

# Літальні апарати: аеродинаміка, силові установки, обладнання, озброєння та застосування

УДК 681.3

DOI: 10.30748/zhups.2018.55.07

К.В. Денісевич, Е.М. Рибалко, П.К. Дімітров, Є.М. Мукусій, М.І. Фуфаєв

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## СУЧАСНІ БОРТОВІ РАДІОЛОКАЦІЙНІ ПРИЦІЛЬНІ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОННОГО СКАНУВАННЯ ПРОСТОРУ

У даній статті розглянуті особливості використання авіаційного компонента Збройних Сил в умовах сучасного збройного протистояння. Визначено основні напрямки використання бортових радіолокаційних станцій при веденні бойових дій. Для забезпечення вимог в бортових РЛС використовуються фазовані антенні решітки з електронним скануванням простору. Сформульовано основні вимоги для сучасних авіаційних радарів. Наведено переваги використання бортових радіолокаторів з фазованими антенними решітками. Розглянуто принципи функціонування пасивних і активних фазованих антенних решіток. Проаналізовано сучасні бортові радіолокатори з фазованими антенними решітками, які встановлюються саме на серійних бойових літальних апаратах. AN/APG-77 виробництва США, серійно встановлюються на літаках F-22 Raptor.

**Ключові слова:** бортові радіолокаційні системи, активні фазовані антенні решітки, пасивні фазовані антенні решітки, електронне сканування променя.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Успіх ведення бойових дій на пряму залежить від технічного оснащення підрозділів які приймають участь у збройному протистоянні. 20 та 21 сторіччя характеризується різким розвитком озброєння та військової техніки. Це обумовлено розвитком науки, а саме відкриттям нових фізичних явищ, розвитком технологій машинобудування, появою цифрових обчислювальних машин великих потужностей [1–3].

Такий процес не оминув і військову авіацію. Авіаційний компонент на сьогоднішній день являється основною ударною потужністю Збройних Сил, який дозволяє завдавати великих матеріальних та людських втрат противнику на великих відстанях без безпосереднього зіткнення з ним. Враховуючи ці фактори розвиток сучасної військової авіації характеризується розробкою нових та модернізацією існуючих систем управління озброєнням літальних апаратів [4–7].

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** Серед систем управління озброєнням літальних апаратів основними засобами технічного супроводження ведення бойових дій авіацією є бортові радіолокаційні системи та комплекси, які дозволяють вирішувати цілу низку завдань, серед яких основними є наступні [8–9]:

– виявлення та супроводження цілей з одночасним вимірюванням їх характеристик (як у повітрі так і на поверхні);

– видачу цілевказівок для авіаційних засобів ураження;

– визначення державної належності виявлених об'єктів;

– формування радіолокаційного зображення поверхні над літальним апаратом (картографування місцевості);

– інформаційне забезпечення маловисотного польоту.

– виявлення та оцінка метеоутворень.

Проблемні сторони розробки бортових радіолокаційних комплексів обумовлені особливостями використання таких комплексів при веденні бойових дій. Всебічний аналіз застосування бойової авіації в зоні ведення Антитерористичної операції, а також досвід ведення бойових дій в інших збройних конфліктах дозволяє сформулювати вимоги до сучасних бортових радіолокаційних комплексів. Сучасні бортові радіолокатори повинні задовольняти наступні основні вимоги [10–11]:

– забезпечення стійкого одночасного виявлення великої кількості (до 50 шт.) повітряних цілей на великих відстанях;

– можливість одночасного супроводження та виміру параметрів до десяти повітряних цілей;

– забезпечення одночасного використання авіаційних засобів ураження по декільком повітряним і наземним цілям;

– забезпечення функціонування комплексу в умовах активної протидії радіоелектронної боротьби противника.

