

УДК 621.396

Д.В. Карлов¹, д.т.н., с.н.с.,
Ю.В. Рєзніков¹, к.т.н., с.н.с.,
О.Ю. Чернявський²

¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба,
м. Харків, Україна

²Факультет військової підготовки національного технічного університету «ХПІ»,
м. Харків, Україна

УПОРЯДКУВАННЯ МЕТОДІВ ПЕЛЕНГАЦІЇ ДЖЕРЕЛ РАДІОВИПРОМІНЮВАННЯ У КХ ДІАПАЗОНІ ЧАСТОТ

Проаналізовано особливості ведення «гібридної» війни та показано важливість створення прихованого поля спостереження за повітряною обстановкою за рахунок переоснащення перших ешелонів розвідки сучасними засобами пеленгації джерел радіовипромінювання у короткохвильовому діапазоні частот. Показано недоліки традиційних багатопозиційних методів пеленгування, що полягають у необхідності проведення розрахунку електромагнітної доступності пунктів радіоперехоплення та радіопеленгування та наявності хибних перетинів виміряних пеленгів. Запропоновано для упорядкування та подолання недоліків існуючих методів додатково використовувати однопунктну технологію пеленгування з розрахунком рівнів електромагнітного поля в пунктах прийому сигналів для формування відповідної багатопозиційної пеленгаційної мережі та збільшення ефективності планування пеленгаційних засобів шляхом формулювання рекомендацій і пропозицій по вибору кращих для зв'язку антен, корекції їх характеристик діаграм спрямованості, зміни потужності передавачів.

Ключові слова: ешелонування засобів розвідки, приховане поле спостереження, джерело радіовипромінювання, пункт радіоперехоплення та радіопеленгування, методи пеленгування, електромагнітна доступність, рефракція радіохвиль

Вступ

Постановка проблеми. Сьогодні, коли Російська Федерація посилює тиск за рахунок збільшення кількості своїх військ біля кордонів України та на тимчасово окупованих територіях з одночасним проведенням масштабної інформаційної кампанії антиукраїнської спрямованості, не виключається можливість продовження «гібридної війни» із широкомасштабним застосуванням засобів повітряного нападу [1,2].

Успішне виконання завдань протиповітряної оборони в умовах «гібридної війни», насамперед, залежить від функціонування системи розвідки. Ефективність даної системи залежить від комплексування існуючих засобів виявлення і попередження про повітряного противника за рахунок ешелонування існуючих засобів радіолокаційної, радіо та радіотехнічної розвідки. За рахунок цього забезпечується максимальна ефективність виконання поставлених завдань з мінімальними витратами часу та ресурсів військ (сил).

В умовах ведення «гібридної війни» особливого значення набуває завдання щодо створення прихованого поля спостереження за повітряною обстановкою, тому в першому та другому ешелоні виявлення та попередження знаходиться радіорозвідка об'єктів випромінювання противника в короткохвильовому (КХ) діапазоні частот [3], яка володіє найбільшими перевагами в плані дальності дії та прихованості, маючи можливість відстежувати діяльність противника засобами радіоперехоплення та радіопеленгування на відстані кількох тисяч кілометрів.

Досвід, отриманий в зоні проведення антитерористичної операції на сході України підтверджує необхідність вирішення завдань ешелонованої радіорозвідки щодо перехоплення переговорів у КХ діапазоні та забезпечення достатньої точності визначення координат джерел радіовипромінювання.

Основними шляхами удосконалення системи радіоелектронної розвідки в інтересах протиповітряної оборони держави є переозброєння підрозділів на сучасні засоби радіорозвідки, забезпечення пунктів управління Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України оперативною інформацією щодо підготовки і початку застосування засобів повітряного нападу [2]. З цієї метою на сьогодні здійснюється поступова заміна морально застарілої техніки на нові національні й іноземні багатофункціональні автоматичні засоби радіоперехоплення і радіопеленгування типу UNIDEN, КПАРР, БАПР, РПП «Восход», Р-677 «Сектор» [3].

