

УДК 629.7:621.396

Г.В. Певцов, А.Я. Яцуценко, Д.В. Карлов, А.М. Остапова

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

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ БАГАТОПОЗИЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЗАСОБІВ АВІАЦІЙНОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ ЗА РАДІООБРІЄМ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МЕТЕОРНОГО РОЗПОВСЮДЖЕННЯ РАДІОХВИЛЬ

*Розглядається варіант побудови багатопозиційної системи виявлення радіоелектронних засобів авіаційного радіозв'язку за радіобрієм за інформацією радіосигналів, що відбиваються метеорними слідами в зоні метеорного розповсюдження радіохвиль (МРРХ).*

**Ключові слова:** метеорне розповсюдження радіохвиль, виявлення джерел радіовипромінювання за радіобрієм, вимірювання кутових координат, визначення орієнтації метеорного сліду у просторі, визначення координат наземних засобів авіаційного радіозв'язку, зона контролю за засобами авіаційного радіозв'язку, показники якості функціонування системи контролю.

### Загальна постановка проблеми, аналіз останніх досягнень та публікацій

Розвиток авіаційної техніки в військово-повітряних силах розвинених у військовому відношенні зарубіжних країн вимагає дослідження проблем створення системи раннього виявлення аеродинамічних цілей для попередження Збройних Сил України про повітряний напад для організації своєчасних контрзаходів.

Дослідження просторово рознесених багатопозиційних радіолокаційних систем (БП РЛС) [1 – 7] вимагає вивчення їх системних можливостей для створення єдиної системи виявлення аеродинамічних цілей за короткими радіосигналами авіаційного радіозв'язку. Безперервне висипання метеорних часток в атмосфері Землі викликає появу іонізованих слідів, які опромінюються сигналами авіаційного радіозв'язку. Виявлення цих сигналів, визначення їх координат дозволить створити зону контролю за аеродинамічними цілями, що знаходяться в ній, тобто контролювати активність засобів авіаційного радіозв'язку на аеродромах і в повітрі. Необхідно визначити принципову можливість використання інформації пасивних багатопозиційних систем (БПС) для контролю активності засобів авіаційного радіозв'язку на аеродромах і в повітрі. В [2] пропонується варіант побудови багатопозиційного комплексу виявлення засобів метеорного радіозв'язку в тому числі і аеродинамічних цілей для Повітряних Сил Збройних Сил України і розглядаються основні критерії його побудови.

**Мета статті.** Розробка теоретичних основ побудови багатопозиційної системи виявлення сигналів наземних джерел авіаційного радіозв'язку за радіобрієм і визначення її системних якісних показників при використанні метеорного розповсюдження радіохвиль УКХ та КХ діапазонів та дослідження умов адекватності математичної моделі

процесу визначення координат заобрійних джерел радіовипромінювання реальним фізичним процесам.

### Виклад матеріалів дослідження

Вирішення задачі радіопеленгації полягає у виявленні сигналів від джерел авіаційного радіозв'язку, що відбиваються недоуцільними метеорними слідами, вимірюванні на інтервалі існування метеорного сліду просторової орієнтації пеленгів на дзеркальні центри відбиття.

Задача визначення координат джерел авіаційного радіозв'язку полягає в тому, що за вимірними двохкоординатними пеленгами на дзеркальні центри відбиття необхідно розрахувати спочатку просторову орієнтацію метеорного сліду, а потім координати місцезнаходження джерела авіаційного радіозв'язку.

Фізичною основою створення системи контролю активності засобів авіаційного радіозв'язку є когерентне переопромінення метеорними недоуцільними слідами радіохвиль УКХ та КХ діапазонів, які випромінюються наземними (надводними) та повітряними засобами радіозв'язку. Для кожного рознесеного у просторі приймача в зоні перевищення існує свій дзеркальний центр (в рамках геометро-оптичного наближення – центр першої зони Френеля).

Необхідні умови пеленгування абонентів авіаційного радіозв'язку: пеленгування випромінюючого абонента можливе при розташуванні пеленгаційного комплексу в зоні пеленгації по одному метеорному сліду (рис. 1); діаграми спрямованості пеленгаційного комплексу і випромінюючого абонента повинні перетинатися у зоні метеорного розповсюдження радіохвиль.