Актуальним напрямком забезпечення таких вимог є оснащення сучасних бойових літаків бортовими радіолокаторами з електронним скануванням простору або фазованими антенними решітками (ФАР). На відміну від радіолокаторів з механічним відхиленням антени, ФАР характеризуються наступними перевагами [9; 12]:

- можливість формування декількох променів діаграми спрямованості;
- відсутність електромеханічних вузлів відхилення антенного дзеркала;
- компактні розміри;
- знижене енергоспоживання.

**Мета статті** – аналіз особливостей використання бортових радіолокаційних прицільних систем з технологіями електронного сканування простору, а саме ФАР в сучасних бортових радіолокаційних комплексах.

### Виклад основного матеріалу

Принцип функціонування ФАР заснований на ефекті інтерференції електромагнітних хвиль. ФАР забезпечує формування одного або декількох променів діаграми спрямованості, які рухаються в одній чи двох площинах. На ранніх етапах розвитку ФАР уявляли собою пасивні прилади, які мали один випромінювач та набір фазообертачів (рис. 1) [1–2].

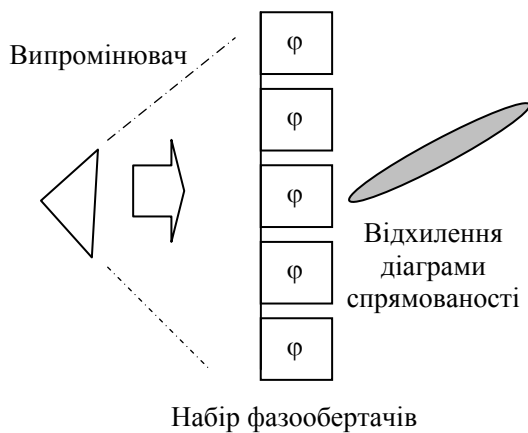


Рис. 1. Схема пасивної ФАР

Зміна розподілу фаз сигналів, які з'явилися в наслідок проходження сигналу з випромінювача через набір фазообертачів дозволяють сформувати промінь діаграми спрямованості у заданому напрямку [2].

Але найбільше поширення отримали саме активні фазовані антенні решітки (рис. 2).

Антенна уявляє собою лінійку випромінювачів, які на малюнку умовно представлені в якості рупорних антен. Вхід кожної антени з'єднаний з передавачем, приймачем або іншим пристроєм. Між входом антени та випромінювачем розташований фазовий обертач. Кожен фазовий обертач керується від єдиного пристрою і як наслідок формується необ-

хідне розподілення фаз на випромінювачах. На рис. 2 відображено фазовий фронт, розташований під кутом  $\alpha$  по відношенню до площини випромінювачів. Головний промінь діаграми спрямованості формується вздовж нормалі антени, або в нашому випадку до нормалі фазового фронту. Таким чином промінь діаграми спрямованості відхиляється від осі симетрії антени також на кут  $\alpha$ .

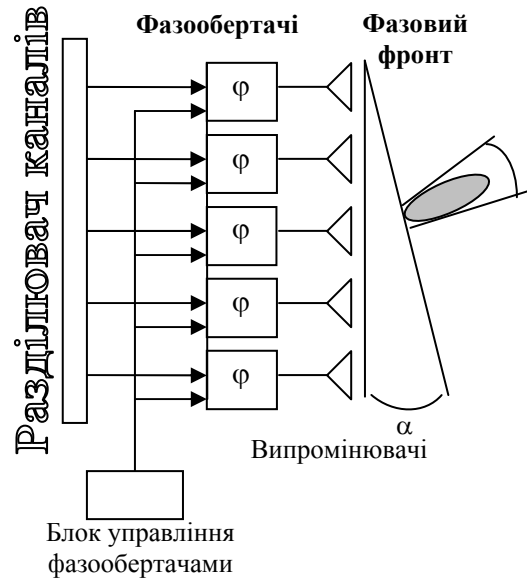


Рис. 2. Схема активної ФАР

Сучасні ФАР, які використовуються в бортових радіоелектронних комплексах мають складну побудову, яка обумовлена великою кількістю активних елементів. Активний елемент включає в себе випромінювач, фазообертач та кола керування фазообертачем. В свою чергу фазообертачі можуть бути або аналогові або напівпровідникові. Для прикладу розрахуємо кількість активних елементів ФАР, яка необхідна для відхилення променя антени на кут  $\alpha = \pm 60^\circ$ .

