

УДК 623.983

А. В. ДЕРЕПА,*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник**(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)*

Шляхи усунення невизначеності пеленгування системою «гідроакустична станція – надводний корабель» з гнучкими протяжними буксируваними антенами

Проведені дослідження щодо можливості підвищення ефективності гідроакустичної системи «гідроакустична станція – надводний корабель» з гнучкими протяжними буксируваними антенами шляхом усунення невизначеності пеленга.

Проведены исследования по возможности повышения эффективности гидроакустической системы «гидроакустическая станция – надводный корабль» с гибкими протяженными буксируемыми антеннами путем устранения неопределенности пеленга.

Оптимальним способом зниження перешкод роботі гідроакустичних станцій (ГАС), що створюються кораблем-носієм у системі «надводний корабель – гідроакустична станція» (ГАС-НК), є винесення гідроакустичних антен за межі корпусу корабля шляхом використання гідроакустичних антен, які розміщуються на значній відстані від корабля. Для прийнятно-випромінюючих антен звукового діапазону частот цей спосіб реалізується у вигляді так званих зосереджених антен (опускних або буксируваних) змінної глибини. Для антен низькочастотного діапазону спосіб реалізувався спочатку у вигляді гнучкої протяжної буксированої антени (ГПБА), а потім у вигляді комбінації буксированого випромінювача та ГПБА. Використання таких антен дозволяє оптимізувати умови пошуку цілей при різних гідроакустичних умовах, оскільки гідроакустична антена станції опускається на кабель-тросі на оптимальну глибину, під якою розуміється глибина розміщення осі підводного звукового каналу. Це обумовило істотне підвищення дальності виявлення цілей ГАС надводних кораблів [1].

ГАС з ГПБА широко застосовуються для озброєння надводних кораблів (НК) усіх провідних морських держав. ГАС з ГПБА мають переваги над ГАС з підкільними антенами за рівнем перешкод, за направленими властивостями, за масогабаритними характеристиками, за можливістю адаптації до акустико-гідрологічних умов у районі пошуку підводних цілей.

Шуми гвинтів спостерігаються в досить широкому діапазоні, а механізмів – у вузькому, у вигляді окремих дискретних частот. Спектральний аналіз шумів дозволяє не тільки визначити місцезнаходження підводної цілі та елементи її руху, але також досить точно ідентифікувати її та виявити державну приналежність. Зі збільшенням швидкості підводного човна (ПЧ) зростає інтенсивність складових її шумів у всьому діапазоні частот [2]. Однак максимум випромінювання припадає на низькочастотну область, де найбільша інтенсивність рівня випромінювання підводних цілей і мінімум втрат при їхньому поширенні. Аналіз співвідношення даних параметрів дав поштовх до початку розробки гідроакустичних станцій, що працюють у низькочастотному діапазоні (10–300 Гц). Виникла гостра необхідність підвищення точності шумопеленгування пасивних ГАС, достатньої для відпрацювання даних стрільби, а також вирішення проблеми прослуховування кормових курсових кутів надводного корабля, що перебувають в області гідроакустичної тіні. Реалізувати ці вимоги стало можливим за рахунок використання в гідроакустичних комплексах низькочастотних ГАС з ГПБА.

Конструктивно ГПБА є системою, що складається із з'єднаних між собою акустичних модулів, які містять гідрофони й електронні схеми попередньої обробки сигналів. Чутливість гідрофонів багато в чому визначається матеріалом, з якого вони виготовлені. У сучасних системах використовуються п'єзоелектрична кераміка та п'єзополімери. На обох кінцях гідрофонів секції антени встановлені спеціальні модулі, які поглинають вібрацію, що дозволяє значно підвищувати швидкість буксировання без зниження якості роботи.

Кожний гідрофон з'єднаний з кабель-буксиром, по якому сигнали через схеми попередньої обробки передаються на борт корабля, де проходять остаточну обробку в бортовій апаратурі або передаються в береговий центр обробка інформації.

У США типовим сучасним представником серійних ГАС з ГПБА є ГАС AN/SQR-19 встановлена на крейсерах УРО типу «Тайкондерога», ескадрених міноносцях УРО типу «Кід», есмінцях типу «Спруенс» і фрегатах УРО типу «Олівер Х. Перрі».

У РФ розроблено та прийнято на озброєння ряд ГАС з ГПБА типу «Віньетка» для надводних кораблів. ГАС «Віньетка» призначена для озброєння НК, що виконують завдання протичовнової оборони, протиторпедного захисту, охорони акваторій, і спеціалізованих суден висвітлення підводної обстановки.

У ВМС Великобританії в 2004 році поставлена на озброєння ГАС 2087. Низькочастотна активно-пасивна гідроакустична станція з гнучкою протяжною буксированою антеною ГАС 2087 (інша назва САРТАС-4) встановлена на 8 фрегатах УРО проекту 23 типу «Норфолк». На думку представників командування ВМС Великобританії, ГАС 2087 є одним з найбільш ефективних засобів такого типу в світі. Точність визначення ГАС 2087 місцезнаходження ПЧ достатня для точного націлювання протичовнових засобів вертолітного базування.

