


DOI 10.36074/grail-of-science.07.05.2021.047

# ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ БАГАТОПОЗИЦІЙНИХ СИСТЕМ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ШЛЯХИ ЇЇ РОЗВ'ЯЗАННЯ

СЕКЦІЯ XVI. ЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ


НАУКОВО-ДОСЛІДНА ГРУПА:

Рощупкін Євген Сергійович 


кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
старший викладач кафедри  
*Харківський національний університет Повітряних Сил  
імені Івана Кожедуба, Україна*

Герасимов Сергій Вікторович 


доктор технічних наук, професор, заступник начальника кафедри  
*Харківський національний університет Повітряних Сил  
імені Івана Кожедуба, Україна*

Кукобко Сергій Вікторович 


кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
начальник науково-дослідного відділу  
*Державний науково-дослідний інститут випробування і сертифікації  
озброєння і військової техніки, Україна*

Джус Володимир Всеволодович 

кандидат технічних наук, доцент кафедри  
*Харківський національний університет Повітряних Сил  
імені Івана Кожедуба, Україна*

Таран Микита Віталійович 



магістрант кафедри  
*Харківський національний університет Повітряних Сил  
імені Івана Кожедуба, Україна*

Шулежко Василь Володимирович 

кандидат військових наук, доцент, начальник кафедри  
*Харківський національний університет Повітряних Сил  
імені Івана Кожедуба, Україна*

**Гайбадулов Борис Викторович** 

заступник начальника кафедри

*Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна***Калугін Денис Сергійович** кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії  
*Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна***Титаренко Роман Володимирович** 

викладач кафедри

*Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна*

**Анотація.** Розглянута проблема створення багатопозиційних систем інформаційного забезпечення. Наведено пропозиції щодо введення до складу багатопозиційних систем мобільних аеростатних радіотехнічних комплексів та розрахунку оптимальної конфігурації системи. Запропоновані технічні рішення щодо організації та контролю когерентного зв'язку між пунктами та удосконалення технічного обслуговування багатопозиційних систем.

**Ключові слова:** багатопозиційна система, вимірювальний сигнал, векторний аналізатор, когерентний зв'язок, конфігурація, коефіцієнт відбиття, мобільний аеростатний радіотехнічний комплекс, технічне обслуговування, експертна система.

**Постановка проблеми.** Аналіз досвіду проведення військових операцій останнього десятиріччя свідчить про суттєву залежність виконання завдань від інформаційного забезпечення підрозділів. Для отримання в реальному часі інформації протиборчі сторони широко використовують безпілотні літальні апарати (БПЛА), що показало необхідність своєчасного виявлення та вимірювання параметрів їх руху для оперативного та своєчасного "нейтралізації ворожих" та уникнення "помилкового знищення" своїх БПЛА. БПЛА в більшості випадків є аеродинамічними цілями з малою ефективною поверхнею розсіювання (ЕПР), рухаються по складній траєкторії з огинанням рельєфу місцевості та мінімізацією (уникненням) часу знаходження в зоні дій радіолокаційних станцій (РЛС) – при їх виявленні окремою РЛС часу знаходження в зоні її виявлення часто не достатньо для вимірювання потрібних параметрів руху та зав'язки траєкторії. Іншими проблемними питаннями є виявлення позицій противника, з яких здійснюються ракетні, артилерійські та мінометні обстріли, та визначення координат постановників активних перешкод (ПАП). Одним з шляхів розв'язання цих питань є використання багатопозиційних систем (БПС). При цьому постають проблеми визначення її конфігурації, обробки отриманої інформації, організації зв'язку між складовими, складнощі експлуатації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** БПС може бути створена шляхом поєднання як наземних засобів, так і засобів, що розташовані на мобільних аеростатних радіотехнічних комплексах (МАРК) [1-2]. В МАРК можливість підняття над земною поверхнею електричних центрів антен дозволяє істотно збільшити дальність прямої видимості, а маневрування в широкому діапазоні по висоті підняття та у просторі надають істотних переваг по створенню потрібної конфігурації електромагнітного поля (ЕМП) у порівнянні з РЛС, які розташовані на земній поверхні та вежах. Аналіз вимог до МАРК [3-4] та можливостей вітчизняних підприємств дозволяють зробити висновок про спроможність створення в Україні комплексів власного виробництва. В роботах [5-6] показано, що в БПС когерентна обробка прийнятих коливань є перспективною, але потребує наявності відповідних ліній зв'язку. Обробка інформації при об'єднанні результатів незалежних первинних вимірювань дозволяє оцінити параметри руху об'єктів, спростити вимоги до БПС [7-9], але веде до енергетичних втрат та суттєво ускладнює або унеможлиблює оцінку параметрів при випромінюванні ПАП вузькосмугових у просторово-часовому сенсі сигналів. В складних радіотехнічних системах від 40% до 90% часу, витраченого при технічному обслуговуванні (ТО), займають вимірювання параметрів, що викликає необхідність пошуку нових методів контролю та діагностування [10].