Достатні умови пеленгування абонентів авіаційного радіозв'язку:

1. Пеленгаційний комплекс і об'єкт пеленгування знаходяться у фокусах еліпсоїдів обертання, а

метеорні сліди лежать у площинах дотичних до еліпсоїдів обертання.

2. Енергетичний рівень сигналу, відбитого метеорним слідом, достатній для його виявлення і вимірювання параметрів.

Зона потенційно можливої дії БПС подана на рис. 2.

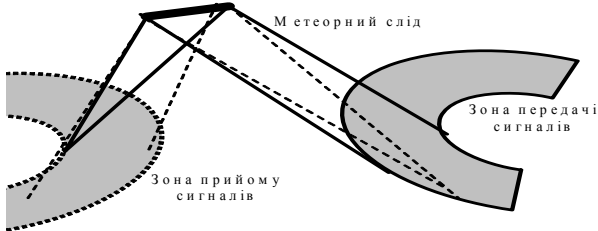


Рис. 1. Зона можливої пеленгації по одному метеорному сліду

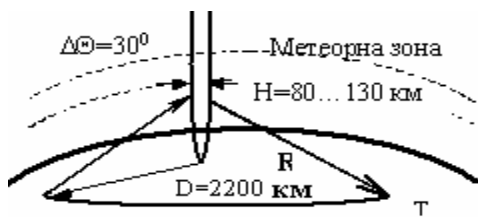


Рис. 2. Зона потенційно можливої дії радіопеленгаційного комплексу

Де  $\Delta\Theta$  – ширина діаграми спрямованості комплексу за половинною потужністю;  $\mathbf{R}$  – вектор дотичний до поверхні Землі з максимально можливою висоти знаходження дзеркального центру відбиття в метеорній зоні;  $H$  – висота знаходження метеорної зони;  $T$  – точка місцезнаходження джерела авіаційного радіозв'язку.

Математичною основою створення алгоритму визначення координат джерел радіовипромінювання за пеленгами на дзеркальні центри відбиття є система рівнянь, яка складена на основі фізичних і математичних закономірностей в умовах геометро-оптичного наближення.

Визначення кількості двохкоординатних радіопеленгаторів можливо здійснити із системи векторних рівнянь, складених на основі колінеарності різниці векторів, проведених з початку місцевої прямокутної системи координат до  $k$  відбиваючих центрів на сліді (рис. 3):

$$\begin{cases} \mathbf{R}_1 - \mathbf{R}_2 = n\lambda_1; \\ \mathbf{R}_2 - \mathbf{R}_3 = n\lambda_2; \\ \dots \\ \mathbf{R}_{k-1} - \mathbf{R}_k = n\lambda_{k-1}; \\ |\mathbf{n}| = 1, \end{cases}$$

де  $\lambda_i$  – відстань між дзеркальними центрами на метеорному сліді;  $\mathbf{n}$  – вектор орієнтації метеорного сліду у просторі;  $\mathbf{R}_i$  – вектор орієнтації дзеркальних центрів відбиття на метеорному сліді;  $k$  – кількість радіопеленгаторів.

Для визначення мінімально необхідної кількос-

ті двохкоординатних пеленгів на джерело перевипромінювання, які забезпечать однозначне рішення системи рівнянь, необхідно прирівняти в системі векторних рівнянь кількість невідомих  $2k + 2$  числу рівнянь  $3(k - 1) + 1$ :

$$2k + 2 = 3(k - 1) + 1,$$

звідки  $k = 4$ . Для триангуляційного узагальненого методу визначення координат необхідно та достатньо одержати чотири просторово рознесені двохкоординатні пеленги на метеорний слід, що дозволить однозначно визначити орієнтацію метеорного сліду  $\mathbf{n}$  у просторі. Радіопеленгатори повинні знаходитися на такій відстані один від другого, щоб не виходили із зони дії дзеркально переопромінюючого метеорного сліду (рис. 3).

