

УДК 621.396.96

ЦЕЛИЩЕВ І.Ю., начальник науково-дослідної лабораторії, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

МЕДВЕДЄВ Г.А., начальник науково-дослідного відділу

ФЕДОТОВ Б.М., старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

ОСОБЛИВОСТІ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КОМПЛЕКСІВ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО БОРТОВОГО ОБЛАДНАННЯ СУЧАСНИХ ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ ЛІТАКІВ ДАЛЬНЬОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ І УПРАВЛІННЯ

Проаналізовано склад, структуру та характеристики окремих складових комплексів спеціалізованого бортового обладнання сучасних та перспективних літаків дальнього радіолокаційного виявлення і управління. Визначено їх основні тенденції розвитку

Ключові слова: літак дальнього радіолокаційного виявлення і управління, станція радіо- і радіотехнічної розвідки, багато режимна радіолокаційна станція, засоби зв'язку і передачі даних

Сучасні літаки дальнього радіолокаційного виявлення і управління (ДРЛВУ) призначені для своєчасного виявлення і розпізнання повітряних і надводних цілей на великих відстанях. Крім того, такі літаки забезпечують наведення на виявлені цілі своїх бойових літаків і видачу даних про обстановку на наземні, повітряні і корабельні пункти управління. Вони відіграють важливу, а іноді і вирішальну роль у створенні єдиної системи розвідки, оповіщення та управління збройних сил і здатні забезпечувати виконання комплексу стратегічних, оперативних і тактичних завдань [1].

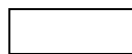
Необхідною передумовою для створення або закупівлі літака ДРЛВУ для потреб Повітряних Сил Збройних Сил України є всебічний аналіз завдань, які покладаються на літаки такого класу у воєнний та мирний час, а також складу, структури та характеристик комплексів їх спеціалізованого бортового обладнання.

Аналіз складу комплексів спеціалізованого бортового обладнання найбільш відомих в світі сучасних (тих, що знаходяться на озброєнні країн світу з 80 ... 90-х років минулого сторіччя) та новітніх (тих, що зараз поступають на озброєння) літаків ДРЛВУ [2, 3, 4, 5] (таблиця 1) показує, що основними елементами таких комплексів є: оглядова багато режимна радіолокаційна станція (РЛС), призначена для дальнього виявлення та визначення координат і параметрів руху повітряних, надводних, а в умовах сучасної збройної боротьби і наземних цілей;

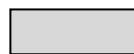
Таблиця 1

Основні компоненти спеціалізованого бортового обладнання сучасних та новітніх літаків ДРЛВУ

Літак ДРЛВУ (Держава) Система	Е-3С "Sentry" (США)	А-50 (СРСР/ Росія)	Е-2С "Hawkeye" (США)	ВN-2N "Defender" (Велика Британія)	Boeing 737- 700 АEW&С (Австралія)	А-50Е1 (Росія/ Ізраїль)	PHALCON (Ізраїль)	SAAB S-100В "Argus" (Швеція)
Оглядова РЛС	AN/APY-2 (багато- режимна з ФАР, що обертається)	РТК «Шмель» у складі: трикоординат- ної РЛС з пасивним каналом пеленгації, з ФАР, що обертається	AN/APS-145 дециметрового діапазону (багаторежимна, з ФАР, що обертається)	Skymaster (багато- режимна)	MESA (багато- режимна з нерухомою АФАР)	EL/M-2075 (багато- режимна з системою нерухомих АФАР)	EL/M-2075 (багато- режимна з рухомою АФАР трикутної форми)	PS-890 "Egrye" (багато- режимна з нерухомою АФАР)
Станція Р і РТР	AN/AJR-1		AN/ALR- 59(73)	- (опційно)	EL/L-8300	EL/K-7031, EL/L-8312	EL/K-7031, EL/L-8312	Станція Р і РТР зі складу РТК FSR-890
Обчислювальна система обробки даних	IBM 4PI-CC-2E на основі 2-х- процесорної архітектури	Розробки НДІ „Аргон” (на основі, “ЕС ЭВМ” з 4- машинною архітектурою)	OL-76/ASQ (L-304)	+	Модульна ЕОМ з відкритою архітктурою	Модульна ЕОМ з відкритою архітктурою	Модульна ЕОМ з відкритою архітктурою	Модульна ЕОМ з відкритою архітктурою
Система відобра- ження інформації (АРМ операторів)	Кольорові дисплеї на ЕПТ	Кольорові дисплеї на ЕПТ	AN/UYQ-70 з кольоровими дисплеями	2 АРМ	6 ... 14 АРМ	11 АРМ	11 АРМ	2 АРМ
Засоби передачі даних та зв'язку	Система тактичного зв'язку AIL APX-103 IFF/TADIL-J та супутникова Milstar	Командна радіолінія управління, КХ, УКХ та супутникова системи зв'язку	Апаратура системи тактичного зв'язку JTRS. Радіостанції КХ, УКХ, НВЧ- діапазонів	+	Засоби КХ-, УКХ-, НВЧ та супутнико- вого зв'язку	Засоби КХ-, УКХ-, НВЧ та супутнико- вого зв'язку	Засоби КХ-, УКХ-, НВЧ та супутнико- вого зв'язку	Засоби КХ-, УКХ-, НВЧ та супутнико- вого зв'язку