**Метою статті** є визначення основних шляхів створення та експлуатації багатопозиційних систем інформаційного забезпечення.

**Виклад основного матеріалу.** Конфігурація БПС залежить від розв'язуємих завдань (потрібного ЕМП), характеристик елементів (антенних систем), рельєфу підстилаючої поверхні та розташованих на неї об'єктів. Це потребує розрахунку ЕМП, що утворює БПС відповідної конфігурації, для вибору раціонального розташування її наявних елементів та (або) місць введення додаткових. З урахуванням потужностей ЕОМ, розрахунок ЕМП БПС доцільно здійснювати асимптотичним методом короткохвильової дифракції – методом фізичної оптики [11]. Пояснимо суть методу стосовно БПС. У якості моделей окремих антенних систем пропонується використовувати сукупність електричних диполів (ЕД), що створює ЕМП, еквівалентне полю кожної реальної антени у вільному просторі. Геометричне розташування ЕД та їх кількість  $N$  задане виходячи з геометричних параметрів антен, а амплітудно-фазовий розподіл (АФР) визначається за відомими діаграмами спрямованості (ДС) у вільному просторі. Поле в заданій множині точок  $M$  вільного простору в дальній зоні (ДЗ) антени може бути представлено суперпозицією полів ЕД:

$$\vec{E}_0^e(x_m, \vec{p}) = \sum_{i=1}^N \vec{E}_0^e(x_m | x_0^i, \vec{p}_i) \quad (1)$$

де  $\vec{E}_0^e(x_m, \vec{p})$  – відоме значення ЕМП в точці  $x_m$  ( $m = 1, M$ );

$\vec{E}_0^e(x_m | x_0^i, \vec{p}_i)$  – поле, породжуване в точці  $x_m$   $i$ -м ЕД з вектор-моментом  $\vec{p}_i$ , розташованим у точці  $x_0^i$ .

Вирішуючи складену таким чином систему рівнянь відносно вектор-моментів  $\vec{p}_i$  диполів, знаходимо АФР моделі. Поле  $i$ -го диполю:

$$\vec{E}_0^e(x_m | x_0^i, \vec{p}_i) \approx \Omega(k_0 | x_0^i) \cdot \vec{E}_0^e(x_m | \vec{R}_{im}^0, \vec{p}_i^\perp) \quad (2)$$

Права частина виразу (2) представляє собою комбінацію хвиль: сферичної

$$\Omega(k_0 | x_0^i) = \exp\{jk_0 | \vec{x}_0^i | \} \cdot | \vec{x}_0^i |^{-1}, \quad (3)$$

де  $\vec{x}_0^i$  – радіус-вектор точки розташування  $i$ -го диполю,  $i$  плоскої

$$\vec{E}_0^e(x_m | \vec{R}_{im}^0, \vec{p}_i^\perp) = k_0^2 \omega \sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}^{-1} \vec{p}_i^\perp \exp\{-jk_0(\vec{R}_{im}^0 \cdot \vec{x}_m)\}, \quad (4)$$

