

**ЦЕЛІЩЕВ І.Ю.**, старший науковий співробітник

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПОБУДОВИ ПОШУКОВО-ПРИЦІЛЬНИХ СИСТЕМ ПАТРУЛЬНИХ ЛІТАКІВ АВІАЦІЇ ВМС**

*В статті розглянуто перелік та особливості основних завдань, що стоять перед літаками базової патрульної авіації (БПА), проаналізовано склад та структуру побудови пошуково-прицільних комплексів сучасних та перспективних патрульних літаків, запропоновано алгоритм виявлення морських рухомих об'єктів по їх непрямим ознаках.*

На теперішній час літаки патрульної авіації ВМС, що знаходяться на озброєнні різних країн, представлені широким парком літальних апаратів (ЛА) різних поколінь та цільового призначення. Більшість з них є морально та матеріально застарілими зразками військової авіаційної техніки, що неодноразово претерпіли часткову або глибоку модернізацію. Наприклад, американський базово-патрульний літак Р-3С Orion більш ніж за 40 років існування випускався, приблизно, у 35 різних модифікаціях та варіантах, останні з яких (Update-III, IV) були прийняті на озброєння у другій половині 80-х років минулого сторіччя.

Кардинальні та безперервні зміни у воєнно-політичній обстановці в світі за останні десятиріччя безумовно вплинули як на характер задач, вирішуваних ВМС в цілому, так і на характер застосування літаків БПА. Цей фактор зумовив необхідність заміни парку літаків БПА морських держав шляхом розробки та прийняття на озброєння нових зразків авіаційної техніки або повної модернізації вже існуючих ЛА.

На сьогоднішній день вимоги щодо застосування літаків БПА обумовлені такими особливостями і факторами [1]:

- необхідність прихованого збору інформації про обстановку в акваторії;
- необхідність спостереження за морем як в дальній, так і в прибережній зонах;
- необхідність виконання завдань по забезпеченню безпосередньої підтримки сил при проведенні спецоперацій;

- зростання кількості малошумлячих сучасних дизель-електричних підводних човнів (ПЧ) поряд зі зменшенням кількості великих атомних субмарин;

- потреба у виконанні патрулювання у мирний час з метою перешкодження терористичним та контрабандним діям, виконання пошуково-рятувальних місій, екологічного моніторингу тощо.

Завдання, що мають вирішуватись літаками БПА з урахуванням сучасних вимог, можуть бути узагальнені наступним чином:

1. Основні задачі:

- виявлення надводних та підводних цілей, їх ідентифікація та ураження;

- проведення комплексної технічної розвідки (радіолокаційної, оптико-

електронної, радіотехнічної тощо);

здійснення обміну даними, видача сигналів цілевказання та ретрансляція сигналів управління.

2. Додаткові задачі:

забезпечення охорони водного простору держави у цілому та окремих морських об'єктів стратегічного значення від терористичних угруповань та контрабандних дій;

пошуково-рятувальні місії;

екологічний моніторинг;

миротворчі операції.

Глибока модернізація існуючого або розробка нового літака БПА, що задовольнятиме вищевказаним вимогам, має проводитись шляхом впровадження, насамперед, нового комплексу пошуково-прицільного обладнання, інтегрованого до складу бортового комплексу ЛА.

В таблиці 1 наведено склад бортових пошуково-прицільних комплексів та, частково, пілотажно-навігаційних комплексів (ПНК) найбільш сучасних розробок літаків БПА провідних авіаційних країн, що стоять на озброєнні або плануються до прийняття на озброєння багатьох морських держав світу [2].

Таблиця 1.

