

ІМІТАЦІЯ АКУСТИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ПІДВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ: КОНЦЕПЦІЯ, ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

В.Ф. Миргород

Одеський державний політехнічний університет, Україна, 270044, м. Одеса,
пр. Шевченка, 1; Тел. 380 482 288-847, Факс 380 482 250-104, Електрона пошта:
Kostrova @ ospu. odessa. ua

В межах досліджень акустичних зображень, результати яких, викладаються обґрунтовано положення концепції їх імітації та запропоновано метод одержання функцій розсіювання. Експериментально підтверджена необхідність та можливість реконструкції фазового розподілення акустичної сигнатури за допомогою напівнатурного масштабного моделювання.

ВСТУП

Акустичні зображення (АЗ), як об'єкт дослідження, методи їх формування та обробки, становлять самостійний напрям в загальній проблематиці обробки просторових сигналів та полів внаслідок як особливостей їх фізичної природи, так і певної специфіки області застосування.

Класифікація АЗ та їх імітація є дуальними проблемами у вказаному напрямі досліджень, причому проблема імітації має більш змістовний та загальний характер, оскільки по необхідності має сенс імітувати тільки такі структурні особливості АЗ, які формують впізнаваний образ об'єкта (звісно при вибраній статистиці прийняття рішень).

Невпинне зростання розподільчої спроможності акустичних зондуючих сигналів створює можливості аналізу просторового розподілу вторинного поля об'єктів, внаслідок чого проблема імітації АЗ є актуальною, а її вирішення необхідним і технічно підготовленим.

1. КОНЦЕПЦІЯ ІМІТАЦІЇ

Відомі пристрої імітації, кількість тільки типів яких вже налічує десятки, засновані на концепції імітації енергетики ехосигналів. Їх загальною вадою є принципова неможливість формування саме АЗ (спроби імітації просторового розподілу об'єктів, як деякого приближення АЗ, реалізовано лише в пристрої ADMATT (USA)). Для вирішення класифікаційних задач така концепція імітації очевидно невірогідна.

Детальний аналіз відомих технічних рішень та досліджень у суміжних областях (когерентні оптичні та радіолокаційні зображення), а також проведений

комплекс теоретичних та експериментальних досліджень дозволили сформуванню технічні вимоги до перспективних засобів імітації АЗ та запропонувати концепцію вирішення вказаної проблеми стосовно гідроакустики. Така концепція ґрунтується на наступних положеннях:

По-перше, належить імітувати заздалегідь одержаний мінімально необхідний комплекс характеристик об'єкту, формуючих його впізнаваний образ: sharge.

По-друге, імітується зображення, яке не є аналогом оптичного, а саме ті особливості, які його відрізняють: впорядкована структура «блискучих точок». В оптичних зображеннях різкі зміни контрасту відповідають контуру об'єкту, імітації якого інколи достатньо для впізнаваності. Для АЗ аналогічні зміни інтенсивності відповідають явищу інтерференції «блискучих точок», структурне розположення яких також формує впізнаваний образ.

По-третє, імітується зображення «таким, як воно є», без урахування впливу середовища розповсюдження, а як результат взаємодії зафіксованого в даному циклі зондування конкретного сигналу зі заздалегідь визначеною та препарованою функцією розсіювання (ФР) типового об'єкту.

Нарешті, саме поняття «зображення» зумовлює просторову розподільність об'єкту імітації. Відповідність просторових масштабів реального та імітованого АЗ є однією з необхідних умов вірогідної імітації.

2. ФІЗИЧНІ ТА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ

Центральним питанням імітації АЗ є одержання для типових об'єктів ФР з необхідною мірою деталізації. Акустичні зондуючі коливання мають високу когерентність, а їх відносний просторовий масштаб відповідає Кіргофському розсіюванню. Тому ФР, як правило, розпадаються на впорядковану сукупність δ -подібних функцій (так звані «блискучі точки», відблиски). Відоме трактування такої сукупності як хаотичної (моделі Делано, Ольшевського, спекл-структури [1-3]) дозволяє статистично об'єднати поля «блискучих точок» та