- сучасні



- новітні

станція радіо-і радіотехнічної розвідки (Р і РТР), призначена для пасивного виявлення, класифікації та визначення координат місцеположення повітряних, наземних та корабельних джерел радіовипромінювання, насамперед РЛС наведення противника; система обробки даних про повітряну обстановку, яка забезпечує обробку даних, що поступають від інших систем, виконання розрахунків, пов'язаних з виявленням, розпізнаванням, супроводженням цілей, а також оцінкою повітряної обстановки та управлінням засобами протиповітряної оборони (ППО); система відображення та управління, що виконує функції наглядного відображення виявлених цілей та забезпечує реалізацію функцій управління і цілевказання засобам авіації та ППО; засоби передачі даних та зв'язку, призначені для прихованого або відкритого обміну даними щодо повітряної обстановки, управління та цілевказання з наземними, повітряними, корабельними пунктами управління, групами тактичної авіації, зенітно-ракетними комплексами.

Як показує більш детальний аналіз складу та структури комплексів бортового радіоелектронного обладнання (БРЕО) більшості сучасних та перспективних літаків ДРЛВУ, воно може бути розділено на такі основні підсистеми [2, 3, 4, 5] (рис. 1):



Рис. 1. Структурна схема та зв'язки БРЕО сучасного літака ДРЛВУ

підсистему виявлення повітряних та наземних (надводних) цілей, до складу якої зазвичай входять: багаторежимна РЛС дальньої дії, запитувача апаратура системи державного розпізнавання, станція радіотехнічної розвідки (РТР), ІЧ-система виявлення пусків та супроводження балістичних ракет;

підсистему навігації, посадки, управління повітряним рухом та держрозпізнавання яка включає до свого складу загально-літакове обладнання, таке, як: інерціально-супутникова навігаційна система, апаратура радіотехнічних систем

дальньої та ближньої навігації та посадки, доплерівський вимірювач швидкості та кута знесення, радіовисотомір, автоматичний радіокомпас, система повітряних сигналів, метеорадар, апаратура попередження наближення до землі та зіткнення у повітрі, літакові відповідачі управління повітряним рухом та держрозпізнавання;

підсистему обробки і відображення інформації, індикації та управління, що включає такі компоненти, як: обчислювальна система обробки даних в масштабі часу, близькому до реального, автоматизовані робочі місця операторів, багатофункціональні індикатори, цифрова система розподілу даних;

підсистему передачі даних та зв'язку, що складається: з цифрової системи передачі даних, ультракороткохвильових та короткохвильових (УКХ та КХ) радіостанцій та засобів супутникового зв'язку, апаратури прихованого телефонного та телекодового зв'язку, командної радіолінії управління;

підсистему радіоелектронної протидії, до складу якої входять: станції постановки активних завад радіо- та оптичного діапазону, автомати викиду дипольних відбивачів та хибних теплових цілей, апаратура попередження про опромінення тощо.

Основними з зазначених підсистем, що в першу чергу визначають ефективність виконання літаками ДРЛВУ покладених на них специфічних завдань, є підсистема виявлення, підсистема передачі даних та зв'язку та підсистема обробки і відображення інформації, індикації та управління.

В новітніх та перспективних літаках ДРЛВУ застосовуються РЛС із, здебільшого, нерухомими активними фазованими антенними решітками (АФАР) з повністю електронним способом сканування.

Основним недоліком РЛС з нерухомими АФАР є наявність “сліпих” зон, або зон з суттєвим розширенням діаграм спрямованості за азимутом в передньому та задньому секторах огляду.

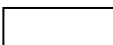

Основні тактико-технічні характеристики (ТТХ) РЛС сучасних та новітніх літаків ДРЛВУ наведені у таблиці 2 [3, 4, 6].