Розглянемо решітку у вигляді лінійки елементів кількістю  $N$ . Враховуючи закони дифракції електромагнітних хвиль ширина діаграми спрямованості антени  $\gamma$  розраховується як відношення довжини хвилі  $\lambda$  на лінійний розмір антени  $L$  (лінійки активних елементів):

$$\gamma = \frac{\lambda}{L} \quad (1)$$

Розрахуємо сектор відхилення променя антени  $\Delta\alpha$ . Для однозначності визначення положення променя антени необхідно виконання умови, коли різниця фаз між сусідніми елементами змінювалась в межах  $\pm\pi$ . Тоді для відхилення променя на кут  $\Delta\alpha$  необхідно забезпечити наступний зсув фаз  $\Delta\varphi$  між сусідніми елементами антени [1–2]:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \Delta\alpha, \quad (2)$$

де  $d$  – відстань між сусідніми елементами антени.

Враховуючи можливі значення зсуву фаз на сусідніх елементах перепишемо вираз (2) для граничних кутів відхилу антени  $\Delta\alpha_{\text{лев}}$  та  $\Delta\alpha_{\text{прав}}$  [1–2]:

$$\Delta\alpha_{\text{min}} = -\arcsin\left(\frac{\lambda}{2d}\right)$$

та

$$\Delta\alpha_{\text{max}} = \arcsin\left(\frac{\lambda}{2d}\right).$$

Тоді сектор відхилу променя антени  $\Delta\alpha$  визначатиметься на основі виразу

$$\Delta\alpha = \Delta\alpha_{\text{max}} - \Delta\alpha_{\text{min}} = 2 \arcsin\left(\frac{\lambda}{2d}\right),$$

або у випадку, коли  $d \gg \lambda$

$$\Delta\alpha = \frac{\lambda}{d}.$$

Розрахуємо кількість  $N$  активних елементів в лінійки антени, як відношення сектору кутіння променя антени до ширини променя  $\gamma = 1^\circ$ :

$$N = \frac{\Delta\alpha}{\gamma} = \frac{L}{d} = 120. \quad (3)$$

Із аналізу виразу (3) можна зробити висновок, що конструкція лінійки елементів є достатньо складною [1–2]. Якщо врахувати, що для забезпечення функціонування ФАР необхідно забезпечити відхилення променя в двох площинах, кількість активних елементів значно збільшиться. В свою чергу, забезпечення необхідного зсуву фаз на обертах активних елементів вимагає високої продуктивності блоку управління. Така складність в розробці та виробництві авіаційних ФАР призводить до того, що не всі сучасні бойові літаки оснащуються бортовими радіолокаційними станціями з фазованими антенними решітками.

### Огляд існуючих БРЛС з фазованими антенними решітками

**Бортова радіолокаційна станція (БРЛС) «Заслон» (Н007) (рис. 3).** БРЛС «Заслон» уявляє собою імпульсно-доплерівський радар з пасивною фазованою антенною решіткою [6].

«Заслон» перша БРЛС з антенною решіткою, яка була встановлена на винищувачі (МиГ-31). Заявлена дальність виявлення цілей забезпечується на відстанях до 200 км. При цьому БРЛС здатна виявляти до 10 цілей з наведенням засобів ураження на 4 цілі одночасно.

Наступна модифікація «Заслон-М» з покращеними характеристиками вже здатна забезпечити одночасне стійке виявлення 24 цілей на дальностях до 400 км. При цьому кількість цілей для одночасного застосування засобів ураження складає 6 цілей.