Склад бортових комплексів сучасних та перспективних літаків БПА

Літак БПА	Atlantique III (Франція)	Nimrod MR4 (Велико-британія)	P-3C Orion Update-III, IV (США)	P-8 Poseidon (США)	Ту-142М3 (Росія/СРСР)
Комплекс БО					
Рік розробки (модернізації)	1998	2004	1984	2008	1985
1	2	3	4	5	6
Навігаційний комплекс	ІНС SAGEM "Uliss 53", GPS TACAN, OMEGA, VOR/ILS, DME	ІНС, GPS, TACAN, LORAN, VOR/ILS, DME	ІНС, GPS, TACAN, NAVSTAR, OMEGA, VOR/ILS, DME	ІНС, GPS, TACAN, NAVSTAR, OMEGA, VOR/ILS, DME	ПНК-142 (ЦГВ, РК, ЦВМ-10ТС, астрокоректор)
БЦОМ	"Cimsa" 15 М 125	AN/UYS-503	AN/ASQ-114 або AN/UYS-2	+	ППС "Коршун-Н"
РГБ	"Джезбель/Джули"	"Джезбель/Джули" "Соникс" Мк ІІС	"Діфар" AN/SSQ-75	"Діфар" AN/SSQ-75	
РЛС	Thomson-CSF "Iguane"	"Серчуотер" 2000MR	ARS-115 або AN/APS-137	AN/APS-137D(V)5	
ОЕС	FLIR	НУТВ + прожектор	AN/AAS-36	MX-20HD	-
Магнітометр	DH-AC-1	AN/ASQ-10А	+	AN/ASQ-508	ММС-106 "Ладога"
Хім.	"Аутолікус"	"Аутолікус"	+	+	

1	2	3	4	5	6
аналізатори	Мк.ЗВ	Мк.ЗВ			
Апаратура РТР/РЕБ	ARAR-13A	+	AN/ALR-66(V)5	AN/APY-10	СРС-4 (“Квадрат-2”)

Аналіз складу та зв'язків бортових пошуково-прицільних комплексів сучасних та перспективних патрульних літаків авіації ВМС дозволяє визначити типову структуру побудови бортового комплексу літака БПА (рис. 1).