У європейських країнах НАТО успішно реалізується концепція Lfvds, що передбачає встановлення на озброєння НК низькочастотних активно-пасивних буксированих ГАС, що працюють у моностатичному режимі гідролокації. Збільшилась тенденція до зниження робочої частоти та з'явилися ГАС з ГПБА сімейства АСТАС «полегшеної» конструкції. У рамках концепції Lfvds фірмою «Тейлес» розроблена модифікація ГАС з ГПБА САРТАС «Нано», яка призначена для встановлення на НК малої водотоннажності (рис. 1).

У зв'язку з тим, що випромінювання звуку здійснюється на низьких частотах, а розміри буксированого тіла-заглиблювача обмежують розміри випромінювача, останні в більшості випадків завжди менші довжини випромінюваної хвилі. Ця обставина обумовлює ненаправлене випромінювання звуку активною частиною гідроакустичної станції. З іншого боку, в режимі прийому гнучка протяжна буксирована антена як лінійна система має осьову симетрію і формує характеристику направленості у вигляді тіла обертання, тобто у відповідних перерізах також формує ненаправлені властивості. При цьому виникає неоднозначність визначення пеленгу на ціль (ліво-правостороння невизначеність). Ця неоднозначність пеленга може бути усунена шляхом маневрування корабля-носія гідроакустичної станції. Наприклад, при здійсненні кораблем циркуляції вправо курсовий кут цілі, що знаходиться по лівому борту, збільшується, а курсовий кут цілі по правому борту зменшується. Таким чином визначається, по якому борту знаходиться ціль. Але для виконання такого маневру потрібний досить великий час. Крім того, потрібний значний час для відновлення лінійності гнучкої протяжної буксированої антени після завершення маневру корабля. Наведене є суттєвим недоліком активно-пасивних ГАС з ГПБА, що знижує ефективність застосування системи «ГАС-НК».

Типова активно-пасивна ГАС з ГПБА має буксировану частину, до складу якої входять такі структурні елементи, як підйомно-опускний пристрій, кабель-буксири, буксироване тіло-заглиблювач з низькочастотним випромінювачем, приймальна гнучка протяжна гідроакустична антена та якір-фал (рис. 2).

Для усунення неоднозначності визначення пеленгу на ціль (ліво-правостороння невизначеність) крім здійснення маневрування кораблем можуть бути застосовані і конструктивні методи при створенні гідроакустичних

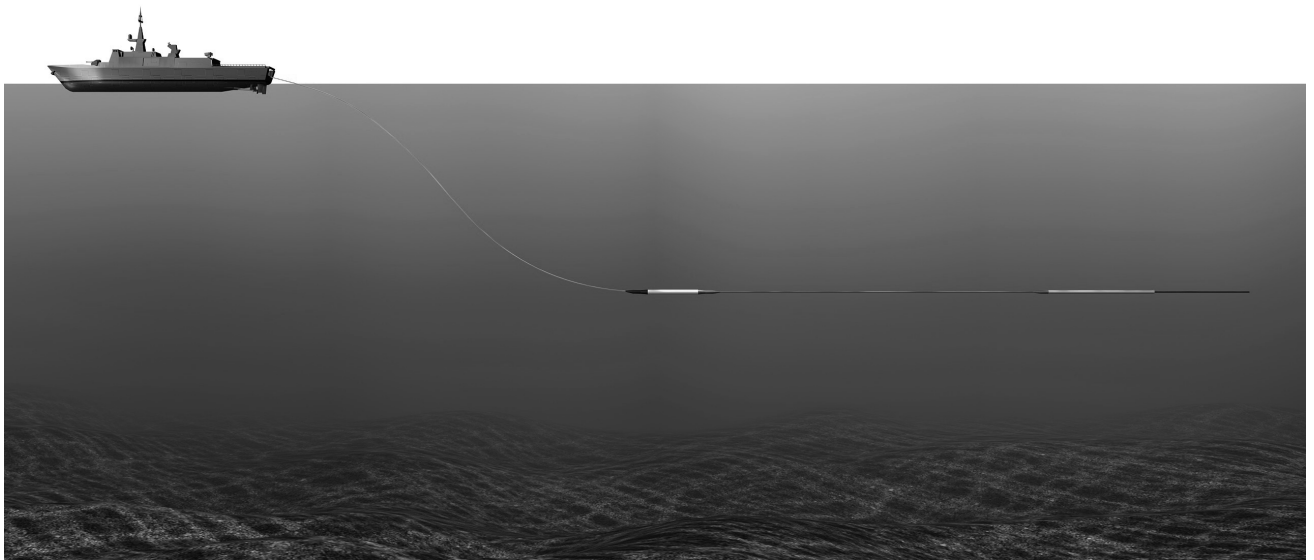


Рис. 1. Схема системи «ГАС-НК» з ГПБА САРТАС «Нано»:
1 – важкий кабель-буксир; 2 – випромінююча лінійна антена решітка; 3 – легкий кабель-буксир;
4 – приймальна антенна решітка; 5 – якір-фал

