снижению помех этого вида являются более разнообразными. Для уменьшения влияния вибрационных помех построение ГАС осуществляют: с использованием виброустойчивых гидроакустических преобразователей; с применением механических развязок гидроакустических приемников от тросов, составляющих основу силовой конструкции ГПБА; с установкой виброизолирующих секций между системой заглубления или кабель-буксиров и гидроакустической антенной.

При скоростях буксировки более 6 уз преобладающей становится гидродинамическая составляющая помехи. Основными мерами по снижению ее влияния для ГАС с сосредоточенными буксируемыми антеннами являются оптимизация формы буксируемого тела и покрытие его поверхности специальными полимерными добавками, снижающими возможности турбулизации потока, обтекающего буксируемое тело. Для ГАС с ГПБА эти меры выглядят так: обеспечение нейтральной плавучести по всей ее длине; придание оболочке антенны хорошо обтекаемой формы; использование оболочек с малой шероховатостью поверхности; электрическое объединение приемников в группы с целью осреднения помех, имеющих флуктуационный характер. Если шаг размещения гидроакустических приемников в ГПБА превышает радиус пространственной корреляции гидродинамической помехи, выигрыш в помехоустойчивости ГПБА составит  $N^{1/2}$ , где  $N$  – число приемников в группе.

Одним из основных элементов системы «ГАС-НК», содержащей ГАС с АПГ, является система буксировки антенны. Она включает в себя кабель-буксир и буксируемое тело с АПГ в случае сосредоточенной гидроакустической антенны или заглубитель в случае выполнения АПГ в виде ГПБА. Система буксировки антенны

должна обеспечить вывод АПГ на заданную глубину при требуемом удалении от корабля-носителя ГАС и последующую стабильность пространственного положения антенны во время работы ГАС. Система буксировки антенны одновременно осуществляет и механическую, и электрическую связь элементов буксируемых ГАС с надводным кораблем. Параметры поведения кабель-буксира и буксируемой системы в целом в потоках воды и на волнении во многом определяют основные эксплуатационные характеристики ГАС с АПГ. При этом гидродинамическое сопротивление и возникающие кавитационные процессы существенным образом влияют на маневренность корабля-носителя ГАС с АПГ, а возбуждающие звук колебательные процессы, порождаемые срывом вихрей с кабель-буксира и других элементов буксируемой системы в потоке и кавитацией, создают дополнительные значительные помехи работе ГАС с АПГ. Для минимизации влияния перечисленных физических факторов на систему «ГАС-НК» с АПГ применяют специально разработанные для этих целей обтекатели (рис. 11) [5].

На сегодняшний день наибольшее распространение получили следующие типы обтекателей: муфтовой или нанизываемый на кабель-трос; навесной или прицепной к кабель-тросу; волосяной и ленточный. Первые два обтекателя называют еще профилированными. Муфтовые обтекатели (рис. 11, *а*) имеют вид флюгера обтекаемого профиля, который выполняется из эластичного материала. Их недостатком является то, что при наматывании на барабан лебедки устройства постановки и выборки буксируемой системы они имеют склонность к остаточным деформациям. Последние могут увеличиваться под действием гидродинамических сил, что создает условия для боковых уводов буксируемой системы из диаметральной плоскости корабля-буксировщика, возрастания вибраций кабель-троса, а, следовательно, и создаваемой ими помехи работе ГАС с АПГ. Для минимизации влияния этого недостатка хвостовую часть обтекателя целесообразно изготавливать из эластичного, не имеющего остаточных деформаций металла или использовать муфтовые обтекатели повышенной жесткости.

Навесной или прицепной обтекатель (рис. 11, *б*) также имеет вид флюгера обтекаемого профиля, но

крепится на кабель-тросе таким образом, что при намотке на барабан лебедки он всегда может быть развернут так, чтобы не воспринимать нагрузки. Кроме того, его особенностью является хорошая флюгерная устойчивость при буксировке. Их недостатками являются более высокое гидродинамическое сопротивление и худшие, по сравнению с муфтовыми обтекателями, кавитационные качества.