Таблиця 2

Основні ТТХ РЛС сучасних та новітніх літаків ДРЛВУ

Характеристики РЛС (літак, на якому встановлюється)	AN/APY-2 (E-3C “Sentry”)	AN/APS-139 (E-2C “Hawkeye”)	EL/M-2075 (PHALCON)	PS-890 “Erieye” (SAAB S-100B “Argus”)
1	2	3	4	5
Діапазон робочих частот, МГц	3175 ... 3425	400	1215 ... 1400	3200
Тип ФАР	ФАР з електро-механічним скануванням за азимутом	ФАР з електро-механічним скануванням за азимутом	6 АФАР (з електронним скануванням)	АФАР (з електронним скануванням)
Можливість одночасного сканування в декількох секторах	-	-	так	так

1	2	3	4	5
Максимальна дальність виявлення цілей, км:				
літак-бомбардувальник (ЕПР=25 м ²)	650	480	500	400
літак-винищувач (ЕПР=5 м ²)	400	260	350	300
крилата ракета (ЕПР=1 м ²)	250	-	250	100
надводна ціль	400	-	500	300
Максимальна кількість виявлених/супроводжуваних цілей (за період сканування)	1500 / -	1200 / 40	- / 100	2000 / 300
Кут огляду за азимутом, град	360	360	360	300
Кут огляду за кутом місця, град	+/- 30	+/- 24	-	+/- 9
Швидкість огляду за азимутом, град/с	36	30	36	-
Маса станції, кг	3630	2700	-	900
Розміри антени (Д × Ш), м × м	7,3 × 1,5	7,4 × 0,8	-	9,75 × 0,78

 - РЛС сучасних літаків,  - РЛС новітніх літаків.

З аналізу наведених характеристик слідує, що РЛС новітніх та перспективних літаків ДРЛВУ здебільшого працюють у L та S-діапазонах частот (1 ... 4 ГГц), мають максимальну дальність виявлення цілей 500 ... 600 км, максимальну кількість виявлених повітряних цілей біля 3000 та супроводжуваних – біля 300, кут огляду за азимутом 300 ... 360°, час повного сканування простору 9 ... 10 с, масу – до 1000 кг.

З зазначеного можна зробити висновок, що ТТХ РЛС новітніх літаків ДРЛВУ щодо кількості і дальності виявлених цілей майже не відрізняються від аналогічних ТТХ літаків ДРЛВУ, що зараз знаходяться на озброєнні багатьох країн. Разом з тим, основними характерними рисами РЛС новітніх літаків ДРЛВУ є: багатофункціональність, можливість, завдяки використанню АФАР, ведення “секторного” огляду з підвищеною дальністю виявлення на найбільш важливих (небезпечних) напрямках, можливість забезпечення високої швидкості сканування простору, покращені характеристики обробки сигналів. Також характерним для новітніх РЛС літаків ДРЛВУ є використання сучасної елементної бази на основі комерційно доступних компонентів [4] та модульної уніфікованої відкритої архітектури обчислювальних програмно-апаратних засобів, що надає можливість суттєво покращити швидкість обробки інформації, покращити масогабаритні та есплуатаційні характеристики.

Досягнення останніх років в області розробки надвисокочастотних (НВЧ) пристроїв та швидкодіючих монокристалічних цифрових процесорів дають змогу передбачати, що мабутнім напрямком удосконалення РЛС літаків ДРЛВУ може стати використання цифрових АФАР [4], які дозволять в реальному масштабі часу оперувати амплітудно-фазовим розподілом в межах апертури антени, що, в свою чергу, забезпечить покращення показників завадостійкості, точність визначення

параметрів цілей, надасть змогу введення додаткових режимів. До того ж, застосування зазначених науково-технічних досягнень безумовно покращить масогабаритні та експлуатаційні характеристики РЛС.

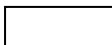

Важливою складовою підсистеми виявлення, що забезпечує отримання розвідувальної інформації літаками ДРЛВУ, є станції радіо- і радіотехнічної розвідки.

Основні ТТХ деяких сучасних та новітніх станцій Р і РТР літаків ДРЛВУ наведено в таблиці 3 [3, 4, 6].