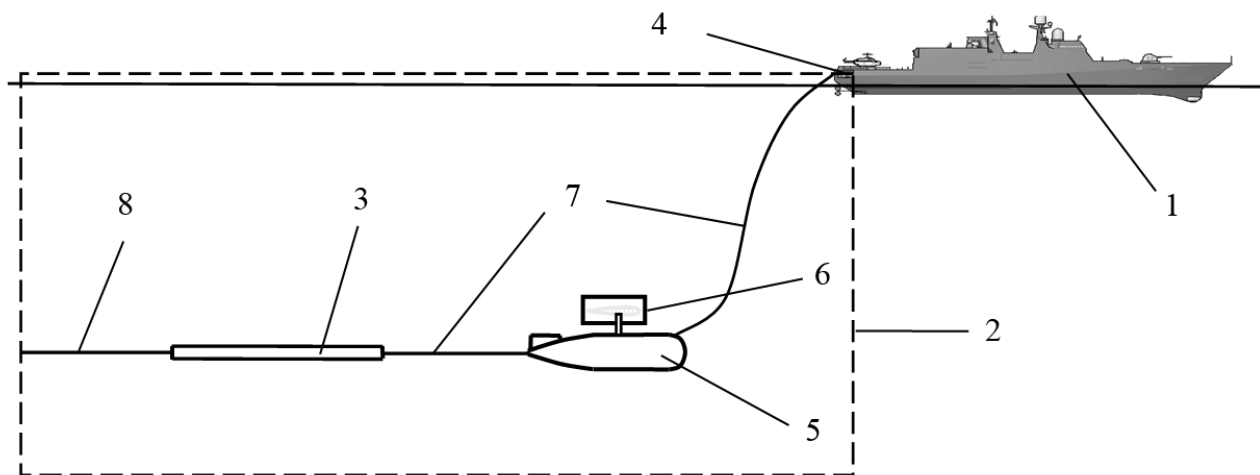


Рис. 2. Схема системи «ГАС-НК» з ГПБА:
 1 – корабель-носієй; 2 – активна ГАС з ГПБА; 3 – ГПБА; 4 – підійомно-опускний пристрій;
 5 – гідродинамічний заглиблювач; 6 – п’єзокерамічні циліндричні випромінювачі; 7 – кабель-буксири;
 8 – якір-фал

комплексів (станцій). Зокрема, застосування дволінійних або трилінійних антен дозволяє розрізнати правий (лівий) напрямок і полегшує придушення ревербераційних сигналів.

На рис. 3 показано деякі структурні елементи ГАС з ГПБА сімейства САРТАС.

Розглянемо інші конструктивні можливості підвищення ефективності системи «ГАС-НК» шляхом усунення всебічності (ненаправленості) випромінювання активної гідроакустичної станції

Варіант конструкції активної частини ГАС, при якому буксирувана частина споряджена акустично м’яким екраном, розміщеним між п’єзокерамічними циліндричними випромінювачами в площині їх поздовжніх осей і виконаним у вигляді тонкої пластици симетричного обтічного профілю [3].

Середня площина акустично м’якого екрана лежить у площині, утвореній поздовжніми осями п’єзокерамічних циліндричних випромінювачів, акустично м’який екран виконано за шириною не менше довжини

випромінювачів, з товщиною, що не перевищує двох товщин оболонки випромінювачів, відстань між відповідними торцями акустично м’якого екрана та зовнішніми поверхнями випромінювачів не перевищує двох товщин оболонки випромінювачів. Зазначений акустично м’який екран виконаний у вигляді тонкої пластици симетричного обтічного профілю. Конструктивно п’єзокерамічні циліндричні випромінювачі виконані у вигляді відкритого циліндра вільно обтічного ззовні та всередині водою зовнішнього середовища (рис. 4).

Система «ГАС-НК» з ГПБА, що забезпечує досягнення рішення технічної задачі, працює таким чином. При русі корабля-носія активної ГАС з ГПБА кабель-буксири та гідродинамічний заглиблювач визначають горизонт знаходження п’єзокерамічних циліндричних випромінювачів з акустично м’яким екраном і гнучкої протяжної буксированої антени в морському середовищі. При цьому, оскільки внутрішні об’єми та зовнішні поверхні випромінювачів та акустично м’який екран є вільно обтічними, а поздовжні осі випромінювачів та