Возникающая при малых заглублениях кабель-троса кавитация вызывает вибрацию профилированных обтекателей, которая к тому же усиливается чаще всего под воздействием кильватерной струи корабля. Поэтому определенный интерес представляют другие виды обтекателей, которые способствуют существенному снижению вибраций кабель-буксира, обусловленных виброобразованием. В частности, могут быть использованы обтекатели волосяного типа (рис. 11, *в*). Они представляют собой «чулок-плетенку», вдоль которой расположена бахрома из синтетических волокон, эластичных нитей или лент. Этот «чулок-плетенка» надевается на кабель-буксир, укладывается на барабан лебедки спускоподъемного устройства в несколько рядов. Применение такого «чулка-плетенки» существенно снижает уровень шума, создаваемого кабель-буксиром. При некотором снижении за счет вибраций гидродинамического сопротивления волосяные обтекатели увеличивают сопротивление трения. Поэтому натяжение кабель-буксира изменяется незначительно. Основными недостатками обтекателей волосяного типа является малая долговечность бахромы и ее слабая устойчивость к воздействию перемоток на барабане лебедки.

В качестве обтекателей кабель-буксиров применяют также и ленточные обтекатели (рис. 11, *г*). Они выполняются в виде ленточек из синтетического материала, которые прижимаются к кабелю проволоками его брони.

Как уже отмечалось, в состав системы «ГАС-НК» с буксируемыми и опускаемыми АПГ входят носители аппаратуры с размещенными в них гидроакустическими антеннами. Естественно, что форма, размеры и структура построения этих носителей оказывают существенное влияние на эффективность указанных систем. В особенности это касается ГАС с буксируемыми АПГ, где перечисленные факторы формируют влияние не

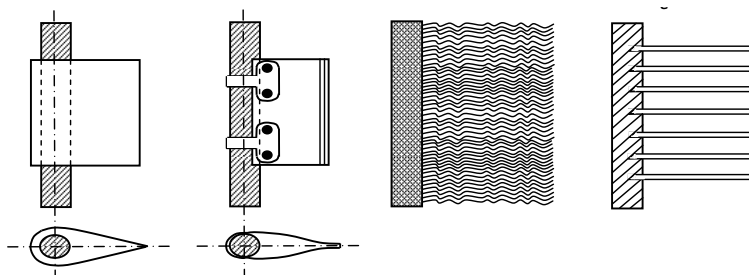


Рис. 11. Типы обтекателей:  
*а* – муфтовой или нанизываемый (с закрытым тросом); *б* – навесной или прицепной (с открытым тросом); *в* – волосяной; *г* – ленточный

только на акустические характеристики ГАС с АПГ, но и обуславливают необходимость изменения архитектуры корабля-буксировщика АПГ и усложняют условия его эксплуатации в связи со сложностью управления положением носителя аппаратуры АПГ. При создании ГАС с АПГ в виде сосредоточенных объемных конструкций и ГАС с АПГ в виде конструкций с гибкими связями (ГПБА) носители аппаратуры выполняют соответственно либо в виде контейнеров – буксируемых носителей, либо в виде длинномерных носителей аппаратуры.

Для обеспечения необходимых ходовых характеристик системы «ГАС-НК» с АПГ буксируемые носители, предназначенные для движения на больших скоростях, должны иметь удобообтекаемую или близкую к ней форму. Только при малых скоростях движения формы буксируемого носителя не оказывают существенного влияния на процесс буксировки. Массовые и габаритные параметры буксируемого носителя определяются размерами и массой устанавливаемой в них аппаратуры. Наиболее распространенной гидродинамической схемой построения буксируемого носителя является самолетная схема. Указанный носитель способен сохранять устойчивость движения на высоких скоростях буксировки и обладает возможностями управления движением благодаря устанавливаемому в его хвостовой части специальному оперению. Существенными недостатками буксируемого носителя самолетного типа являются сложность конструкции, высокая стоимость изготовления и уязвимость при спускоподъемных операциях. Деформации несущих поверхностей и корпуса носителя при ударах о борт корабля-буксировщика могут привести к неустойчивости буксировки. Сложность буксируемого носителя обусловлена тем, что его конструкция должна включать в себя звукопрозрачный обтекатель и акустически обустроенную камеру, в которой размещается гидроакустическая антенна и электронная аппаратура к ней. Как и в случае обтекателя НК, обтекатель буксируемого или опускаемого носителя предназначен для защиты гидроакустической антенны от механического воздействия набегающего водного потока и помех гидродинамического происхождения.