використати апробовані методи обробки, але на жаль не відповідає дійсності. Згідно експериментальним даним вторинне акустичне поле підводних об'єктів в дійсності формується відносно невеликою кількістю (одиниці-десятки) локальних областей відображення, які є охрестям Френеля точок стаціонарної фази, що створюють впорядковану сукупність відносно нечисленних віртуальних джерел вторинних (відбитих) акустичних коливань. Об'єднання полів таких джерел можливо тільки з урахуванням фазового розподілення, результатом якого є явище інтерференції як суттєвої особливості АЗ. Урахування фазового розподілення та кутової залежності приводять до математичної моделі ФР в вигляді:

$$h(\tau, q) = \sum_{n=1}^{N(q)} a_n(q) \delta[\tau - \tau_n(q)] \quad (1)$$

де $a_n = a_n(q) \exp[j\varphi_n(q)]$,

$N(q)$ - кількість розподіляємих «блискучих точок»,

$\tau_n(q)$ - відносна затримка,

$a_n(q), \varphi_n(q)$ - амплітудне та фазове розподілення,

q - ракурс об'єкту.

3. МЕТОД РЕКОНСТРУКЦІЇ ФР

Найкращим засобом одержання ФР міг би бути прямий натурний експеримент, але на жаль існують значні технічні та інструментальні труднощі для його проведення. Розрахунок елементів ФР методом математичного моделювання можливий тільки для відносно простих об'єктів, поверхня яких не має зламів, кутів, ребер. Тому для вирішення задачі реконструкції ФР розроблено комбінований метод напівнатурного масштабного моделювання, який є певним компромісом між експериментальним та теоретико-розрахунковим методами, та базується на експериментальних вимірюваннях в гідроакустичному басейні (ГАБ) за допомогою моделі типового об'єкту, що повністю відтворює особливості його зовнішньої поверхні.

Первинними даними для запропонованого методу є результати вимірювань амплітудно-просторового розподілення «блискучих точок» та інтегральна амплітуда ФР для різних кутів зору. Це досить відома задача і її рішення не викликає труднощів[3]. Додатково проводяться вимірювання фронтів ехо-сигналу як реакції на просування переднього фронту імпульсу зондування вздовж об'єкту, тобто послідовні амплітуди результатів часткової інтерференції «блискучих точок» (амплітуди часткових векторних сум) в вигляді:

$$\left\{ \begin{aligned} a_{S1} e^{j\varphi_{S1}} &= a_1 e^{j\varphi_1}, \\ a_{S2} e^{j\varphi_{S2}} &= a_1 e^{j\varphi_1} + a_2 e^{j\varphi_2}, \\ a_{S2} e^{j\varphi_{S2}} &= a_1 e^{j\varphi_1} + a_2 e^{j\varphi_2} + a_3 e^{j\varphi_3}, \\ &\vdots \\ a_{SN} e^{j\varphi_{SN}} &= \sum_{n=1}^L a_n e^{j\varphi_n}. \end{aligned} \right.$$

В зв'язку з невизначеністю φ_{SK} ця система загалом має 2^{N-1} рішень відносно невідомих φ_K , але більшість з них можуть бути виключено за спеціальним алгоритмом обробки ехо-сигналів.

Після розрахунку фазового розподілення порівнювались (за допомогою кореляційного та середньоквадратичного критеріїв) експериментальні записи ехо-сигналів для різних ракурсів та зондуючих сигналів та розрахунки сигналів в відповідних умовах.

ВИСНОВКИ

Прикладне значення проблем формування, обробки та імітації АЗ потребують розробки сукупності теоретичних та експериментальних методів їх дослідження, які б відповідали особливостям вторинних акустичних полів підводних об'єктів зондування.

Концепція імітації АЗ, що враховує ріст інтелектуальних можливостей апаратури зондування та розширення прикладних застосувань, повинна базуватися на відтворенні детальної структури ФР, її просторово-часових масштабів, не тільки енергетичних, а також фазових співвідношень.

Для одержання ФР об'єктів з метою наступної імітації їх АЗ найбільш доцільно використовувати напівнатурне масштабне моделювання в ГАБ, доповнене запропонованим методом реконструкції фазового розподілення. Одержані для типових об'єктів ФР дають вичерпну інформацію про їх вторинне поле, оскільки дозволяють розрахувати (або сформувати) таке поле для зондуючого сигналу довільного вигляду.

ЛІТЕРАТУРА

1. Акустика океану/ Під ред. Л.М. Бреховських.- М. : Наука, 1974. - 696 с.
2. Е.І. Качанов та ін. Методи та засоби гідроакустичної голографії. - Л. : Суднобудівництво, 1989.- 256 с.
3. Е.А. Штагер. - Розсіювання радіохвиль на тілах складної форми. - М. : Радіо та зв'язок, 1986. - 184 с.