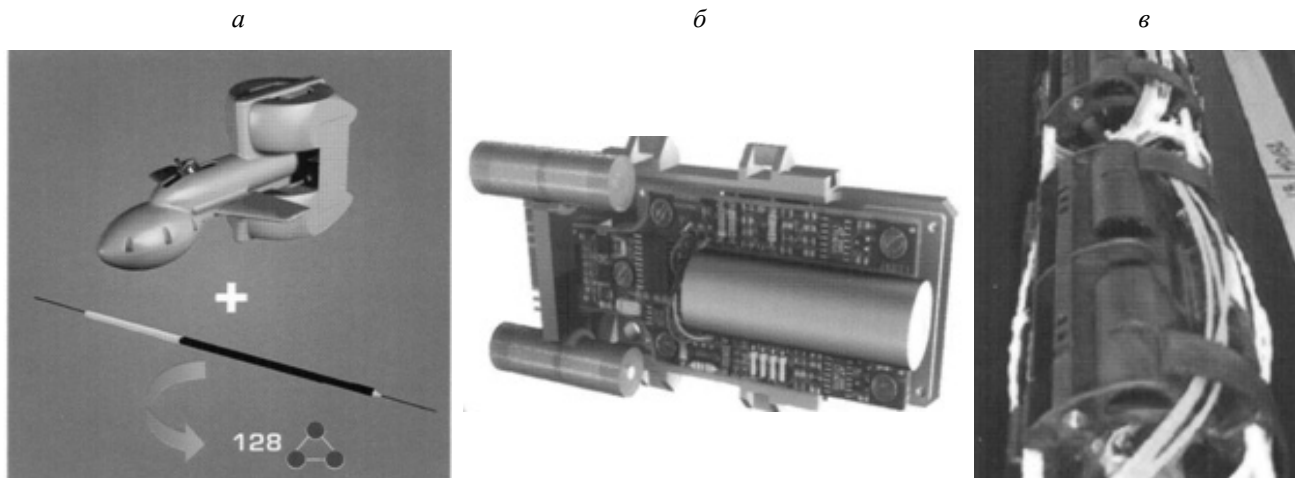


Рис. 3. Гідроакустичні елементи буксированої частини ГАС САРТАС:
 а – заглиблювач з випромінювачем і відрізок ГПБА з «триплетними» приймачами; б – гідрофон «триплетного» типу»;
 в – відрізок «триплетної» антени

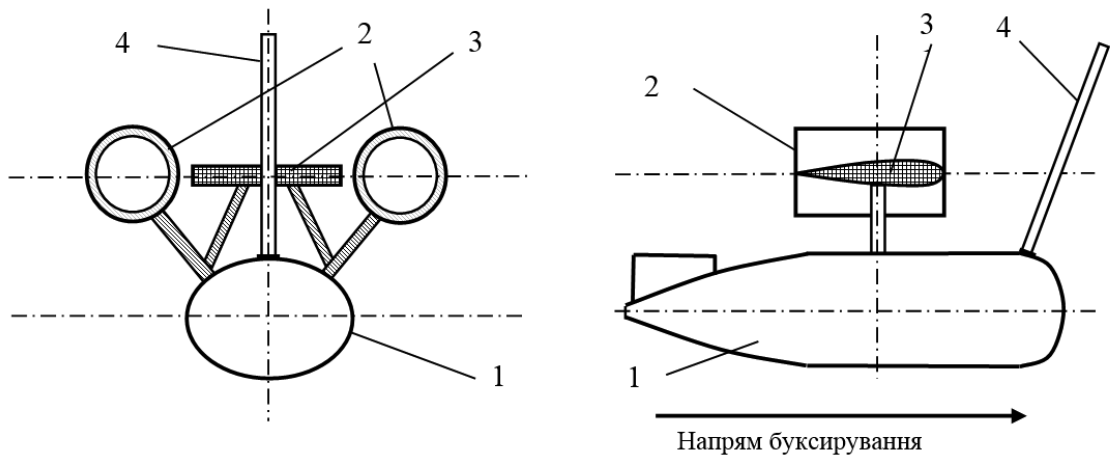


Рис. 4. Схема активної буксированої частини ГАС з ГПБА:
1 – гідродинамічний заглиблювач; 2 – п'єзокерамічні циліндричні випромінювачі;
3 – акустично м'який екран; 4 – кабель-буксир

площина екрана співпадають з напрямом буксирування, лобовий опір гідродинамічного заглиблювача з випромінювачами та екраном має мінімальну величину.

Формування односторонньої направленості кожним з випромінювачів у присутності акустично м'якого екрана відбувається так. Кожен з випромінювачів при своїй роботі випромінює звукові хвилі однаково в усіх напрямках. Ці звукові хвилі при досягненні акустично м'якого екрана збуджують його, результатом чого є поява нового, розсіяного екраном звукового поля. Розсіяне акустично м'яким екраном звукове поле має амплітуду, близьку до амплітуди звукового поля, утвореного випромінювачем, але протилежну йому фазу, оскільки акустично м'який екран перевертає фазу збуджуючого його поля на протилежну. Тому результуюче поле випромінювача з акустично м'яким екраном є результатом суперпозиції створюваного одним з випромінювачів звукового поля та звукового поля, розсіяного акустично м'яким екраном, має різні амплітуди зі сторони екрана та з протилежної сторони. Зі сторони екрана ця амплітуда буде мінімальною. Тому направленість кожного з випромінювачів при наявності акустично м'якого екрана стає односторонньою з максимумом із своєї сторони і мінімумом зі сторони розміщення іншого перетворювача. Наведене демонструють криві на рис. 5, де С – характеристика направленості одного випромінювача без впливу акустично м'якого екрана, а криві А,