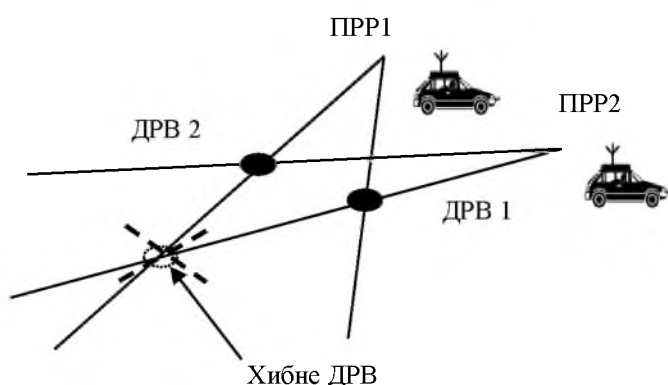


Рис. 1. Виникнення хибних ДРВ

Значно спростити ситуацію в такій постановці дозволяє використання однопозиційного методу визначення місцеположення ДРВ на основі використання інформації про кут місця приходу КХ сигналу. Використання однопунктної пеленгації дозволить в автономному режимі визначити приблизне положення ДРВ, розрахувати ЕМД наявних ПРР та уникнути появи хибних ДРВ, що в цілому упорядкує і значно прискорить процес визначення місця розташування ДРВ з використанням пеленгаційної мережі як ЗС, так і пеленгаційних постів інших збройних формувань держави.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні для оцінювання можливості прийому КХ сигналу в заданому ПРР використовують, як правило, графоаналітичні методи [4,5], засновані на використанні даних про середу розповсюдження, що отримуються за допомогою іонозондів. Однак, наявність потужного активного випромінювання від іонозонду повністю викриває технічні засоби розвідки і, відповідно, унеможлиблює скритність добування необхідної інформації, а в умовах відкритого протистояння, яке відбувається у зоні проведення операції об'єднаних сил значно знижає живучість постів, підрозділів та частин радіо та радіотехнічної розвідки за рахунок використання противником протирадіолокаційних ракет або інших засобів ураження. Тому **метою статті** є розробка рекомендацій щодо використання пасивного методу отримання інформації про параметри іоносфери для розрахунку ЕМД ПРР. Це дозволить повноцінно використовувати однопунктний метод як в автономному режимі, так і в складі пеленгаторної мережі держави.

Виклад основного матеріалу

Напруженість електромагнітного поля (ЕМП) E іоносферної хвилі розраховується на основі даних про: характеристики підстилаючої поверхні; потужність передавача; діаграму спрямованості антени з використанням наступного виразу [6]:

$$E = \frac{\sqrt{30 \cdot k \cdot P_a \cdot G}}{r} \cdot |R(\theta)|^{n-1} \cdot e^{-\Gamma(\theta)} \cdot D_M(\theta) \cdot D_g(\alpha), \quad (1)$$

де P_a – потужність передавача;

G – коефіцієнт підсилення антени;

r – дальність розповсюдження (довжина променя іоносферної хвилі);

n – кількість стрибків іоносферної хвилі;

$\Gamma(\theta)$ – повний коефіцієнт поглинання с заданим кутом падіння хвилі θ ;

$R(\theta)$ – коефіцієнт віддзеркалення радіохвиль від поверхні землі;

$Dw(\theta), Dg(\alpha)$ – характеристика направленості антени в вертикальній та горизонтальній площині;
 k – коефіцієнт втрат на магніто-іонне розщеплювання хвиль і поляризаційне розузгодження, який відповідає зниженню потужності, що підводиться до антени Р в чотири рази ($k=0,25$);

$\alpha = e^{-\Gamma}$ – інтегральний коефіцієнт поглинання.

Модуль коефіцієнта віддзеркалення $|R(\theta)|$ при похилому падінні хвилі на границю розділу повітря – середовище для значень довжини хвилі $\lambda = 10$ м, 50 м і 100 м показаний на рис. 2 [6].