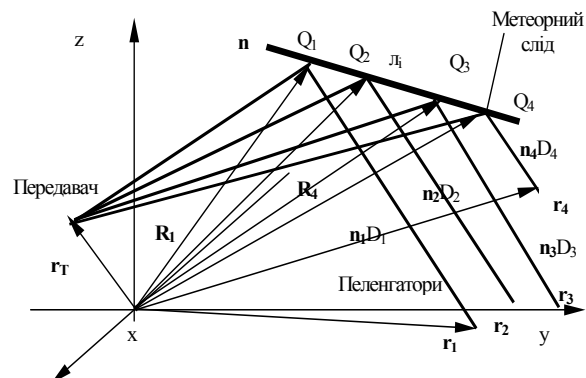


Рис. 3. Геометро-оптичне наближення визначення пеленгів чотирьохпозиційним радіопеленгаційним комплексом

На рис. 3  $\mathbf{r}_T$  – вектор орієнтації передавача метеорного радіозв'язку;  $\mathbf{r}_i$  – вектор орієнтації  $i$ -го радіопеленгатора;  $Q_i$  – дзеркальний центр відбиття для  $i$ -го радіопеленгатора;  $\mathbf{n}_i$  – орти орієнтації виміряного пеленгу на дзеркальний центр відбиття на метеорному сліді;  $\mathbf{n}_i D_i$  – вектор, що з'єднує  $i$ -й пеленгатор з  $i$ -тим дзеркальним центром відбиття.

Система рівнянь в координатній формі дозволяє визначити орієнтацію метеорного сліду у просторі.

$$\begin{cases} \frac{x_1 - x_2 + n_{x1}D_1 - n_{x2}D_2}{n_x} = \frac{y_1 - y_2 + n_{y1}D_1 - n_{y2}D_2}{n_y} = \\ = \frac{z_1 - z_2 + n_{z1}D_1 - n_{z2}D_2}{n_z}; \\ \frac{x_2 - x_3 + n_{x2}D_2 - n_{x3}D_3}{n_x} = \frac{y_2 - y_3 + n_{y2}D_2 - n_{y3}D_3}{n_y} = \\ = \frac{z_2 - z_3 + n_{z2}D_2 - n_{z3}D_3}{n_z}; \\ \frac{x_3 - x_4 + n_{x3}D_3 - n_{x4}D_4}{n_x} = \frac{y_3 - y_4 + n_{y3}D_3 - n_{y4}D_4}{n_y} = \\ = \frac{z_3 - z_4 + n_{z3}D_3 - n_{z4}D_4}{n_z}; \\ n_x^2 + n_y^2 + n_z^2 = 1, \end{cases}$$

де  $n_x, n_y, n_z$  – направляючі косинуси вектора оріє-

тації метеорного сліду;  $x_i, y_i, z_i$  – координати вектора орієнтації  $i$ -го радіопеленгатора;  $x_i + n_{x1}D_i, y_i + n_{y1}D_i, z_i + n_{z1}D_i$  – координати дзеркального центру відбиття для  $i$ -го радіопеленгатора;  $n_{x1}, n_{y1}, n_{z1}$  – напрямні косинуси орієнтації виміряного пеленгу на дзеркальний центр відбиття на метеорному сліді;  $D_i$  – модуль вектора, що з'єднує  $i$ -й пеленгатор з  $i$ -тим дзеркальним центром відбиття.

Еквівалентна система рівнянь відносно  $D_3$  і  $D_2$  має вигляд:

$$D_3^2 (A_1 + D_2 A_2) + D_3 (A_3 + D_2 A_4 + D_2^2 A_5) + D_2^2 A_6 + D_2 A_7 + A_8 = 0;$$

$$D_3^2 (C_1 + D_2 C_2) + D_3 (C_3 + D_2 C_4 + D_2^2 C_5) + D_2^2 C_6 + D_2 C_7 + C_8 = 0,$$

де параметри  $A_i, C_i$  виражаються через відомі і виміряні параметри.