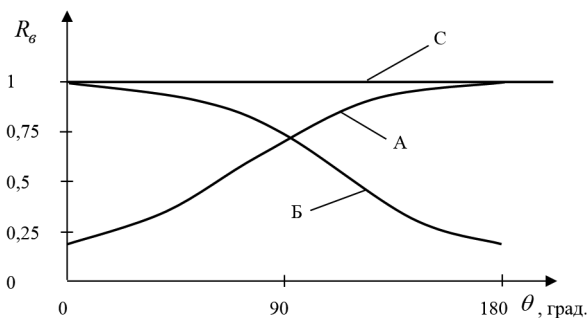


Рис. 5. Характеристики направленості п'єзокерамічних циліндричних випромінювачів з акустично м'яким екраном

Б – характеристики направленості кожного з випромінювачів у присутності акустично м'якого екрана. Характеристики направленості R_g наведені для вертикальної площини. Відлік кута θ здійснюється в площині, нормальній до поздовжньої осі випромінювача зі сторони, протилежної акустично м'якому екрану. Розрахунок виконано на частоті 1000 Гц при розмірі акустично м'якого екрана між поверхнями випромінювачів 100 мм.

Оскільки при наведених на рис. 5 характеристиках направленості коефіцієнт концентрації активної частини системи «ГАС-НК» з ГПБА збільшується від 1 до 2–3, енергетична ефективність по кожному із бортів корабля-носія підвищується, хоча випромінює при цьому лише один з випромінювачів. Крім цього, виконання акустично м'якого екрана у вигляді тонкої пластини симетричного обтічного профілю забезпечує сталість лобового опору буксированої частини.

Таким чином, це рішення дозволяє забезпечити одностороннє випромінювання звукової енергії і тим самим ліквідувати неоднозначність визначення пеленга на ціль (ліво-правосторонню невизначеність) системою «ГАС-НК» з ГПБА.

Розглянемо інший варіант підвищення ефективності системи «ГАС-НК» з ГПБА шляхом усунення всебічності (ненаправленості) випромінювання активної гідроакустичної станції [4].

Буксирована частина споряджена новими конструктивними елементами, а саме (рис. 6):

акустично м'якою циліндричною вставкою радіусом r розміром $0,25R < r < 0,4R$, розміщеною у внутрішній порожнині радіусом R циліндричного випромінювача, вільно обтічного ззовні і зсередини навколишнім середовищем, несиметрично та паралельно його поздовжній осі. Поздовжня вісь вставки лежить з поздовжньою віссю циліндричного випромінювача в одній площині, перпендикулярній до вертикальної площини в напрямі буксирування, на відстанях l в межах $0,1R < l < 0,7R$;

дистанційно керованим пристроєм, який регулює відстань l та переміщує по направляючій акустично

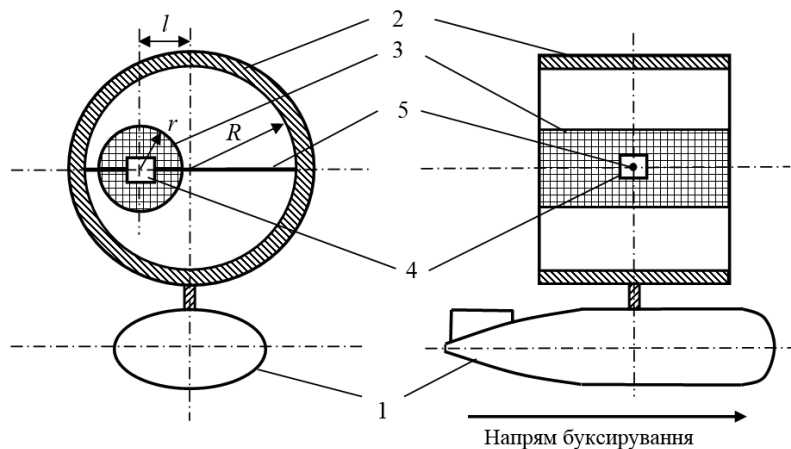


Рис. 6. Схема активної буксированої частини ГАС з ГПБА:

1 – гідродинамічний заглиблювач; 2 – п'єзокерамічний циліндричний випромінювач;
3 – акустично м'яка вставка; 4 – дистанційно керований пристрій; 5 – направляюча дистанційно керованого пристрою

м'яку циліндричну вставку з однієї половини циліндричного випромінювача на іншу.

Така конструкція дозволяє створити направленість випромінювання активної ГАС з ГПБА, збільшуючи тим самим її енергетичну ефективність за рахунок збільшення коефіцієнта концентрації енергії циліндричного випромінювача та усуваючи при цьому ліво-правосторонню невизначеність системи «ГАС-НК».