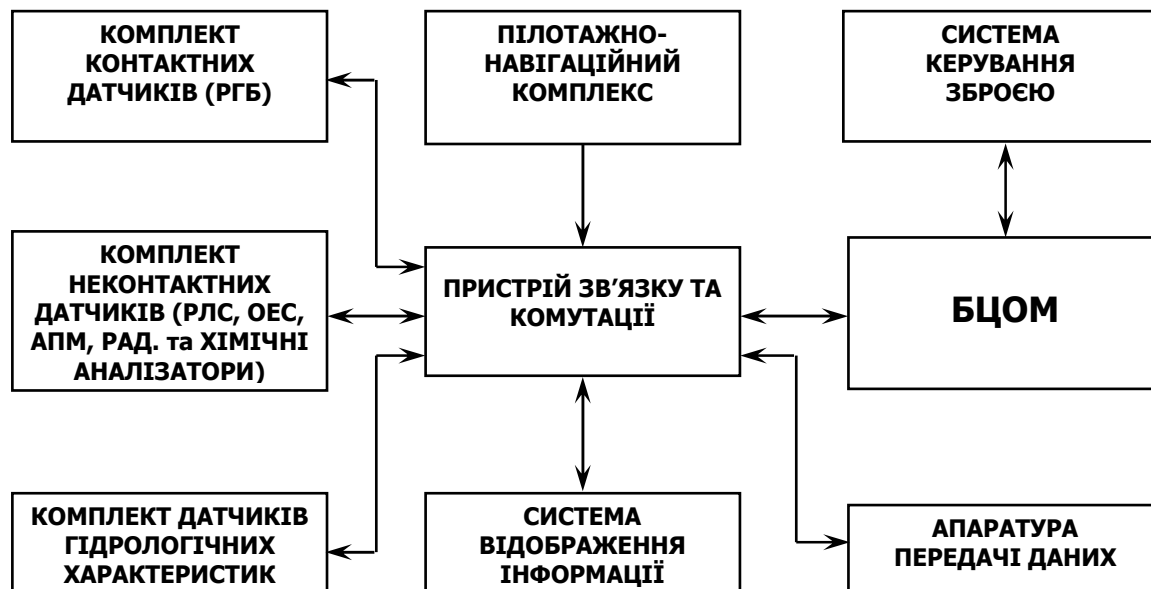


Рис. 1. Структура побудови бортового комплексу сучасного літака БПА

При побудові пошуково-прицільних комплексів сучасних патрульних літаків особлива увага приділяється впровадженню технологій спеціальної обробки сигналів, отриманих як від безконтактних датчиків сигналів (РЛС, ОЕС, магнітометри), так і від контактних датчиків (системи РГБ). Так, наприклад, більшість ЛА, наведених в таблиці 1 мають пошуково-прицільні комплекси, пристосовані для виявлення не тільки великих атомних субмарин, а й дизель-електричних малозумлячих ПЧ, що діють в прибережній зоні, а перспективний літак Р-8 Poseidon має в складі бортового комплексу багатofункціональну РЛС AN/APS-137 розробки компанії “Рейтеон” (США) з режимом інверсного синтезування апертури (ISAR) з розподільчою здатністю на поверхні 0,6...1 м та програмно-алгоритмічним забезпеченням автоматичного виявлення та розпізнання висувних пристроїв ПЧ. Також до складу бортового комплексу літака входить цифровий магнітометр AN/ASQ-508.

Враховуючи вищевикладене, логічно зробити висновок, що при побудові сучасних пошуково-прицільних комплексів літаків БПА одним з пріоритетних напрямків є розробка алгоритмічного забезпечення та процесорів спеціальної обробки сигналів, отриманих від безконтактних датчиків, зокрема від оптико-електронних та радіолокаційних систем високої розподільної здатності.

Використання таких алгоритмів дозволить підняти ефективність застосування літаків БПА при виявленні ПЧ у зануреному стані та інших морських об'єктів, як за критеріями економії часу, за рахунок автоматизації процесів виявлення та

ідентифікації морських цілей, так і за техніко-економічними показниками, за рахунок зменшення необхідності використання РГБ, що мають велику вартість та не підлягають відновленню. Також подібні алгоритми дозволяють підвищити імовірність виявлення морських цілей шляхом комплексування їх вихідних даних з вихідними даними інших алгоритмів і систем в складі комплексу.

Одним із варіантів впровадження технологій обробки оптичних та радіолокаційних зображень високого розрізнення при побудові програмно-алгоритмічного забезпечення пошуково-прицільних комплексів літаків БПА є застосування алгоритму виявлення, локалізації та ідентифікації малоконтрастних просторово-розподілених об'єктів, в основі якого полягає алгоритм, запропонований в [3, 4]. Застосування алгоритму дозволяє виявляти, локалізувати та ідентифікувати ПЧ в зануреному стані та інші рухомі морські об'єкти по характеристиках хвилеутворення, що змінюються в районі присутності цілі внаслідок впливу супутних слідів. Головним інформативним параметром цього алгоритму є кут орієнтації гребенів морського хвилювання  $\theta_0$ .

Блок-схему алгоритму наведено на рис. 2. Алгоритм базується на математичному апараті двомірної спектральної моделі морського хвилювання [5].

В першому блоці здійснюється сканування та обмеження зображення ділянки акваторії  $B(x,y)$  невеликим вікном кінцевого розміру  $W(x,y)$ :

$$B_w(x, y) = B(x, y) \cdot W(x, y),$$

де  $B_w(x,y)$ - яскравий рель'єф ділянки зображення акваторії всередині вікна обробки.

Далі в блоці просторової фільтрації (ПФ) з використанням просторової моделі зображення надводного судна здійснюється виділення малорозмірних контрастних цілей типу "корабель" та їх компенсація на попередньому зображенні за рахунок віднімання зображень одне від одного.

$$B'_w(x, y) = B_w(x, y) - B_{w \text{ мод кор}}(x, y),$$

де  $B'_w(x,y)$ - модифіковане зображення ділянки всередині вікна;  $B_{w \text{ мод кор}}(x,y)$ - "відфільтроване" зображення кораблів всередині вікна.