Конструкторско-технологические и акустические характеристики буксируемого тела (размеры, форма, прочность, звукопрозрачность) оказывают непосредственное влияние на эффективность работы системы «ГАС-НК» с АПГ и на ее основные тактико-технические характеристики. Так, неправильный выбор формы носителя АПГ может обусловить появление перетражений сигнала от внутренних стенок, результатом чего может быть появление ложных отметок целей на индикаторе ГАС. Недостаточная жесткость конструкции буксируемого или опускаемого тела может быть причиной возбуждений его вибраций и возникновения дополнительной акустической помехи, называемой собственным шумом тела с АПГ. Недостаточная звукопрозрачность обтекателя искажает характеристику направленности АПГ и затрудняет адаптивное подавление помех от локальных источников в виде «мешающих целей».

Звукопрозрачное окно буксируемого или опускаемого носителя объемной конструкции АПГ должно обеспечить максимальное прохождение полезного сигнала. Хотя при этом потери и сигнала, и внешней помехи одинаковы, и поэтому их соотношение оказывается неизменным, наличие других составляющих помехи, прежде всего структурной, вынуждает стремиться к максимальной прозрачности окна. При этом одновременно минимизируется рефракция сигнала на буксируемом и опускаемом носителе, что уменьшает ошибки пеленгования цели. При недостаточной звукопрозрачности тела-носителя АПГ локальная помеха теряет свои когерентные свойства, превращаясь в диффузный по пространству шум, что затрудняет адаптивное подавление помехи. Возникающее в процессе эксплуатации явление обрастания буксируемого тела приводит к росту турбулентности обтекающего потока, следствием чего является увеличение уровня гидродинамической помехи, и, одновременно, к снижению звукопрозрачности окна. Уменьшение влияния этих эффектов достигается применением специальных красок или покрытием поверхности носителя эластомером. Появление при турбулентном обтекании локальных областей пониженного давления может порождать кавитацию, которая сопровождается акустической эмиссией, приводящей к росту акустической помехи.

При выборе материала для звукопрозрачного окна буксируемого или опускаемого носителя АПГ можно исходить из тех же критериев, которые рассматривались для корабельных обтекателей. В этой связи представляется целесообразным использовать количественные данные по звукопрозрачности некоторых конструкционных материалов, применяемых при изготовлении буксируемых или опускаемых носителей АПГ, приведенные в табл. 1.

Естественно, что по сравнению с корабельными обтекателями конструкции звукопрозрачных окон буксируемых или опускаемых тел с объемными АПГ будут более простыми. Более простыми выполняются и конструкции акустических камер буксируемых и опускаемых тел, в которых размещаются АПГ. В частности, с целью отстройки от шумов корабля-носителя ГАС с АПГ в верхней части буксируемого или опускаемого тела над гидроакустической антенной размещают акустический экран, защищающий антенну от винтовых помех корабля-носителя в зоне их воздействия на антенну.

Наряду с буксируемыми контейнерами с аппаратурой, снабженными устройствами стабилизации в потоке и органами управления ходовыми параметрами, в последние годы широкое распространение получили длинномерные буксируемые носители с распределенными параметрами. Их появление, как уже отмечалось, обусловлено применением в системах «ГАС-НК» ГАС с АПГ в виде ГПБА. Типовая компоновка таких длинномерных буксируемых носителей изображена на рис. 12.

Якорь-фал 8 с концевым телом 7 служат для стабилизации движения ГПБА, исключая эффект усиления

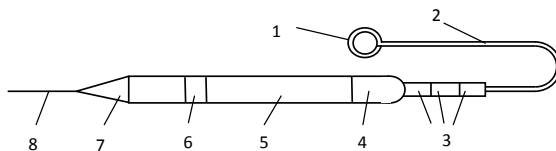


Рис. 12. Компоновка длинномерного буксируемого носителя:  
 1 – вращающийся токосъемник; 2 – кабель-буксир; 3 – виброизолирующие модули; 4 – система уплотнения и передачи сигналов на борт корабля; 5 – антенные модули с гидрофонами; 6 – датчики курса и глубины; 7 – концевое тело; 8 – якорь-фал

поперечных колебаний антенны от ее головной части к хвостовой. Датчики курса и глубины 6 вырабатывают данные для контроля пространственного положения ГПБА, что необходимо для компенсации погрешностей определения пеленга на цель, возникающих, в частности, при маневрировании корабля-носителя. Антенные модули 5 ГПБА содержат преобразователи, сигналы которых после предварительной фильтрации и усиления поступают в систему уплотнения, частотного или временного, и передачи сигналов 4 через кабель-буксир 2 на борт корабля. Виброразвязывающие секции 3 обеспечивают защиту приемных элементов антенны от вибраций, возникающих в кабель-буксире.