Рішення технічної задачі усунення ненаправленості в системі «ГАС-НК» з ГПБА дійсно можливе оскільки:

шляхом спорядження конструкції циліндричного випромінювача, об'їчного зовнішнім середовищем ззовні та зсередини, несиметрично розміщеною відносно випромінювача акустично м'якою вставкою, поздовжня вісь якої паралельна поздовжній осі випромінювача та лежить з нею в одній площині, перпендикулярній до вертикальної в напрямі буксирування, на відстані l , забезпечується формування односторонньої направленості випромінювання з мінімальним значенням зі сторони розміщення акустично м'якої вставки, завдяки чому збільшується енергетична ефективність випромінювача (коефіцієнт концентрації дорівнює 1 у випадку відсутності зазначеної акустично м'якої вставки та збільшується до 3–4 при введенні зазначеної вставки);

шляхом спорядження циліндричного випромінювача дистанційно керованим пристроєм, який регулює відстань l та переміщує акустично м'яку вставку з однієї половини циліндричного випромінювача на іншу за допомогою направляючої, забезпечується формування випромінювачем з правої та лівої сторін активної ГАС односторонньої направленості, відтак усувається ліво-правостороння невизначеність у системі «ГАС-НК» з ГПБА.

Розглянемо роботу такої системи «ГАС-НК». При русі корабля-носія активної ГАС з ГПБА кабель-буксир та гідродинамічний заглиблювач визначають горизонт знаходження циліндричного випромінювача та ГПБА в морському середовищі. Формування односторонньої направленості циліндричним випромінювачем з несиметрично акустично м'якою циліндричною вставкою

по лівому або правому борту відбувається таким чином. Циліндричний випромінювач є системою, радіально симетричною відносно своєї поздовжньої осі. Тому в ньому може збуджуватись тільки нульова (пульсуюча) мода коливань оболонки, у зв'язку з чим випромінювання ним звуку в зовнішнє середовище є ненаправленим (крива *A* на рис. 7). Порушення радіальної симетрії обумовлює зміну направлених властивостей циліндричного випромінювача, він втрачає свою ненаправленість. Спорядження внутрішньої порожнини циліндричного випромінювача, заповненої зовнішнім середовищем, акустично м'якою циліндричною вставкою, поздовжня вісь якої паралельна поздовжній осі циліндричного випромінювача, та зменшення за допомогою дистанційно керованого пристрою відстані між цими осями на величину l створює несиметричність коливальної системи циліндричного випромінювача, а, відтак, створює її односторонню направленість (крива *B* на рис. 7). Фізично одностороння направленість обумовлена появою в коливальній системі циліндричного випромінювача наступних мод коливань (першої, другої тощо), що за своєю амплітудою наближуються до амплітуди нульової моди.

Має місце ефективний перерозподіл енергії, яка «закачується» в циліндричний випромінювач на нульовій моді, між наступними модами коливань. Результатом цього перерозподілу енергії є те, що в

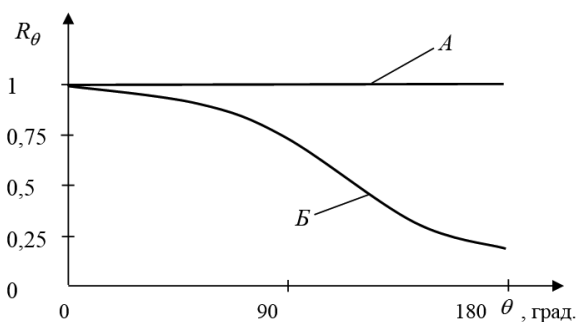


Рис. 7. Характеристики направленості п'єзокерамічного циліндричного випромінювача з акустично м'яким екраном

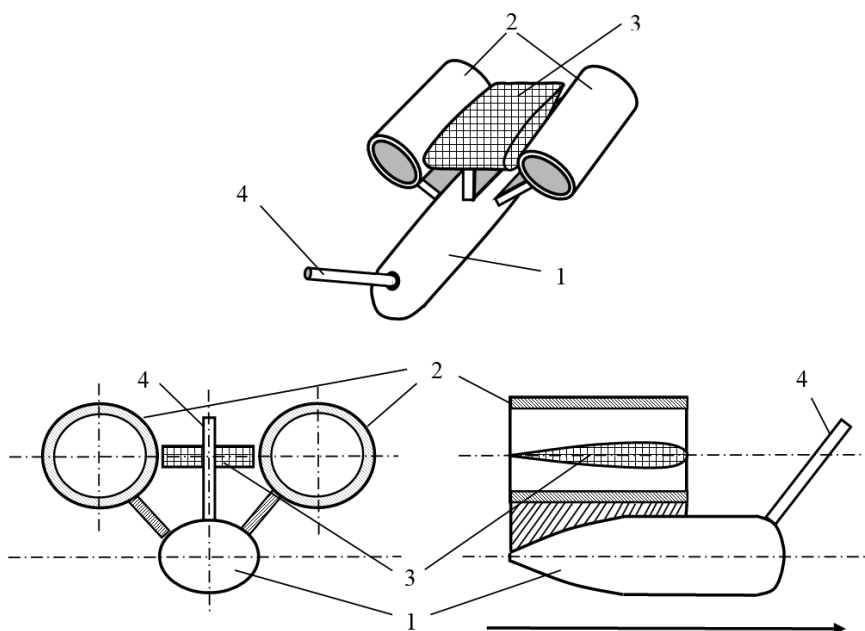


Рис. 8. Схема гідродинамічного заглиблювача з акустично м'якою вставкою:
 1 – гідродинамічний заглиблювач; 2 – п'єзокерамічні циліндричні випромінювачі;
 3 – крило Т-подібної форми; 4 – кабель-буксир