З блоку просторової фільтрації координати виявленого корабля передаються до кінцевого блоку прийняття рішення (КБПР). Далі здійснюється двомірне швидке перетворення Фур'є (блок ДШПФ):

$$S'_w(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} B'_w(x, y) \exp\{-j(ux + vy)\} dudv,$$

де  $S'_w(u,v)$ - енергетичний просторовий двомірний частотний спектр модифікованого зображення всередині вікна, та подальша частотна фільтрація (ЧФ) отриманого двомірного просторового спектра  $S'_w(u,v)$  ділянки зображення всередині вікна, яка здійснюється з використанням спектральної моделі природного морського хвилювання. Двомірна частотна фільтрація виконується для подальшої компенсації спектральної складової систем природного морського хвилювання, яка необхідна для підвищення відношення амплітуди спектру малоконтрастної аномалії до амплітуди спектру хвильового фону.

$$S''_w(u, v) = S'_w(u, v) - S_{w \text{ мод хвиль}}(u, v),$$

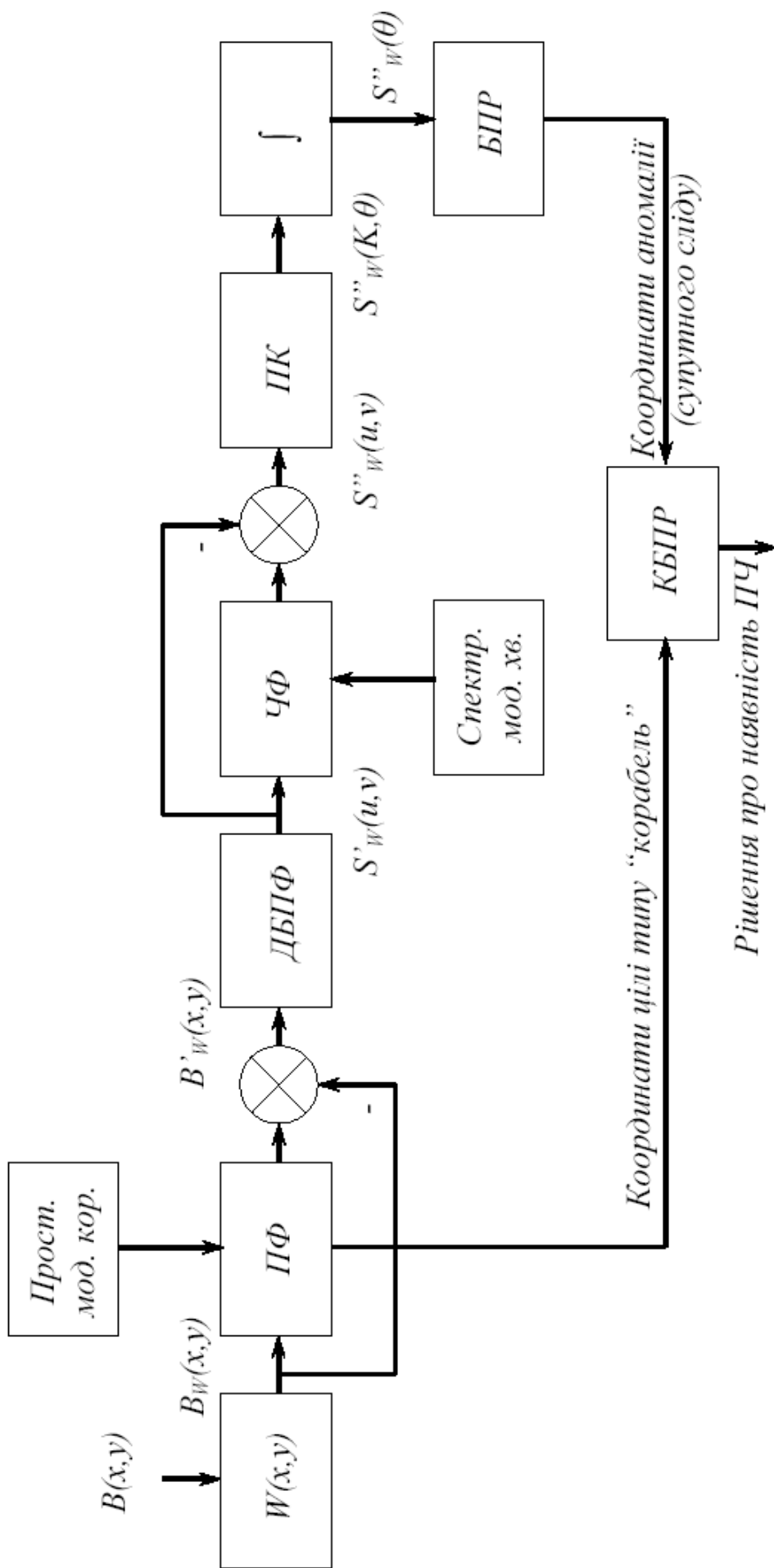


Рис. 2. Блок-схема алгоритму, що реалізує виявлення, локалізацію та ідентифікацію мало контрастних просторово-розподілених об'єктів на фоні морського хвилювання