де  $\vec{R}_{im}^0$  – орт напрямку, що зв'язує  $m$ -у точку спостереження й точку розташування  $i$ -го диполю,

$\vec{p}_i^\perp = \vec{p}_i - \vec{R}_{im}^0 (\vec{R}_{im}^0 \cdot \vec{p}_i)$  – вектор поляризації плоскої хвилі, що поширюється в напрямку точки спостереження  $x_m$ .

Модель рельєфу підстилаючої поверхні є комбінацією моделей земної поверхні й штучних об'єктів на позиціях РЛС (в більшості випадків достатньо обмежитися першими зонами Френеля). Перша модель представляє собою набір апроксимованих аппликат земної поверхні у вузлах регулярної прямокутної сітки, що покриває цю область (рис. 1).

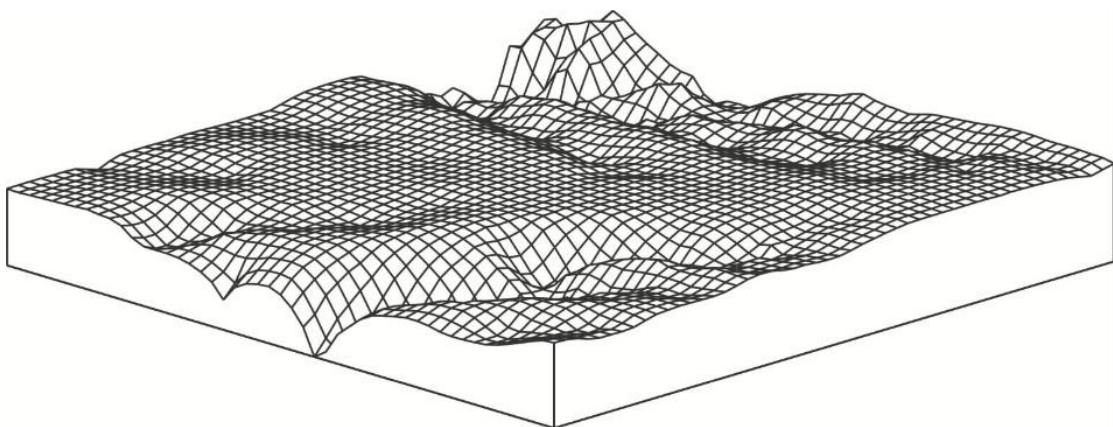


Рис. 1. Модель рельєфу земної поверхні

Моделі поверхні та штучних об'єктів (будинків, кабін РЛС) утворюються з плоских трикутних майданчиків, вершинами яких є вузли прямокутної сітки (рис. 2).

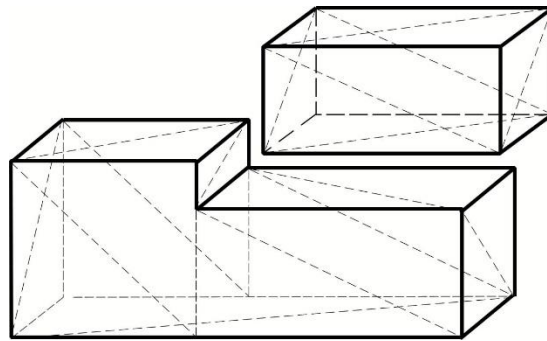


Рис. 2. Моделі штучних об'єктів, на позиції РЛС

Таким чином, для кожного  $k$ -го ЕД, що утворює модель антени РЛС і  $i$ -го елемента рельєфу вирішується завдання про розсіювання ЕМП, сумарне відбите поле в точках спостереження:

$$\vec{E}^{\text{pac}} = \sum_k \sum_i \vec{E}_{ik}^{\text{pac}} \quad (5)$$

У точках спостереження виконується підсумовування компонентів поля, створюваних прямою та відбитими хвилями з урахуванням амплітуд, фаз і поляризації. За результатами аналізу та порівнянь потрібного ЕМП та поля, що утворюється БПС, визначається оптимальна конфігурація системи.