площині, нормальній до вертикальної, амплітуда сигналу зі сторони розміщення вставки в циліндричному випромінювачі, де величина $R-r$ мала, стає меншою, ніж амплітуда сигналу з протилежної сторони (крива B на рис. 7). Таким чином створюється направленість випромінювання системою «ГАС-НК». Зміною розмірів r і l відповідно в межах $0,25R < r < 0,4R$ та $0,1R < l < 0,7R$ можливо регулювати направленість, а, відтак, і коефіцієнт концентрації системи «ГАС-НК» у режимі випромінювання.

Переміщення несиметричної акустично м'якої вставки з однієї половини циліндричного випромінювача в іншу за допомогою дистанційно керованого пристрою по направляючій дозволяє змінювати лівосторонню направленість системи «ГАС-НК» на правосторонню та навпаки.

Ще один варіант підвищення ефективності системи «ГАС-НК» з ГПБА шляхом усунення всебічності (ненаправленості) випромінювання активної гідроакустичної станції наведено в роботі [5].

В основі рішення задачі лежить зміна конструкції гідродинамічного заглиблювача, а саме розміщення крила Т-подібної форми в просторі між сусідніми циліндричними випромінювачами в площині їх поздовжніх осей та нанесення на зовнішню поверхню горизонтального елемента крила Т-подібної форми акустично м'якого матеріалу. Загальний вигляд такого гідродинамічного заглиблювача та вигляд у фронтальному та поздовжньому перерізах зображено на рис. 8.

Рішення технічної задачі в системі «ГАС-НК» з АЗГ дійсно можливе через таке:

на сьогодні найбільш поширеною схемою побудови гідродинамічного заглиблювача є літакоподібна [5]. Ця форма дозволяє зберігати стійкість руху на високих швидкостях буксирування, при цьому

існує можливість управління рухом завдяки спеціальному хвостовому оперенню. Одним з основних елементів цього оперення є горизонтальний елемент крила Т-подібної форми обтічного профілю, кут нахилу якого відносно горизонтальної площини може змінюватися для забезпечення заданої глибини занурення буксированої частини системи «ГАС-НК»;

шляхом нанесення на зовнішню поверхню горизонтального елемента крила Т-подібної форми акустично м'якого матеріалу та розміщення його в просторі між сусідніми п'єзокерамічними циліндричними випромінювачами таким чином, що середня горизонтальна площина горизонтального елемента лежить у площині, утвореній поздовжніми осями випромінювачів, причому зміни кута нахилу горизонтального елемента до зазначеної площини не повинні перевищувати $\pm 30^\circ$, ширина горизонтального елемента крила Т-подібної форми в напрямі буксирування не менше довжини випромінювачів, а його передній профіль є дотичним до площини, утвореної передніми в напрямі буксирування торцями випромінювачів або виходить вперед за неї, забезпечується формування правим і лівим випромінювачами активної ГАС односторонньої направленості відповідно по правій і лівій сторонам системи «ГАС-НК».

Система «ГАС-НК» з ГПБА, яка забезпечує досягнення рішення технічної задачі, працює таким чином. При русі корабля-носія активної ГАС з ГПБА кабель-буксир та гідродинамічний заглиблювач з горизонтальним елементом крила Т-подібної форми в його хвостовій частині визначають горизонт знаходження п'єзокерамічних циліндричних випромінювачів і ГПБА в морському середовищі. При цьому, оскільки внутрішні об'єми та зовнішні поверхні випромінювачів є вільно обтічними, а поздовжні осі співпадають з напрямом буксирування, лобовий опір гідродинамічного заглиблювача, який має

спеціальне оперення обтічної форми у своїй хвостовій частині, з випромінювачами має мінімальну величину.

Формування односторонньої направленості кожним з випромінювачів у присутності горизонтального елемента з акустично м'якою поверхнею відбувається так. Кожен з випромінювачів при своїй роботі випромінює звукові хвилі однаково в усіх напрямках. Ці звукові хвилі при досягненні горизонтального елемента з акустично м'якою поверхнею збуджують її, результатом чого є поява нового, розсіяного горизонтальним елементом звукового поля. Зазначене розсіяне звукове поле має амплітуду, близьку до амплітуди звукового поля, утвореного випромінювачем, але протилежну йому фазу, оскільки горизонтальний елемент з акустично м'якою поверхнею змінює фазу збуджуючого його поля на протилежну [3]. Тому результуюче поле випромінювача з горизонтальним елементом крила Т-подібної форми є результатом суперпозиції створюваного одним з випромінювачів звукового поля та звукового поля, розсіяного горизонтальним елементом, має різні амплітуди зі сторони горизонтального крила та з протилежної сторони. Зі сторони горизонтального елемента ця амплітуда буде мінімальною. Тому направленість кожного з випромінювачів при наявності горизонтального елемента з акустично м'якою поверхнею стає односторонньою з максимумом зі своєї сторони і мінімумом зі сторони розміщення другого перетворювача.