**6. Влияние помех, связанных с шумами моря и шумами судоходства, на выбор структуры построения систем «ГАС-НК».** Практическая реализация описанных выше методов и приемов по снижению уровня корабельных акустических помех привела к тому, что на сегодняшний день их уровень стал ниже уровня помех, обусловленных динамическими шумами моря и окружающего судоходства. Нейтрализация дестабилизирующего влияния последних на работу обеих составляющих системы «ГАС-НК» представляет сегодня наиболее сложную научно-техническую проблему. При поиске методов ослабления влияния шумов моря в основу может быть положен экспериментально выявленный феномен анизотропных шумов моря в вертикальной плоскости. Этот эффект зависит от многих гидролого-акустических факторов и направленных свойств гидроакустических антенн, в частности, уровня их бокового поля и возможности обеспечения сканирования их характеристиками направленности в вертикальной плоскости.

Столь же сложная задача, если еще не более сложная, связана с поиском методов ослабления шумов, создаваемых окружающим судоходством. Каждый из кораблей (судов), находящийся в зоне эксплуатации комплексной системы «гидроакустическое вооружение – надводный корабль», представляет собой мешающую цель, создающую помехи, локализованные в пространстве. Эта задача решается путем технической реализации в системах «ГАС-НК» адаптивных

алгоритмов обработки гидроакустических сигналов в пространственной области. Для этого в состав ГАС, входящих в систему «ГАС-НК», должны быть введены адаптивные гидроакустические решетки, представляющие собой сочетание многоканальной антенны и высокопроизводительного цифрового процессора.

**Выводы.** Практическая реализация методов и приемов снижения уровня корабельных акустических помех привела к тому, что на сегодняшний день их уровень стал ниже уровня помех, обусловленных динамическими шумами моря и окружающего судоходства. Нейтрализация дестабилизирующего влияния последних на работу обеих составляющих системы «ГАС-НК» представляет сегодня наиболее сложную научно-техническую проблему. При поиске методов ослабления влияния шумов моря в основу может быть положен экспериментально выявленный феномен анизотропных шумов моря в вертикальной плоскости. Этот эффект зависит от многих гидролого-акустических факторов и направленных свойств гидроакустических антенн, в частности, уровня их бокового поля и возможности обеспечения сканирования их характеристиками направленности в вертикальной плоскости.

Столь же сложная задача, если еще не более сложная, связана с поиском методов ослабления шумов, создаваемых окружающим судоходством. Эта задача решается путем технической реализации в системах «ГАС-НК» адаптивных алгоритмов обработки гидроакустических сигналов в пространственной области. Для этого в состав ГАС, входящих в систему «ГАС-НК», должны быть введены адаптивные гидроакустические решетки, представляющие собой сочетание многоканальной антенны и высокопроизводительного цифрового процессора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *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.

2. *Справочник по гидроакустике* [Текст] / А. П. Евтюков, А. Е. Колесников [и др.]. – Л. : Судостроение, 1988. – 552 с.
3. *Дідковський, В. С.* Конструювання електроакустичних приладів і систем для мультимедійних акустичних технологій [Текст] / В. С. Дідковський, С. М. Порошин, О. Г. Лейко [та ін.]. – Харків : Вид-во ФПП Амелянчик, 2013. – 390 с.
4. *Лейко, А. Г.* Направленность группы точечных приемников в присутствии системы параллельных эллиптических цилиндров [Текст] / А. Г. Лейко, В. И. Маяцкий // Акуст. журн. – 1973. – Т. 19, № 3. – С. 458–461.
5. *Поддубный, В. И.* Динамика подводных буксируемых систем [Текст] / В. И. Поддубный, Ю. Е. Шамарин, Д. Г. Черненко [и др.] – СПб. : Судостроение, 1995. – 200 с.

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