де  $S''_w(u, v)$  - модифікований просторовий двомірний спектр зображення всередині вікна обробки,  $S_{W \text{ мод хвиль}}(u, v)$  - “відфільтрований” просторовий спектр морського хвилювання.

Далі в блоках ПК та інтеграторі виконується переведення модифікованого спектру зображення ділянки морської поверхні всередині вікна в полярні координати  $S''_w(K, \theta)$  та інтеграція його по радіальній координаті  $S''_w(\theta)$ :

$$S''_w(K, \theta) dK d\theta = S''_w(u, v) dudv = S''_w[u(K, \theta); v(K, \theta)] IdK d\theta;$$

$$S''_w(\theta) = \int_0^{\infty} S''_w(K, \theta) dK.$$

За величиною кута  $\theta_0$ , що є координатою максимуму кутового спектру в блоці прийняття рішення (БПР) приймається рішення про присутність аномалії морського хвилювання (супутного сліду) в даній ділянці морської поверхні. За результатами порівняння координат супутних слідів та раніше виявлених кораблів в блоці КБПР частина супутних слідів відноситься до кораблів, а інша частина слідів, які не узгоджені з жодним з кораблів – до підводних човнів. З метою деталізації отриманої “картини” фоноцільової обстановки обробку всього зображення може бути виконано повторно при зменшеному розмірі вікна обробки.

Запропонований алгоритм може бути реалізований як у складі програмно-алгоритмічного забезпечення БЦОМ (рис. 1) знов створеного пошуково-прицільного комплексу, так і в складі модернізованої пошуково-прицільної системи у вигляді окремого “обвідного” каналу з використанням своєї окремої БЦОМ, візуальна або радіолокаційна інформація до якої надходить безпосередньо від ОЕС та РЛС. В другому випадку модернізований комплекс має бути обладнаний РЛС достатньої розподільної здатності.

З метою підтвердження функціональності пошукового алгоритму був проведений обчислювальний експеримент, в ході якого була здійснена обробка космічного оптичного зображення протоки Гібралтар з супутними слідами рухомих морських об’єктів вікном різного розміру. Експериментом було доведено чутливість алгоритму при виявленні малоконтрастних просторово-розподілених аномалій на фоні морської поверхні, а також можливість їх локалізації та ідентифікації у більшості випадків. Експериментальні дослідження щодо функціонування запропонованого алгоритму складають тему окремої статті та будуть розглянуті у наступних публікаціях.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Нейвинский В. Перспективный многоцелевой самолет Р-8А “Посейдон” базовой патрульной авиации ВМС США // Зарубежное военное обозрение . – 2007. – №6. – С.47-55, – №7. – С.38-42.
2. [www.airwar.ru](http://www.airwar.ru)
3. Жилко Є.О., Целіщев І.Ю. Алгоритм виявлення просторово-розподілених та малорозмірних цілей на фоні схвилюваної морської поверхні // Збірник

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації. 2009. Вип. №12  
наукових праць (радіоелектронне обладнання). – К.: КІ ВПС, 1998. – Вип. 4. –  
С. 65 – 70.

4. Целіщев І.Ю., Карнаух Т.І., Шатров О.А. Оптимізація параметрів двомірної спектральної обробки зображень морської поверхні, одержаних авіаційними системами спостереження // Зб. Наукових праць. – К.: ДНДІА, 2006. – Вип. 9. – С.141-147.
5. Загородников А.А. Радиолокационная съёмка морского волнения с летательных аппаратов. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 240 с.

*Надійшла до редакції 29.10.2009*