Наведене демонструють криві на рис. 5, де C – характеристика направленості одного випромінювача без впливу акустично м'якого екрана, а криві A , B – характеристики направленості кожного із циліндричних випромінювачів у присутності горизонтального елемента [4]. Характеристики направленості R_θ наведені для вертикальної площини. Відлік кута θ здійснюється в площині, нормальній до поздовжньої осі випромінювача зі сторони, протилежної горизонтальному елементу. Розрахунок виконано на частоті 1000 Гц при розмірі горизонтального елемента крила Т-подібної форми між поверхнями випромінювачів 500 мм. Зміна кута нахилу горизонтального елемента крила в межах $\pm 30^\circ$ до горизонтальної площини, що необхідно для утримання гідродинамічного заглиблювача та циліндричних випромінювачів на заданій робочій глибині, практично не впливає на направленість випромінювачів.

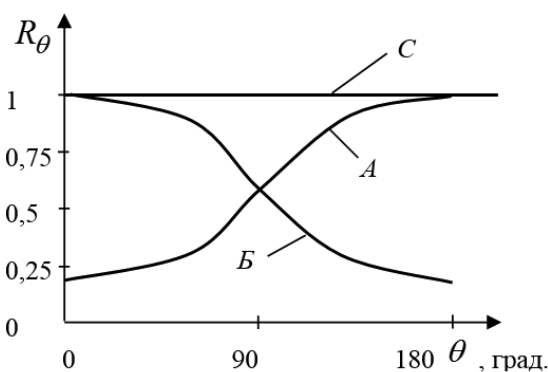


Рис. 9. Характеристики направленості п'єзокерамічних циліндричних випромінювачів у присутності горизонтального елемента з акустично м'якою поверхнею

Оскільки при наведених на рис. 9 характеристиках направленості коефіцієнт концентрації активної частини системи «ГАС-НК» з антенами змінної глибини, що заявляється, збільшується від 1 до 2–3, енергетична ефективність по кожному з бортів корабля-носія збільшується, хоча випромінює при цьому лише один з п'єзокерамічних циліндричних випромінювачів.

Висновки. Запропоновані технічні рішення щодо зміни конструкції п'єзокерамічних циліндричних випромінювачів у активній буксируваній частині гідроакустичної станції шляхом застосування акустично м'якого екрана дають змогу усунути невизначеність пеленгування системи «гідроакустична станція – надводний корабель» з гнучкими протяжними буксируемими антенами, тим самим підвищити ефективність цієї системи. Крім того, у всіх наведених технічних рішеннях збільшується енергетична ефективність системи «гідроакустична станція – надводний корабель» з гнучкими протяжними буксируемими антенами за рахунок збільшення коефіцієнта концентрації енергії п'єзокерамічних циліндричних випромінювачів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дерепя, А. В. Комплексная система «гидроакустическое вооружение – надводный корабль». Проблемные аспекты системы «гидроакустическая станция – надводный корабль» с антеннами переменной глубины [Текст] : моногр. / А. В. Дерепя, А. Г. Лейко, Ю. Я. Меленко. – К. : ИД Д. Буряго, 2014. – 399 с.
2. Ряписов, Е. И. Гидроакустические станции с гибкими протяженными буксируемыми антеннами ВМС США [Текст] / Е. И. Ряписов // ЗВО. – 1995. – № 1. – С. 52–57.
3. Патент на корисну модель № 105369 Україна. МПК G01S 7/52.(2006/01). Система «гідроакустична станція – надводний корабель» з антенами змінної глибини [Текст] / А. В. Дерепя, О. Г. Лейко, О. С. Ісаєнко, [та ін.]. – № у 2015 10531, заявл. 28.10.2015, опубл. 10.03.2016, Бюл. № 5.
4. Патент на корисну модель № 106916 Україна. МПК G01S 7/52.(2006/01). Система «гідроакустична станція – надводний корабель» з направленими антенами змінної глибини [Текст] / А. В. Дерепя, О. Г. Лейко. – № у 2015 11427, заявл. 20.11.2015, опубл. 10.05.2016, Бюл. № 9.
5. Патент на корисну модель № 106627 Україна. МПК G01S 7/52.(2006/01). Система «гідроакустична станція – надводний корабель» з антенами змінної глибини [Текст] / А. В. Дерепя, О. Г. Лейко. – № у 2015 12430, заявл. 15.12.2015, опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.

Рецензент А. Г. Лейко, д-р техн. наук, проф. (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» ім. І. Сікорського)