В загальному випадку оптимальна просторово-часова обробка просторово когерентних сигналів в БПС може бути представлена у вигляді:

$$\Delta_{pk}(\Theta) = \left| \sum_{K_{pk}} \dot{Z}_i(\Theta) \right| \quad (6)$$

$\dot{Z}_i(\Theta)$  – окремий комплексний інтеграл обробки сигналу в  $i$ -му пункті;

$(\Theta)$  – параметри отриманого сигналу;

$K$  – кількість пунктів БПС, що приймають участь в обробці.

Оптимальна просторово-часова обробка отриманих просторово некогерентних сигналів в БПС зводиться до алгоритму, який є справедливим для випадку об'єднання результатів незалежних первинних вимірювань (математичне очікування та середньоквадратичні відхилення оцінок пропорційні максимуму та тривалості модульних значень комплексних інтегралів):

$$\Delta_{pnk}(\Theta) = \sum_{K_{pnk}} |\dot{Z}_i(\Theta)| \quad (7)$$

Якщо прийнятий БПС сигнал для однієї частини її елементів є просторово когерентним, а для другої – просторово некогерентним, то в загальному випадку оптимальна обробка (вирішальна функція) має вигляд:

$$\Delta(\Theta) = \Delta_{pk}(\Theta) + \Delta_{pnk}(\Theta) \quad (8)$$

Вектор параметрів руху об'єкту за результатами обробки визначається як значення функціоналу аргументу максимуму вирішальної функції БПС [5-9]:

$$K = F(\arg \max \{\Delta(\Theta)\}) \quad (9)$$

Проблемним питанням БПС є передача опорного сигналу (коливань, що отримуються) між пунктами системи – з аналізу виразів (6)-(7) слідує, що оптимальна обробка передбачає отримання окремих комплексних інтегралів або їх модульних значень, що потребує передачу сигналів на велику відносно довжини хвилі  $\lambda$  відстань без викривлень, при цьому час цього розповсюдження  $t_r$  повинен бути відомим з достатньою точністю. Більш мобільною та простою по швидкості реалізації є організація зв'язку за допомогою радіоканалів (РК), але це потребує додаткових апаратних витрат та вирішення питання електромагнітної сумісності, більш уразливо до впливу ПАП. Кабельні мережі зв'язку (КМЗ) фактично позбавлені цих недоліків та фактично є єдиним припустимим варіантом організації зв'язку з МАРК. Це пов'язане з обмеженнями по вагогабаритним показникам як самого аеростату, так і його корисного навантаження – розміщення апаратури забезпечення РК, потужних джерел електроживлення (дизельних електростанцій) для живлення апаратури РЛС і забезпечення РК є недоцільним. КМЗ є стаціонарними (або потребують більше часу на розгортання/згортання, ніж РК), піддані впливу температури (в особливості вздовж лінії земля-атмосфера-МАРК) та інших факторів, що змінюють електричну довжину шляху переданих сигналів або можуть призвести до їх пошкодження. Когерентний зв'язок в КМЗ БПС та контроль трактів пропонується організувати наступним чином. При подачі сигналу початку фазування проводиться коротке замикання каналу на стороні кінцевого абоненту. Високочастотний сигнал в каналі після відбиття утворює стоячу хвилю з високим значенням коефіцієнта стоячої хвилі, при цьому значення амплітуд прямої  $|\dot{U}_p|$  та відбитої  $|\dot{U}_v|$  хвиль фактично є рівними між собою. Це дає можливість з високою точністю по вимірюванням комплексного коефіцієнту відбиття  $\dot{\Gamma}$  проводити контроль каналу зв'язку [12] та компенсувати відхилення, спрощена схема наведена на рис. 3.