Рис. 3. БРЛС «Заслон»

**Бортова радіолокаційна станція Н010 «Жук» (рис. 4).** БРЛС «Жук» – це сучасний авіаційний радар з фазованою антенною решіткою, який розроблений в Російській Федерації. Сімейство БРЛС «Жук» має декілька модифікацій, які встановлюються на літаках МиГ-29, МиГ-35 та Су-27.

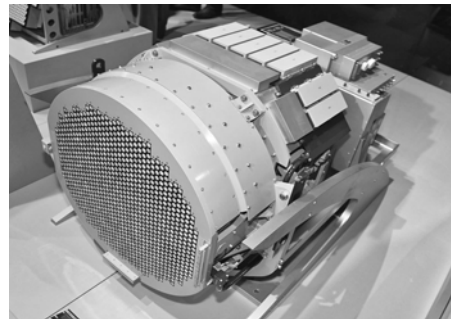


Рис. 4. БРЛС «Жук-МА»

Найкращими характеристиками володіє БРЛС «Жук-МА», яка має активну ФАР. Характеристики «Жу-МА» забезпечують одночасне виявлення 30 цілей та застосування засобів ураження по 8 цілям. Максимальна дальність виявлення складає 200 км.

**Бортова радіолокаційна станція Н011 «БАРС» (рис. 5).** БРЛС «Барс» уявляє собою локалатор з пасивною фазованою антенною решіткою з комплексним фазовим та гідромеханічним скануванням. Дана модель БРЛС розробляється у Російській федерації та експортується за кордон. Виробники «Барс» заявляють про переваги радіолокатора у порівнянні з закордонними зразками, а саме AN/APG-77, за розрізнявальною здатністю та продуктивністю.

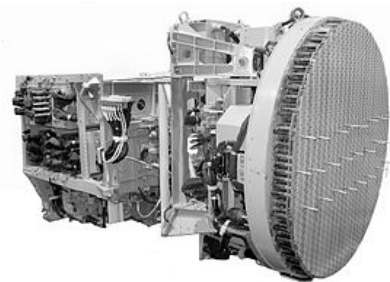


Рис. 5. БРЛС «БАРС»

Заявлені тактико-технічні характеристики забезпечують супроводження одночасно до 15 повітряних цілей. Застосування зброї можливо по 4 цілям. Дальність виявлення повітряної цілі типу «МиГ-29» складає 140 км. Максимальна розрізняльна здатність забезпечується на рівні 10 м. Імпульсна потужність передавача складає 4,5 кВт.

**Бортова радіолокаційна станція Н036 «Белка» (рис. 6).** БРЛС «Белка» уявляє собою малогабаритну авіаційну радіолокаційну станцію з активною фазованою решіткою для перспективних літаків п'ятого покоління російського виробництва.

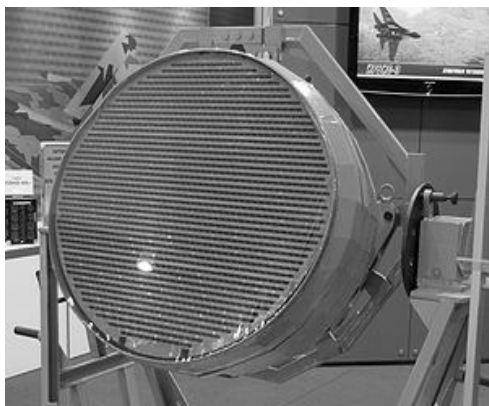


Рис. 6. БРЛС «БАРС»

До склад радіолокаційного комплексу входять:

- антена система фронтального огляду;
- антена система бічного огляду;
- антенні системи на кінцівках крила.

Більша частина характеристик захищається невідомою. Передбачається, що дальність виявлення повітряних цілей з ефективною площею розсіювання (ЕПР) 1м<sup>2</sup> складатиме 400 м., кількість повітряних цілей, які виявляються одночасно складає 16 цілей. Інші тактико-технічні характеристики поки що є недоступними до широкого кола користувачів.