$$C_1 = \gamma_3 \delta_7 - \gamma_7 \delta_3; \quad C_2 = \gamma_4 \delta_7 - \gamma_7 \delta_4;$$

$$C_3 = \gamma_3 \delta_5 - \gamma_5 \delta_3 + \gamma_1 \delta_7 - \gamma_7 \delta_1;$$

$$C_4 = \gamma_4 \delta_5 - \gamma_5 \delta_4 + \gamma_3 \delta_6 - \gamma_6 \delta_3 + \gamma_2 \delta_7 - \gamma_7 \delta_2;$$

$$C_5 = \gamma_4 \delta_6 - \gamma_6 \delta_4; \quad C_6 = \gamma_2 \delta_6 - \gamma_6 \delta_2;$$

$$C_7 = \gamma_2 \delta_5 - \gamma_5 \delta_2 + \gamma_1 \delta_6 - \gamma_6 \delta_1;$$

$$C_8 = \gamma_1 \delta_5 - \gamma_5 \delta_1;$$

$$A_1 = \alpha_3 \delta_7 - \alpha_7 \delta_3; \quad A_2 = \alpha_4 \delta_7 - \alpha_7 \delta_4;$$

$$A_3 = \alpha_3 \delta_5 - \alpha_5 \delta_3 + \alpha_1 \delta_7 - \alpha_7 \delta_1;$$

$$A_4 = \alpha_4 \delta_5 - \alpha_5 \delta_4 + \alpha_3 \delta_6 - \alpha_6 \delta_3 + \alpha_2 \delta_7 - \alpha_7 \delta_2;$$

$$A_5 = \alpha_4 \delta_6 - \alpha_6 \delta_4; \quad A_6 = \alpha_2 \delta_6 - \alpha_6 \delta_2;$$

$$A_7 = \alpha_2 \delta_5 - \alpha_5 \delta_2 + \alpha_1 \delta_6 - \alpha_6 \delta_1; \quad A_8 = \alpha_1 \delta_5 - \alpha_5 \delta_1;$$

$$\gamma_1 = y_{23} x_{35} - x_{23} y_{35}; \quad \gamma_2 = x_{35} n_{y2} - y_{35} n_{x2};$$

$$\gamma_3 = n_{x3} y_{23} - n_{y3} x_{35} + n_{x3} y_{35} - n_{y3} x_{23};$$

$$\gamma_4 = n_{x3} n_{y2} - n_{x2} n_{y3}; \quad \gamma_5 = y_{23} n_{x5} - n_{y1} x_{23};$$

$$\gamma_6 = n_{x5} n_{y2} - n_{x2} n_{y5}; \quad \gamma_7 = n_{x3} n_{y5} - n_{x5} n_{y3};$$

$$\delta_1 = z_{23} x_{35} - x_{23} z_{35}; \quad \delta_2 = x_{35} n_{z2} - z_{35} n_{x2};$$

$$\delta_3 = n_{x3} z_{23} - n_{z3} x_{35} + n_{x3} z_{35} - n_{z3} x_{23};$$

$$\delta_4 = n_{x3} n_{z2} - n_{x2} n_{z3}; \quad \delta_5 = z_{23} n_{x5} - n_{z1} x_{23};$$

$$\delta_6 = n_{x5} n_{z2} - n_{x2} n_{z5}; \quad \delta_7 = n_{x3} n_{z5} - n_{x5} n_{z3};$$

$$\alpha_1 = x_{23} z_{12} - x_{12} z_{23};$$

$$\alpha_2 = z_{12} n_{x2} - n_{z2} x_{23} + n_{x2} z_{23} - n_{z2} x_{12};$$

$$\alpha_3 = x_{12} n_{z3} - z_{12} n_{x3};$$

$$\alpha_4 = n_{x3} n_{z2} - n_{x2} n_{z3}; \quad \alpha_5 = z_{23} n_{x1} - n_{z1} x_{23};$$

$$\alpha_6 = n_{x1} n_{z2} - n_{x2} n_{z1}; \quad \alpha_7 = n_{x3} n_{z1} - n_{x1} n_{z3};$$