Таблиця 3

Основні ТТХ деяких станцій Р і РТР літаків ДРЛВУ

Характеристика \ Система	AN/AYR-1 (E-3C)	AN/ALR-73 (E-2C)	PHALCON	SAAB S-100B "Argus"
Частотний діапазон, ГГц	2 ... 18	0,5 ... 18	0,5 ... 40	0,5 ... 18 (40)
Розрізнявальна здатність за частотою, МГц	3 ... 6	-	0,1 ... 1	0,1 ... 1
Зона огляду за азимутом, °	360	360	360	360
Точність пеленгування ДРВ, °	0,5 ... 3	2	2	2
Точність вимірювання тривалості імпульсів, мкс	0,1	-	0,05	-
Межі вимірювання періоду повторення імпульсів, мкс	0,1 ... 99,9	-	>1	-
Динамічний діапазон по входних сигналах, дБ	60	-	50	-
Дальність дії, км	600	500	500	400
Обсяг бази даних джерел радіовипромінювання, шт.	500	300	500	2000
Спроможність ведення радіорозвідки	так	-	так	так

 - станції РТР сучасних літаків,  станції РТР новітніх літаків.

З аналізу наведених даних видно, що в новітніх та перспективних станціях Р і РТР у порівнянні з аналогічними системами, що знаходяться на озброєнні з 90-х років минулого сторіччя збільшився частотний діапазон сигналів, що приймаються з 2 ... 18 ГГц до 0,5 ... 40 ГГц, суттєво покращилась розрізнявальна здатність за частотою, в окремих випадках покращилась точність вимірювання тривалості імпульсів до 0,05 мкс, збільшився обсяг бази даних джерел радіовипромінювання. Що стосується таких характеристик, як точність пеленгування, динамічний діапазон сигналів, що приймаються та дальність дії - їх значення у порівнянні зі станціями більш ранньої розробки майже не змінилися.

Основними рисами станцій Р і РТР новітніх та перспективних літаків ДРЛВУ є: практично повна автоматизація процесів управління збором, обробкою та класифікацією сигналів джерел радіовипромінювання (ДРВ), універсалізація та стандартизація архітектури складових частин (незалежно від варіанту базування та видової належності станції), збільшення надійності, зменшення масогабаритних показників та електроспоживання [7]. Окрім того, ведуться роботи щодо

покращення технічних характеристик та розширення функціональних можливостей станцій Р і РТР, насамперед, за рахунок покращення методів обробки сигналів. Так новітні зразки станцій Р і РТР здатні перехоплювати і обробляти складні сигнали, наприклад сигнали з псевдовипадковим перестроюванням радіочастоти (ППРЧ).

Склад та основні характеристики систем передачі даних новітніх та перспективних літаків ДРЛВУ наведено в таблиці 4 [3, 4, 5].

Таблиця 4

Склад та основні характеристики систем зв'язку та передачі даних сучасних та новітніх літаків ДРЛВУ

Область частот	Діапазон частот, МГц			Кількість радіостанцій			Дальність зв'язку, км			Вид зв'язку
	Е-3С "Sentry"	PHAL-CON	SAAB S-100B "Argus"	Е-3С "Sentry"	PHAL-CON	SAAB S-100B "Argus"	Е-3С "Sentry"	PHAL-CON	SAAB S-100B "Argus"	
КХ	2...30	2...30	2...30	-	1	-		> 1000		Відкрита та закрита телефонна
УКХ-МВ	108...174	108...174	108...174	-	10	4	-	400	370	Відкрита та закрита телефонна, телекодова (64 кбіт/с)
УКХ-ДМВ	225...400	225...400	225...400	-			-			
СВЧ-СМ	969...1206	4500...5000	4500...5000	-	2	2	-	350	300	Відкрита та закрита телефонна, телекодова ширококутова (64 кбіт/с)
Супутникова	12000...14000	12000...14000	12000...14000	-	1	1		Не обмежена		Відкрита та закрита телефонна, телекодова ширококутова (64 кбіт/с)

- засоби зв'язку сучасних літаків, - засоби зв'язку новітніх літаків.

З наведених характеристики видно, що засоби зв'язку та передачі даних новітніх та перспективних літаків ДРЛВУ включають до свого складу:

1 .. 2 радіостанції КХ-діапазону (для ведення зв'язку та передачі даних на дальностях до 1000 км);

до 10 (за кількістю робочих місць) УКХ-радіостанцій МВ-, ДМВ- діапазонів (для відкритої та закритої телефонії та передачі даних);

радіостанції сантиметрового діапазону 4,5 ... 5 ГГц (для ширококутової високошвидкісної передачі даних);

радіостанція супутникового зв'язку Ku-діапазону 12 ... 14 ГГц (для ширококугової високошвидкісної передачі даних на необмежену відстань).

Основними тенденціями розвитку засобів зв'язку та передачі даних літаків ДРЛВУ є підвищення показників прихованості та звадозахищеності, а також збільшення швидкості передачі інформації.