**Бортова радіолокаційна станція «AN/APG-77» (рис. 7).** БРЛС AN/APG-77 виробництва США є сучасним авіаційним радаром який встановлюється на літаку 5 покоління F-22 Raptor [6].



Рис. 7. БРЛС AN/APG-77

На сьогоднішній день AN/APG-77 є флагманом серед авіаційних БРЛС з активною фазованою антенною решіткою (АФАР). AN/APG-77 забезпечує виявлення цілей з мінімальним ЕПР на відстанях до 500 км. При цьому під час сканування простору відбувається псевдовипадкова зміна частоти сигналу (до 1000 раз на секунду). БРЛС забезпечує одночасне виявлення 100 цілей з можливістю застосування озброєння по 20 цілям.

**Бортова радіолокаційна станція Ш-141Э (рис. 8).** БРЛС Ш-141Э встановлюється на фронтальному бомбардувальнику Су-24 виробництва Російської Федерації. Ш-141Э дозволяє вирішувати задачу одночасного виявлення та супроводження до 10 повітряних, наземних, а також морських цілей на відстанях до 140 км [6].

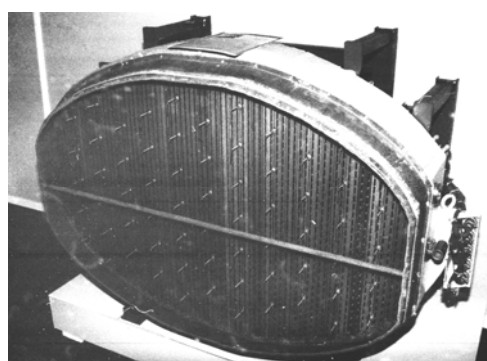


Рис. 8. БРЛС «Ш-141Е»

Одночасно застосовувати озброєння дозволяється по 4 цілям. БРЛС Ш-141Э функціонує сумісно з бортовим оптико-навігаційним комплексом.

**Бортова радіолокаційна станція «AN/APG-68» (рис. 9).** БРЛС AN/APG-68 виробництва компанії Northrop Grumman США розроблена для заміни застарілих БРЛС AN/APG-66 літаків F-16. є сучасним авіаційним радаром який встановлюється на літаку 5 покоління F-22 Raptor [6]. AN/APG-68 забезпечує роботу у 25 режимах, у тому числі, картографування поверхні.

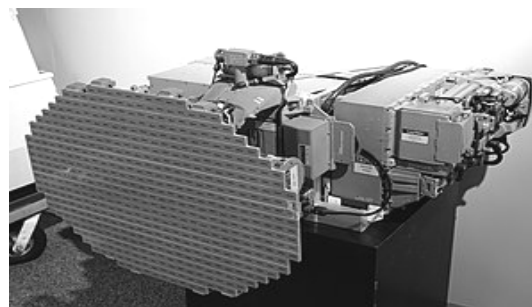


Рис. 9. БРЛС AN/APG-68

Заявлені тактико-технічні характеристики забезпечують виявлення цілей на дальності до 250 км. Зона огляду РЛС складає 120° по азимуту та куту місця. Потужність випромінювання у імпульсному режимі забезпечується на рівні 5,6 кВт.

**Бортова радіолокаційна станція Н035 «ІРБИС-Э» (рис. 10).**



Рис. 10. БРЛС «Ірбис-Э»

БРЛС «Ірбис-Э» уявляє собою авіаційний радар з пасивною ФАР, який розроблений для літака Су-35. На «Ірбис-Э» реалізовано сумісне використання механічного та електронного відхилення променя діаграми спрямованості, що забезпечує додаткові сектори сканування. Гарантоване виявлення цілей з ЕПР  $3 \text{ м}^2$  на відстанях до 200 м. «Ірбис-Э» забезпечує одночасне виявлення до 30 цілей. При цьому у разі використання засобів ураження з пасивною головкою самонаведення забезпечується одночасне застосування зброї по 2 цілям (видача цільовказівок), а при використанні активних головок самонаведення – до 8 цілей.