$$\beta_1 = x_{23} y_{12} - x_{12} y_{23};$$

$$\beta_2 = y_{12} n_{x2} - n_{y2} x_{23} + n_{x2} y_{23} - n_{y2} x_{12};$$

$$\beta_3 = x_{12} n_{y3} - y_{12} n_{x3};$$

$$\beta_4 = n_{x3} n_{y2} - n_{x2} n_{y3}; \quad \beta_5 = y_{23} n_{x1} - n_{y1} x_{23};$$

$$\beta_6 = n_{x1} n_{y2} - n_{x2} n_{y1}; \quad \beta_7 = n_{x3} n_{y1} - n_{x1} n_{y3};$$

$$x_{12} = x_1 - x_2; \quad x_{32} = x_3 - x_2; \quad x_{31} = x_3 - x_1;$$

$$y_{12} = y_1 - y_2; \quad y_{32} = y_3 - y_2; \quad y_{31} = y_3 - y_1;$$

$$z_{12} = z_1 - z_2; \quad z_{32} = z_3 - z_2; \quad z_{31} = z_3 - z_1;$$

$$x_{35} = x_3 - x_5; \quad x_{34} = x_3 - x_4;$$

$$y_{35} = y_3 - y_5; \quad y_{34} = y_3 - y_4;$$

$$z_{35} = z_3 - z_5; \quad z_{34} = z_3 - z_4.$$

Систему нелінійних рівнянь можна вирішити чисельними методами з достатнім ступенем наближеності.

Визначення координат наземного джерела радіовипромінювання можливе із система рівнянь конусів дзеркального відбиття та сфери. Рішення системи рівнянь – неоднозначне. Це можливо пояснити із геометричного розгляду рішення системи. Перетин двох конусів дзеркального відбиття з різними кутами розкриття дає просторове коло, що при перетині з поверхнею Землі дає дві рівноцінні точки місцезнаходження абонента метеорного радіозв'язку.

При використанні двох вимірів на різних метеорних слідах можливе однозначне рішення системи трьох рівнянь конусів з вершинами у центрах дзеркального відбиття:

$$\left\{ \begin{aligned} & \left[ l_1(x - x_{Q1}) + m_1(y - y_{Q1}) + n_1(z - z_{Q1}) \right]^2 = \\ & = \cos^2 \xi_1 \left[ (x - x_{Q1})^2 + (y - y_{Q1})^2 + (z - z_{Q1})^2 \right]; \\ & \left[ l_2(x - x_{Q2}) + m_2(y - y_{Q2}) + n_2(z - z_{Q2}) \right]^2 = \\ & = \cos^2 \xi_2 \left[ (x - x_{Q2})^2 + (y - y_{Q2})^2 + (z - z_{Q2})^2 \right]; \\ & \left[ l_3(x - x_{Q3}) + m_3(y - y_{Q3}) + n_3(z - z_{Q3}) \right]^2 = \\ & = \cos^2 \xi_3 \left[ (x - x_{Q3})^2 + (y - y_{Q3})^2 + (z - z_{Q3})^2 \right], \end{aligned} \right.$$

де  $l_i, m_i, n_i$ ;  $l_2, m_2, n_2$  – напрямні косинуси векторів орієнтації метеорного сліду при першому і другому вимірах;  $x_{Q1}, y_{Q1}, z_{Q1}$  – координати дзеркального центру відбиття для 1-го радіопеленгатора на першому метеорному сліді;  $x_{Q2}, y_{Q2}, z_{Q2}$  – координати дзеркального центру відбиття для 1-го радіопеленгатора на другому метеорному сліді;  $x_{Q3}, y_{Q3}, z_{Q3}$  – координати дзеркального центру відбиття для 3-го радіопеленгатора на другому метеорному сліді;  $\xi_1$  – кут між першим вектором орієнтації метеорного сліду і пеленгу з першого пеленгатора на дзеркальний центр на першому метеорному сліді;  $\xi_2$  – кут між вектором орієнтації другого метеорного сліду і пеленгу з першого пеленгатора на дзеркальний центр на другому метеорному сліді;  $\xi_3$  – кут між вектором орієнтації другого метеорного сліду і пеленгу з третього пеленгатора на дзеркальний центр на другому метеорному сліді. Надлишок інформації може бути використаний для підвищення точнісних характеристик.