Реалізація зазначених тенденцій досягається шляхом застосування складних надширококугових сигналів (наприклад, складних шумоподібних сигналів на основі М-последовностей) з постійною спектральною щільністю в межах активної ширини спектру, амплітудно-маніпульованих (АМ), частотно-маніпульованих (ЧМ) та фазо-кодо-маніпульованих (ФКМ) сигналів з ППРЧ, використанням алгоритмів криптистойкого та завадостійкого кодування, перехід на передачу даних ширококуговими каналами НВЧ-зв'язку С-діапазону (4 ... 5 ГГц), на відміну від ширококугових систем L-діапазону, що використовувались раніше [4].

Таким чином, основними складовими комплексів спеціалізованого БРЕО більшості сучасних та перспективних літаків ДРЛВУ є такі підсистеми: виявлення повітряних та наземних (надводних) цілей, обробки і відображення інформації, індикації та управління, передачі даних та зв'язку. Зазначені підсистеми інформаційно та функціонально пов'язані з підсистемами загальнолітакового БРЕО, а саме: підсистемою навігації, посадки, управління повітряним рухом та підсистемою радіоелектронної протидії.

Загальною тенденцією для усіх складових комплексу спеціалізованого БРЕО новітніх та перспективних літаків ДРЛВУ [8] є використання уніфікованого програмно-апаратного забезпечення, побудованого на основі модульної відкритої архітектури з широким використанням комерційно доступних компонентів, що, в свою чергу, забезпечує зменшення масо-габаритних параметрів, покращення експлуатаційних показників, спрощує подальшу модернізацію комплексів, робить їх більш експортно-привабливими.

Основними тенденціями розвитку багаторежимних РЛС літаків ДРЛВУ [8] є, насамперед, використання нерухомих активних фазованих антенних решіток з повністю електронним способом сканування, введення додаткових режимів огляду і супроводження цілей, покращення характеристик обробки сигналів.

Розвиток станцій Р і РТР літаків ДРЛВУ [8] проходить, здебільшого, за такими основними напрямками, як: розширення частотного діапазону сигналів, що приймаються до 0,5 ... 40 ГГц, покращення часових характеристик обробки сигналів, автоматизація процесів управління збором, обробкою та класифікацією сигналів ДРВ, розширення бази даних характеристик ДРВ, а також забезпечення перехоплення та обробки складних ширококугових сигналів.

При розробці сучасних засобів зв'язку та передачі даних літаків ДРЛВУ основна увага приділяється підвищенню показників прихованості та звадозахищеності, а також збільшенню швидкості передачі інформації, що досягається шляхом застосування складних надширококугових сигналів, підвищенням несучої частоти та розширенням частотного діапазону НВЧ каналів передачі даних до 4,5 ... 5 ГГц, застосуванням покращених алгоритмів криптистойкого та завадостійкого кодування сигналів [8].

Представляється доцільним при прийнятті рішення щодо можливості закупівлі

або розроблення літака ДРЛВУ для потреб Збройних Сил України врахувати зазначені вище основні напрямки та тенденції розвитку бортових комплексів літаків даного виду.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гриб Д.А. Деякі аспекти можливого використання авіаційних комплексів дальнього радіолокаційного виявлення та управління у Збройних Силах України / Гриб Д.А., Лещенко С.П., Климченко В.Й., Камалтинов Г.Г., Колеснік О.М. // Наука і оборона. – 2013. – Вип. № 1. – С. 64 – 72.
2. Уголок неба. Современные самолеты ДРЛО и ВКП. [Электронный ресурс] / Авиационная энциклопедия. – Режим доступа: <http://www.airwar.ru>.
3. Меньшаков Ю.К. Виды и средства иностранных технических разведок: учеб. пособие / Меньшаков Ю.К.; под ред. М.П. Сычева – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 656 с.
4. Верба В.С. Авиационные комплексы радиолокационного дозора и наведения / Верба В.С. – М.: Радиотехника, 2008. – 432 с.
5. Бобков А. Авиационные средства дальнего радиолокационного обнаружения и управления иностранных государств // Зарубежное военное обозрение. – 2006. – № 5. – С. 45 – 50.
6. Копп С. AEW&C - Phased Array Technology / Копп С. // Air power Australia. Australia's independent defence think tank – 2005. – Parts 1 & 2.
7. Максименков В. Современные наземные средства радиотехнической разведки иностранных государств // Зарубежное военное обозрение. – 2013. – № 6. – С. 51 – 57.
8. Актуальні проблеми розвитку авіаційної техніки. Тези доповідей та виступів. (Київ, ДНДІА, 27 червня 2013р.) – Київ, 2013. – С.107.

Надійшла до редакції 15.10.2013