**Радіолокаційний прицільний комплекс (РЛПК) з ФАР «Оса».** РЛПК «Оса» за допомогою ФАР забезпечує в режимі огляд одночасне супроводження до 8 та обстріл до 4 цілей при дальності дії 45–80 км [6].

РЛПК «Оса» з фазованою антенною решіткою, електронним скануванням і наведенням ракет з активними, напівактивними та тепловими головками самонаведення, в конусі з кутом  $120^\circ$  здатен супроводжувати одночасно 8 цілей і вести вогонь по 4 з них по всій кутовій зоні, а також поєднувати режими роботи каналів «повітря-повітря» і «повітря-поверхня». Встанов-

люється на легкі винищувачі типу МиГ-21, МиГ-АТ, Як-130, МиГ-29УБТ та ін. [6].

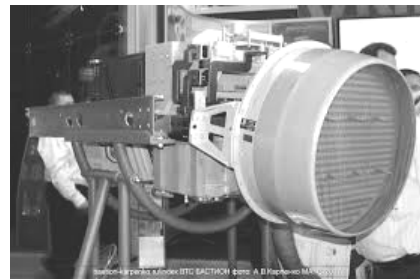


Рис. 11. РЛПК «Оса»

## Висновки

В статті проаналізовані вимоги до сучасних бортових радіолокаційних станцій. В сучасних умовах ведення бойових дій авіаційні радари повинні забезпечувати стійке виявлення повітряних цілей на великих відстанях. При цьому важливою характеристикою є кількість цілей для одночасного застосування авіаційних засобів ураження в умовах активної протидії підрозділів РЕБ противника.

Для забезпечення вимог в бортових РЛС використовуються фазовані антенні решітки з електронним скануванням простору. У порівнянні з радаром з механічним відхиленням променя, ФАР володіють покращеними характеристиками відносно дальності виявлення і одночасного супроводження цілей. Недоліками таких систем є складність конструкції, а відповідно і висока ціна виробництва.

Розглянуто сучасні бортові радіолокаційні станції, які оснащені фазованими антенними решітками. З аналізу існуючих моделей БРЛС можна зробити висновок, що серед сучасних радарів найкращими показниками володіють БРЛС з активними фазованими решітками, а саме AN/APG-77 виробництва США, які серійно встановлюються на літаках F-22 Raptor.

## Список літератури

1. Оцінка ефективності подолання протиповітряної оборони противника підрозділом винищувальної авіації в умовах проведення АТО / А.М. Алімпієв, О.С. Месь, В.О. Ворошилов, М.Ю. Устименко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 2. – С. 7-9.
2. Алімпієв А.М. Особливості гібридної війни РФ проти України. Досвід, що отриманий Повітряними Силами Збройних Сил України / А.М. Алімпієв, Г.В. Певцов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2. – С. 19-25. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.03>
3. Герасимов С.В. Synthesis method of the optimum structure of the procedure for the control of the technical status of complex systems and complexes / С.В. Герасимов, О.І. Тимочко, С.І. Хмелевський // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2017. – Вип. 4. – С. 148-152.
4. Асавалюк А.В. Похибки визначення повного вектора швидкості в єдиній прямокутній системі координат системою оглядових станцій радіолокації з різною точністю / А.В. Асавалюк, С.В. Герасимов, Є.С. Рошупкін // Системи озброєння і військова техніка. – 2017. – № 2. – С. 53-56.
5. Вендик О.Г. Антенны с электрическим сканированием. Введение в теорию / О.Г. Вендик, М.Д. Парнес; под ред. Л.Д. Бахраха. – М.: Советское Радио, 2001. – 250 с.
6. Вендик О.Г. Фазированная антенная решетка глаза радиотехнической системы / О.Г. Вендик // Соросский образовательный журнал. – 1997. – № 2. – С. 115-120.
7. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: учебн. / Д.М. Сазонов. – М.: Высшая школа, 1988. – 432 с.