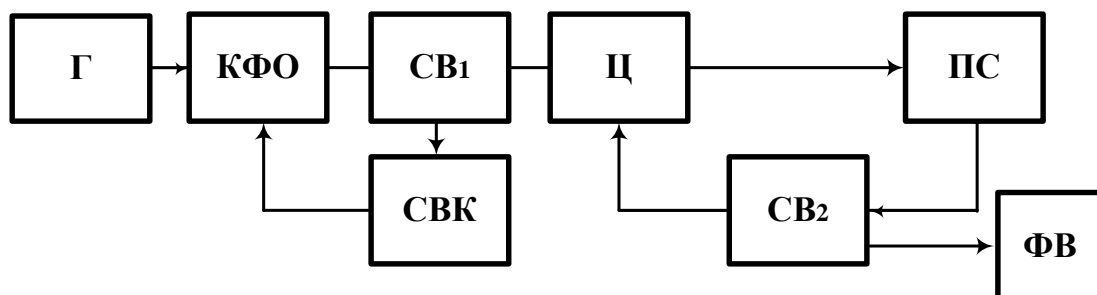


Рис. 3. Спрощена схема організації та контролю когерентного зв'язку в БПС

Схема включає в свій склад наступні основні елементи:

Г – генератор сигналів;

КФО – керований фазообертувач;

СВ1,2 – спрямовані відгалужувачі;  
 СВК – схема вимірювання та керування;  
 Ц – циркулятор;  
 ПС – підсилювач сигналу;  
 ФВ – фазований вихід.

Місце підключення СВ1 є площиною з відомими амплітудами  $(|\dot{U}_p|, |\dot{U}_v|)$  та фазами  $(\phi_p, \phi_v)$  прямого та відбитого сигналів, які можуть бути безпосередньо виміряні з плечей відгалужувача за допомогою СВК:

$$\dot{\Gamma} = \frac{\dot{U}_v}{\dot{U}_p} = \frac{|\dot{U}_v| \cdot \exp\{j \cdot \phi_v\}}{|\dot{U}_p| \cdot \exp\{j \cdot \phi_p\}} = |\dot{\Gamma}| \cdot \exp\{j \cdot (\phi_v - \phi_p)\} = |\dot{\Gamma}| \cdot \exp\{j \cdot \Delta\phi_{vp}\} \quad (10)$$

Відхилення фази  $\Delta\phi_{vp}$  від встановленої величини свідчить про зміну електричної довжини шляху сигналу, яка може бути скомпенсована з точністю до цілого числа півхвиль відповідним фазовим зсувом, який по сигналу СВК внесе КФО. Таким чином, вихід СВ2 синхронізований з входом СВ1 (між ними підтримується електрична довжина шляху сигналу, рівна цілому числу півхвиль, час розповсюдження вздовж якого  $t_r$  може бути виміряний СВК наприкінці фазування). Умовно назвемо цей спосіб "точним фазуванням". Після закінчення фазування подається сигнал на усунення короткого замикання на стороні кінцевого абоненту. По закінченню "точного фазування" якщо тривалість переданих по КМЗ сигналів  $\tau_s$ , часу розповсюдження  $t_r$  та часу запізнення відбитих від цілей сигналів  $t_z$

$$t_r < \tau_s < t_z, \quad (11)$$

мається можливість вимірювання  $\dot{\Gamma}$  під час тривалості в тракті стоячої хвилі  $t_{sh}$ . При цьому в узгодженому тракті  $|\dot{U}_v| \ll |\dot{U}_p|$ , що призводить до менш точного вимірювання фази  $\Delta\phi_{vp}$ , а її компенсація може бути недоцільною в зв'язку з можливістю порушення часової когерентності сигналу. Значення отриманої в такий спосіб  $\Delta\phi_{vp}$  може бути скомпенсоване при обробці сигналів, а сам спосіб умовно назвемо "грубим фазуванням". Фазування може здійснюватися: "точно" – в перервах між обробкою сигналів, "грубо" – під час їх випромінювання (прийняття). Відхилення  $|\dot{\Gamma}|$  від встановлених меж та (або) значна зміна  $t_r$  може свідчать про пошкодження КМЗ.