### Основні результати досліджень

Дослідження здійснювалися при використанні інформаційної моделі в програмному середовищі Mathcad-2001. При побудові рисунків задавалася просторова орієнтація метеорного сліду кутами  $\psi = 170^\circ$ ,  $\theta = 10^\circ$ , координати наземного джерела радіовипромінювання  $T$ , координати місць розташування БПС  $R_i$ ,  $Q_0$  – довільна точка на метеорному сліді,

$$T = \begin{pmatrix} 1500 \\ 1500 \\ 0 \end{pmatrix}; R_1 = \begin{pmatrix} 10 - \Delta x_1 \\ 5 - \Delta y_1 \\ 0,01 \end{pmatrix}; R_2 = \begin{pmatrix} 5 - \Delta x_2 \\ 10 - \Delta y_2 \\ 0,1 \end{pmatrix};$$

$$R_3 = \begin{pmatrix} 15 - \Delta x_1 \\ 10 - \Delta y_1 \\ 0,15 \end{pmatrix}; R_4 = \begin{pmatrix} 10 - \Delta x_2 \\ 15 - \Delta y_2 \\ 0,1 \end{pmatrix}; Q_0 = \begin{pmatrix} 0 + \Delta x \\ -10 + \Delta y \\ 110 \end{pmatrix}$$

просторове положення метеорного сліду визначається довільною точкою  $Q_0$ ;  $\Delta x = \Delta y$  – параметри вибору точки  $Q_0$ ;  $\Delta x_1 = \Delta y_1 = \Delta x_2 = \Delta y_2$  – величина додаткового рознесення пеленгаційних пунктів пасивної БПС.

При моделюванні задавалися координати метеорного сліду, та просторове положення джерела радіовипромінювання. За цими даними визначалися напрямні косинуси пеленгів на дзеркальні центри відбиття на метеорному сліді з кожної позиції і вводилися помилки вимірювання пеленгів. За двохкоординатними пеленгами визначалися дальності до дзеркальних центрів на метеорному сліді.

Результати дослідження впливу просторового положення пеленгаційних пунктів на абсолютні значення помилок визначення дальностей до дзеркальних центрів відбиття на метеорному сліді  $\Delta D_i$  і абсолютні значення помилок визначення координат наземних пунктів випромінювання сигналів авіаційного радіозв'язку  $\Delta r$  від величини рознесення пеленгаційних пунктів при відсутності помилок вимірювання пеленгів подані на рис. 4. Залежність величини координат  $x_i, y_i$  розташування дзеркальних центрів відбиття від просторового положення метеорного сліду при відсутності помилок вимірювання пеленгів подано на рис. 5. Із рис. 5 слідує, що одна із дзеркальних точок по  $x_i$  знаходиться за межами діаграми спрямованості за половинною потужністю, що веде до зниження ймовірності її пеленгації.

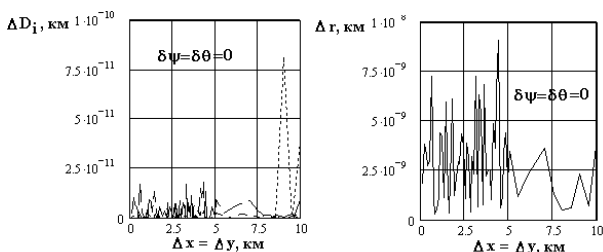


Рис. 4. Залежність величини помилок визначення дальностей до дзеркальних центрів відбиття і точності визначення координат джерела радіовипромінювання від величини рознесення пеленгаційних пунктів

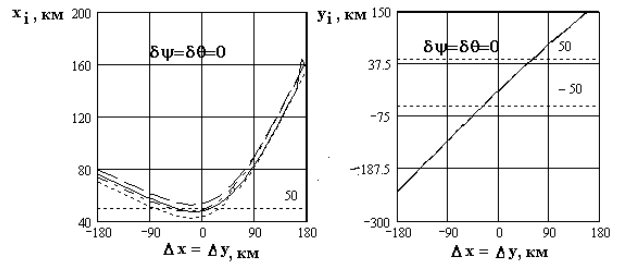


Рис. 5. Залежність величини координат  $x_i, y_i$  розташування дзеркальних центрів відбиття від просторового положення метеорного сліду