8. Климаш М.М. Проекування ефективних систем безпроводного зв'язку / М.М. Климаш, В.О. Пелішок. – Львів: НВВД УАД, 2010. – 224 с.: іл.
9. Седишев Ю.М. Радіоелектронні системи: навч. посіб. / за ред. Ю.М. Седишева. – Х.: ХУПС, 2010.
10. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://bastion-karpenko.ru/guk-a/>
11. Кудин В.П. // Докл. БГУИР. – 2005. – Т. 3, № 1. – С. 43-47.
12. Воскресенский Д.И. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток / Воскресенский Д.И., Степаненко В.И., Филиппов В.С. и др.: под ред. Д.И. Воскресенского. – М., 2003.

## References

1. Alimpiiev, A.M., Mes', O.S., Voroshilov, V.O. and Ustimenko, M.Ju. (2017), "Ocinka effektivnosti podolannja protivitranjanoi oboroni protivnika pidrozdzilom vinishhuval'noi aviacii v umovah provedennja ATO" [Evaluation of the effectiveness of overcoming enemy air defenses by the fighter aviation subdivision in the context of conducting ATO], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, pp. 7-9.
2. Alimpiiev, A.M. and Pievtsov, G.V. (2017) "Osoblivosti gibridnoi vijnji RF proti Ukraïni. Dosvid, shho otrimani j Povitrtjanimi Silami Zbrojnih Sil Ukraïni" [Features of the hybrid war of the Russian Federation against Ukraine. The experience gained by the Air Force of the Armed Forces of Ukraine], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2. pp. 19-25. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.03>
3. Gerasimov, S.V., Timochko, O.I. and Khmelevskiy, S.I. (2017), Synthesis method of the optimum structure of the procedure for the control of the technical status of complex systems and complexes, *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 4. pp. 148-152/
4. Asavaliuk, A.V., Gerasimov, S.V. and Roshchupkin, Ye.S. (2017), "Pohibki viznachennja povnogo vektora shvidkosti v yedinij prjamokutnij sistemi koordinat sistemoju ogljadovih stancij radiolokacii s riznoju tochnistju" [Errors in determining the complete velocity vector in a single rectangular coordinate system by a system of overview radar stations with different accuracy], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 2. pp. 53-56.
5. Vendyk, O.G. and Parnes, M.D. (2001), "Antenny s jelektricheskim skanirovaniem. Vvedenie v teoriju" [Antennas with electrical scan. Introduction to theory], Sovetskoe Radio, Moscow, 250 p.
6. Vendyk, O.G. (1997), "Fazirovannaja antennaja reshetka glaza radiotekhnicheskoi sistemy" [Phase array antenna array of radio systems], *Sorovskij obrazovatel'nyj zhurnal*, No. 2. pp. 115-120.
7. Sazonov, D.M., (1988), "Anteny i ustroistva SVCh" [Antennas and microwave devices], Vysshaja shkola, Moscow, 432 p.
8. Klymash, M.M. and Pelishok, V.O. (2010), "Proektivannja effektivnih sistem bezprovodnogo zv'jazku" [Designing effective wireless communication systems], L'viv, 224 p.
9. Sedyshev, J.M. (2010), "Radioelektronni sistemi" [Radio electronic systems], Kharkiv.
10. [www.bastion-karpenko.ru/guk-a/](http://www.bastion-karpenko.ru/guk-a/)
11. Kudyn, V.P. (2005), Dokl. BGUIR, T. 3, No. 1. pp. 43-47.
12. Voskresenskiy, D.I., Stepanenko, V.I. and Filippov, V.S. (2003), "Ustroistva SVCh i anteny. Proektirovanie fazirovannyh antennyh reshetok" [Microwave and antenna devices. Design of phased array antennas], Moscow.