Для перевірки технічного стану (ТС) та працездатності усієї системи необхідно протягом визначеного часу проводити потрібний комплекс робіт, під час яких система не буде виконувати своїх функцій (суттєвим недоліком МАРК є необхідність періодичного "спускання на землю" для здійснення ТО). Перспективним напрямком розв'язання цього питання є застосування сучасної апаратури контролю та діагностування (засобів вимірювальної

техніки), синтез та використання вимірювальних сигналів, що дозволяють проводити оцінку параметрів та ТС елементів системи по "сигналу – відклику" на вимірювальний сигнал (в цьому випадку "спускання на землю" МАРК не потребується), автоматизація ТО. Застосування сучасних векторних аналізаторів [13] дозволяє проводити вимірювання характеристик сигналів у діапазонах частот від декількох кГц до сотень ГГц, в тому числі комплексних коефіцієнтів відбиття. В роботах [14-16] наведені методики синтезу потрібних вимірювальних сигналів контролю ТС та порядок обробки "сигналів – відкликів", наведені результати розрахунків похибок вимірювання.

Перспективним підходом до автоматизації ТО БПС є розробка та створення експертної системи (ЕС) ТО БПС, приклад якої наведено на рис. 4 [17].

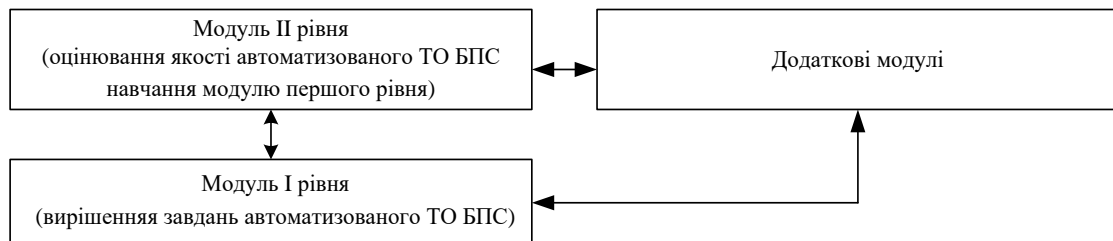


Рис. 4. Ієрархічна структура експертної системи ТО БПС

ЕС ТО БПС можна представити у вигляді сукупності модулів першого та другого рівнів, доповнених модулем додаткових модулів. Модуль першого рівня призначений для вирішення завдань ТО БПС та має у своєму складі модулі баз знань, баз даних, отримання результату, механізму їх взаємозв'язку. Для забезпечення самонавчання ЕС модулі другого рівня включають до свого складу: модуль пошуку ефективних систем та модуль діагностики якості роботи ЕС ТО БПС. Модуль додаткових моделей включає моделі пояснення, модель діалогу з користувачем, модель пошуку закономірностей (множина правил утворення аксіом зовнішнього світу, яка включає механізм набору статистики про параметри роботи БПС і її засобів, механізм виведення закономірностей на основі цієї статистики і механізм перевірки достовірності отриманих закономірностей). Алгоритм функціонування ЕС ТО БПС наступний. Інформація, що поступає від БПС і її засобів у встановлені проміжки часу, зберігається в модулях баз даних. За поточними даними з баз даних і на підставі інформації з баз знань модуль отримання результату визначає поточне і прогнозує майбутній стани БПС і її засобів. Використання рішень процесуальних міркувань дозволяє ЕС вирішувати завдання ТО в умовах неповноти і суперечності баз знань, видавати наближені відповіді у випадках неможливості точної відповіді на підставі отриманої інформації. Якщо інформація є недостатньою для вирішення завдань ТО, то ЕС має можливість звернутися до інших видів знань (функціональних, структурних, евристичних, історичних). Використання знань про особливості побудови і функціонування БПС, історичних знань дозволяє ЕС "моделювати" процеси, що протікають на БПС. Отримане рішення задачі ТО БПС поступає в модуль візуалізації і пояснення, де обґрунтовується за допомогою аргументів, які використовувалися при рішенні задачі ТО БПС, і далі з поясненнями за допомогою модуля діалогу видається користувачеві.