Залежності величини визначених координат  $x_t, y_t$  розташування джерела радіовипромінювання і величини кута відхилення визначеного вектора орієнтації метеорного сліду  $\delta\theta$  від величини помилок вимірювання пеленгів на пеленгаційних пунктах подані на рис. 6. Залежність величин абсолютних помилок визначення дальностей до дзеркальних центрів відбиття і точності визначення координат джерела радіовипромінювання від помилок вимірювання пеленгів подано на рис. 7.

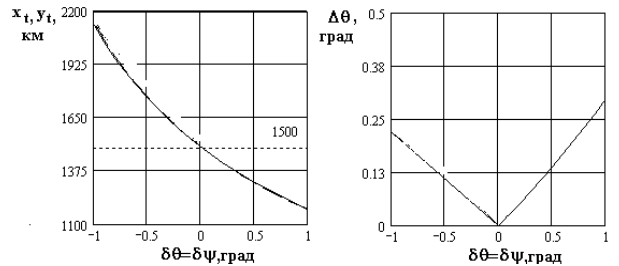


Рис. 6. Залежності величини визначених координат  $x_t, y_t$  розташування джерела радіовипромінювання і величини кута відхилення визначеного вектора орієнтації метеорного сліду  $\Delta_i$  від величини помилок вимірювання пеленгів на пеленгаційних пунктах

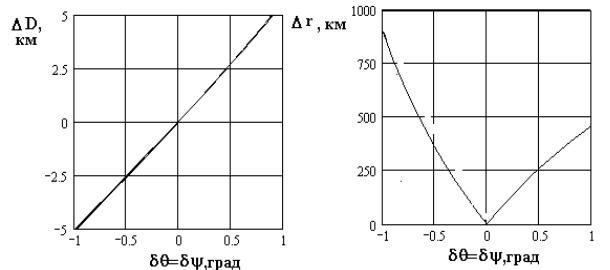


Рис. 7. Залежність величин абсолютних помилок визначення дальностей до дзеркальних центрів відбиття і точності визначення координат джерела радіовипромінювання від помилок вимірювання пеленгів

Залежності величин абсолютних помилок визначення дальностей до дзеркальних центрів відбиття і точності визначення координат джерела радіовипромінювання від азимутальної орієнтації метеорного сліду подані на рис. 8.

Таким чином, із аналізу рисунків і умов метеорного розповсюдження радіохвиль слідує, що: не від всіх метеорних слідів будуть прийматися сигнали авіаційного зв'язку, а лише від тих, що дають дзеркальні центри відбиття в діапазоні висот 80...130 км (рис. 5).

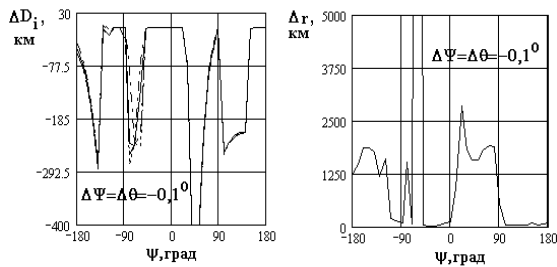


Рис. 8. Залежність величин абсолютних помилок визначення дальностей до дзеркальних центрів відбиття і точності визначення координат джерела радіовипромінювання від азимутальної орієнтації метеорного сліду

Модель адекватна реальним фізичним процесам МРРХ при  $\Delta x = \Delta y \geq -60$  км, що еквівалентно вибору  $Q_0$  в діапазоні

$$Q_0 = \begin{pmatrix} 180 \\ 170 \\ 110 \end{pmatrix}; \quad Q_0 = \begin{pmatrix} 10 \\ 0 \\ 110 \end{pmatrix};$$

другим обмеженням є скінченний розмір приймальних діаграм спрямованості пеленгаційних пунктів. Так при ширині діаграми спрямованості  $\Delta\theta_{0,5P} = 30^\circ$  область прийому сигналів при вертикальній орієнтації діаграм спрямованості антен пеленгаційних комплексів обмежена зоною з радіусом  $R = 50$  км (рис. 5).