Надійшла до редколегії 11.12.2017

Схвалена до друку 16.01.2018

### Відомості про авторів:

#### Денісевич Карина Василівна

курсант Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-4048-9352>  
e-mail: denisevich\_karina@mail.ua

#### Рибалко Емма Магеррамівна

курсант Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-8594-3264>  
e-mail: Emma.rybalko.95@bk.ru

#### Дімітров Павло Кирилович

курсант Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-4322-5010>  
e-mail: shuraq@icloud.com

### Information about the authors:

#### Karina Denisevich

Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-4048-9352>  
e-mail: denisevich\_karina@mail.ua

#### Emma Rybalko

Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-8594-3264>  
e-mail: Emma.rybalko.95@bk.ru

#### Pavlo Dimitrov

Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-4322-5010>  
e-mail: shuraq@icloud.com

**Мукусій Єгор Миколайович**

курсант Харківського національного  
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-3074-7303>  
e-mail: medved3007225@gmail.com

**Yegor Mukusii**

Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-3074-7303>  
e-mail: medved3007225@gmail.com

**Фуфаєв Микола Ігоревич**

курсант Харківського національного  
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2123-0919>  
e-mail: fufaev96@gmail.com

**Mykola Fufaev**

Cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2123-0919>  
e-mail: fufaev96@gmail.com

**СОВРЕМЕННЫЕ БОРТОВЫЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ПРИЦЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОГО СКАНИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВА**

К.В. Денісевич, Е.М. Рибалко, П.К. Дімітров, Є.М. Мукусій, М.І. Фуфаєв

*В данной статье рассмотрены особенности использования авиационного компонента Вооруженных Сил в условиях современного вооруженного противостояния. Определены основные направления использования бортовых радиолокационных станций при ведении боевых действий. Для обеспечения требований в бортовых РЛС используются фазированные антенные решетки с электронным сканированием пространства. Сформулированы основные требования для современных авиационных радаров. Приведены преимущества использования бортовых радиолокаторов с фазированными антенными решетками. Рассмотрены принципы функционирования пассивных и активных фазированных антенных решеток. Проанализированы современные бортовые радиолокаторы с фазированными антенными решетками, которые устанавливаются именно на серийных боевых летательных аппаратах. AN/APG-77 производства США, серийно устанавливаются на самолетах F-22 Raptor..*

**Ключевые слова:** бортовые радиолокационные системы, активные фазированные антенные решетки, пассивные фазированные антенные решетки, электронное сканирование луча.

**MODERN ONBOARD RADAR SIGHTING SYSTEM USING THE TECHNOLOGY  
OF ELECTRONIC SCANNING OF THE SPACE**

K. Denisevich, E. Rybalko, P. Dimitrov, E. Mukusiy, M. Fufaev

*In this article, the peculiarities of using the aviation component of the Armed Forces in conditions of modern armed confrontation are considered. Taking into account these factors, the development of modern military aircraft is characterized by the development of new and modernization of existing weapons control systems for aircrafts. In order to meet the requirements of on-board radar, phase antenna arrays are used with electronic scanning of space. There are considered features of using the aviation component of Armed Forces in a modern armed confrontation in this article. The main directions of the use of airborne radar stations in the conduct of hostilities are determined. The basic requirements for modern aviation radars are formulated. The advantages of using on-board radars with phased array antennas are given. The principles of functioning of passive and active phased antenna arrays are considered. There are analyzed modern on-board radars with phased array antennas, which are installed on serial combat aircraft. From the analysis of existing models of the radar, we can conclude that among the modern radars the best indicators are the radar with active phased arrays. US AN / APG-77, which are serially installed on the F-22 Raptor aircraft.*

**Keywords:** onboard radar systems, active phased array antennas, passive phased array antennas, electron beam scanning.