Окремі з наведених питань вирішені в роботі [18], де за результатами аналізу недоліків існуючих тренажних імітаційних комплексів обґрунтовано: необхідність внесення до їх складу модуля, що забезпечує вивчення питань технічної експлуатації радіотехнічних засобів, та його структуру. Наведено, що крім навчання (тренування) обслуговуючого персоналу, запропоноване програмне забезпечення дозволить при технічній експлуатації радіотехнічних засобів здійснювати зберігання та обробку результатів вимірювання значень параметрів, отриманих при перевірках, та може бути застосовано для підтримки прийняття рішення про його технічний стан, тобто пропонується використання елементів системи діагностування та прогнозування як для вирішення питань технічної експлуатації, так і для тренування обслуговуючого персоналу.

**Висновок.** В роботі розглянута проблема створення та експлуатації багатопозиційних систем інформаційного забезпечення та наведені шляхи її розв'язання для підвищення інформаційних можливостей підрозділів при виконанні завдань за призначенням.

#### Список використаних джерел:

- [1]. Беляев Д.М., Расстригин О.О., Кисель П.И. & Семенюк Р.П. (2015). Аналіз світового досвіду застосування військових аеростатних літальних апаратів та перспективи їх використання у Збройних Силах України. *Озброєння та військова техніка*, (3 (7)), 67-72. Вилучено із [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ovt\\_2015\\_3\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ovt_2015_3_12)
- [2]. Беляев Д.М., Расстригин О.О., Кисель П.И. & Семенюк Р.П. (2015). Актуальність та перспективи застосування прив'язних аеростатів як носіїв радіолокаційних станцій виявлення маловисотних цілей. *Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗС України*, (2 (57)), 52-60.
- [3]. Беляев Д.М., Расстригин О.О., Кисель П.И. & Семенюк Р.П. (2017). Науково-методичний апарат обґрунтування основних вимог до аеродинамічних та аеростатичних характеристик прив'язного аеростата мобільного аеростатного радіолокаційного комплексу виявлення маловисотних цілей. *Озброєння та військова техніка*, (3 (15)), 45-50. Вилучено із [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ovt\\_2017\\_3\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ovt_2017_3_10)
- [4]. Беляев Д.М. (2017). Науково-методичний апарат обґрунтування основних вимог до масових характеристик прив'язного аеростата мобільного аеростатного радіолокаційного комплексу виявлення маловисотних цілей. *Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗС України*, (4 (67)), 85-92.
- [5]. Маслов А.Ф., Рощупкин Е.С. & Шрамков А.Ю. (2005). Организация когерентной обработки на промежуточной частоте при приеме широкополосных сигналов крупноапертурными антенными решетками и многопозиционными системами. *Прикладная радиоэлектроника*, (Т.4, №4), 437-440.
- [6]. Маслов А.Ф., Рощупкин Е.С. & Шрамков А.Ю. (2006). Алгоритмы когерентной обработки широкополосных сигналов на промежуточной частоте с использованием схем фазонастраивающих контуров с управляемыми дисперсионными линиями задержки в крупноапертурных антенных решетках и многопозиционных системах. *Прикладная радиоэлектроника*, (Т.5, №2), с. 250-254.
- [7]. Рощупкин Е.С. (2006). Оценка прямоугольных координат цели при объединении результатов независимых первичных измерений в активной многопозиционной системе радиолокации. *Збірник наукових праць Об'єднаного науково-дослідного інституту Збройних Сил*, (2 (4)), 156-162.