### Висновки та напрямки подальших досліджень

Використання наведеного варіанту побудови автоматичної багатопозиційної системи виявлення сигналів авіаційного радіозв'язку відбитих метеорними слідами, вимірювання двохкоординатних пеленгів на дзеркальні центри відбиття на метеорних слідах, визначення їх просторової орієнтації дозволить після аналізу набраного статистичного матеріалу розробити алгоритм прийняття рішення про повітряний напад, який дозволить збільшити час попередження Повітряних Сил Збройних Сил

України про повітряний напад. Окрім цього, інформація про розподіл радіантів метеорних слідів в зоні дії БПС може бути використана в метеорній радіоастрономії для її подальшого розвитку.

Отримані результати досліджень можуть бути використані при розробці програм автоматичного функціонального контролю запропонованої БПС.

Подальші дослідження дозволять сформулювати тактико-технічні вимоги до запропонованої БПС контролю активності авіаційного радіозв'язку за радіооб'ємом.

### Список літератури

1. Теоретичні основи побудови автоматичної багатопозиційної радіолокаційної системи виявлення функціонального ураження радіоелектронних засобів аеродинамічних цілей / Г.В. Певцов, А.Я. Яцуценко, Д.В. Карлов, А.І. Резніченко // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУ ПС, 2009. – Вип. 1 (75). – С. 8-12.
2. Яцуценко А.Я. Визначення координат мережі абонентів метеорного радіозв'язку / А.Я. Яцуценко, О.О. Білокур, А.І. Резніченко // Зб. наук. пр. Об'єднаного науково-дослідного інституту Збройних Сил. – Х., 2005. – Вип. 1(1). – С. 15-27.
3. Пространственные характеристики метеорного распространения радиоволн // Ince A. Nejat: Spatial properties of meteor burst propagation, "IEEE Trans. Commun". – 1980. – 28, № 6. – P. 841-849.
4. Портативный приёмопередатчик // Signal. – 1988. – № 9. – P. 93.
5. Система метеорной связи для обеспечения тактической разведки. Elliott R.D. // Signal. – 1986. – P. 90-98.
6. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория: справочник / Я.Д. Ширман, Ю.И. Лосев, Н.Н. Минервин, С.В. Москвитин и др.; под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: ЗАО «МАКВИС», 1998. – 828 с.
7. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торочин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пащенко та ін. – К.: МО України, Х: ХВУ, 2003. – 368 с.

Надійшла до редколегії 16.02.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.І. Сухаревський, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СРЕДСТВ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ ЗА РАДИГОРИЗОНТОМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТЕОРОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

Г.В. Певцов, А.Я. Яцуценко, Д.В. Карлов, А.М. Остапова

Рассматривается вариант построения многопозиционной системы обнаружения радиоэлектронных средств авиационной радиосвязи за радиогоризонтом по информации радиосигналов, которые отражаются метеорными следами в зоне метеорного распространения радиоволн (МРРХ).

**Ключевые слова:** метеорное распространение радиоволн, обнаружение источников радиоизлучения за радиогоризонтом, измерение угловых координат, показатели качества функционирования системы контроля.

### THEORETICAL BASES FOR CONSTRUCTION OF A MULTIPosition SYSTEM FOR AVIATION RADIO COMMUNICATIONS OVER THE RADIO HORIZON MEANS CONTROL WHEN USING METEORIC RADIO-WAVE PROPAGATION

G.V. Pevzov, A.Ya. Yatsutsenko, D.V. Karlov, A.M. Ostapova

A variant for construction of a multiposition system for radio-electronic means of the aviation radio communications over the radio horizon detection using the information of radio signals that are reflected by meteor trails in the area of meteoric radio-wave propagation (MRWP) is considered.

**Keywords:** meteor distribution of radio waves, finding out the sources of radio radiation after radiogorizon, measuring of angular co-ordinates, indexes of quality of functioning of the checking system.