- [8]. Герасимов С.В., Ізосімов Д.М., Рошупкін Є.С. & Богдановський О.М. (2010). Оцінка параметрів руху повітряних об'єктів при об'єднанні результатів незалежних первинних вимірювань в активній багатопозиційній системі радіолокації. *Системи озброєння і військова техніка*, (3), 110-113. Вилучено із [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt\\_2010\\_3\\_28](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2010_3_28)
- [9]. Рошупкін Є.С., Герасимов С.В., Федак Г.А. & Бабий Я.В. (2012). Оценка параметров движения маневрирующих воздушных объектов в активной некогерентной системе при обработке информации от нескольких неравноточных источников с разным темпом обзора пространства. *Військово-технічний збірник*, (1 (6)), 18-26. Вилучено із [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vtzb\\_2012\\_1\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vtzb_2012_1_6)
- [10]. Войтенко С.С., Герасимов С.В. & Куценко В.В. (2016). Напрями удосконалення системи контролю технічного стану зразків озброєння та військової техніки. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*, (3 (24)), 127-131. Вилучено із [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nitps\\_2016\\_3\\_27](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nitps_2016_3_27)
- [11]. Сухаревский О.И., А.Ю. Шрамков & Рошупкин Е.С. (2005). Высокочастотный метод расчета диаграммы направленности антенны с учетом неоднородностей рельефа местности на позиции РЛС. *Моделювання та інформаційні технології*, (33), 174-181.
- [12]. Беляев Д.Н. & Рошупкин Е.С. (1999). Измеритель коэффициента стоячей волны в виде ответвителя дециметрового диапазона волн. *Збірник наукових праць за матеріалами 3-го Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка і молодь у XXI ст.»*, (Ч. 1), 52-55.
- [13]. Беляев Д.М., Герасимов С.В., Кукобко С.В. & Рошупкин Е.С. (2016). Застосування векторних аналізаторів сигналів для забезпечення електромагнітної сумісності радіоапаратури. *Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗС України*, (3 (62)), 77-84.
- [14]. Чинков В.М. & Герасимов С.В. (2013). Дослідження та обґрунтування критеріїв оптимізації вимірювальних сигналів для контролю технічного стану систем автоматичного управління. *Український метрологічний журнал*, (4), 43- 47. Вилучено із [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Umlzh\\_2013\\_4\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Umlzh_2013_4_8)
- [15]. Герасимов С.В., Кукобко С.В., Рошупкін Є.С. & Расстригін О.О. (2016). Синтез вимірювальних сигналів для визначення технічного стану систем автоматичного управління. *Озброєння та військова техніка*, (4 (12)), 32-36. Вилучено із [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ovt\\_2016\\_4\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ovt_2016_4_7)
- [16]. Herasimov S., Roshchupkin E., Kutsenko V., Riazantsev S. & Nastishin Yu. (2020) Statistical analysis of harmonic signals for testing of Electronic Devices. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, (vol. 8, is. 7), 3791-3798, Вилучено із <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/143872020>
- [17]. Коваленко А.С., Смірнов О.А. & Коваленко О.В. (2015). Експертна система технічного діагностування інтегрованої інформаційної системи. *Системи озброєння і військова техніка*, (1), 106-111.
- [18]. Крючков Д.М., Рошупкін Є.С., Джус В.В. & Титаренко Р.В. (2020). Удосконалення підготовки персоналу для обслуговування радіотехнічних засобів контролю повітряного простору шляхом урахування питань технічної експлуатації в тренажних імітаційних комплексах. *Сучасні інформаційні системи*, (Т. 4, № 3), 89-93. Вилучено із [http://nbuv.gov.ua/UJRN/adinsys\\_2020\\_4\\_3\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/adinsys_2020_4_3_14)