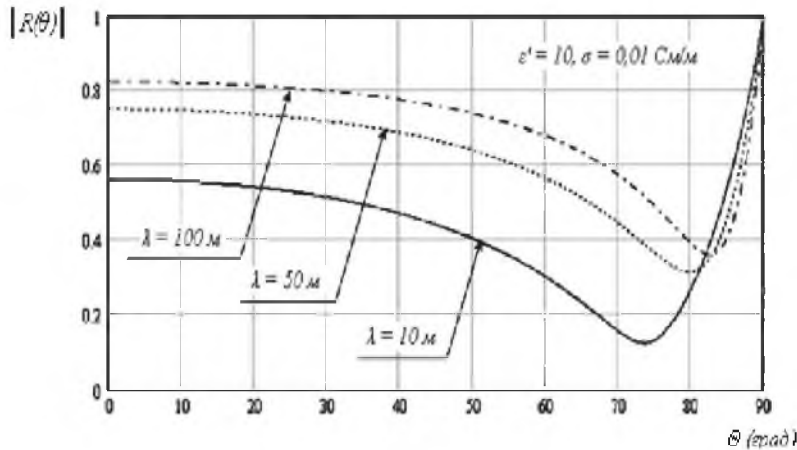


Рис. 2. Коефіцієнт віддзеркалення при падінні хвилі на границю розділу повітря – вологий ґрунт

Пройходження радіохвиль через іоносферу супроводжується втратою частини електромагнітної енергії хвилі через шари D, E і частково F1. Це характерно для хвиль КХ діапазону, що відбиваються від шару F2 та двічі перетинають нижні шари.

Загальний інтегральний коефіцієнт поглинання α є сумою часткових інтегральних коефіцієнтів поглинання в шарах D, E, F1 через які проходить хвиля, і в шарі F2, від якого хвиля відбивається.

При віддзеркаленні від шару F2 повний коефіцієнт поглинання Γ на частоті випромінювання передавача f визначається по критичних частотах шару f_0E на основі виразу (2) [7].

$$\Gamma = \frac{3 \cdot (f_0E)^2}{(f + f_L)^2 \cdot \cos(\varphi_D)} + \frac{2,5 \cdot (f_0E)^2}{(f + f_L)^2 \cdot \cos(\varphi_E)} + \frac{0,4 \cdot (f_0E)^2}{(f + f_L)^2 \cdot \cos(\varphi_{F1})} + 0,02 \cdot f^2 \cdot \cos^3(\varphi_{F2}), \quad (2)$$

де $\varphi_D, \varphi_E, \varphi_{F1}, \varphi_{F2}$ – кути падіння хвилі на границю шарів D, E F1;

$f_L \approx 1$ МГц – подовжня складова гіромагнітної частоти.

Графік ослаблення сигналу на КХ радіотрасі залежно від кута нахилу траєкторії φ , частоти зв'язку f і коефіцієнта поглинання в іоносфері α має вигляд, показаний на рис. 3 [6].

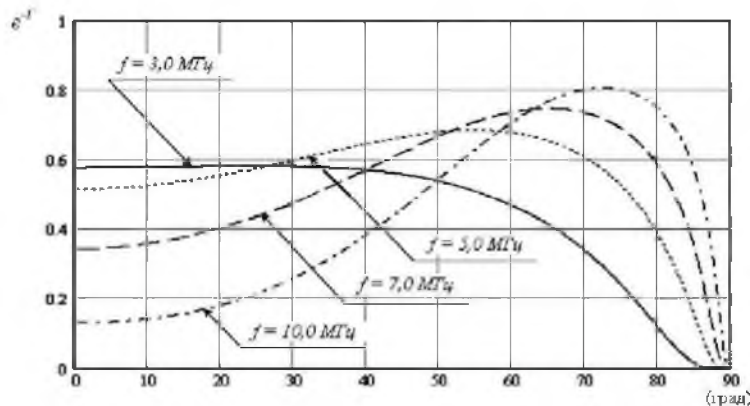


Рис. 3. Ослаблення сигналу на КХ радіотрасі, залежно від кута нахилу траєкторії, частоти сигналу і інтегрального коефіцієнта поглинання іоносфери

Найбільш популярним та ефективним методом розрахунку трас розповсюдження радіохвиль і відповідно кутів φ на даний час вважається метод заснований на наближеннях геометричної оптики.

Якщо випромінювання здійснюється із земної поверхні і падає на іоносферний шар під кутом φ_0 (рис. 4), подальша її траєкторія на іоносферній ділянці в плоскошаровому наближенні описується рівнянням [7]:

$$\left. \begin{aligned} n_0 \sin \varphi_0 &= n \sin \varphi \\ n_0 \cos \theta_0 &= n \cos \theta = const \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

де n_0 – показник заломлення нейтральної частини атмосфери.

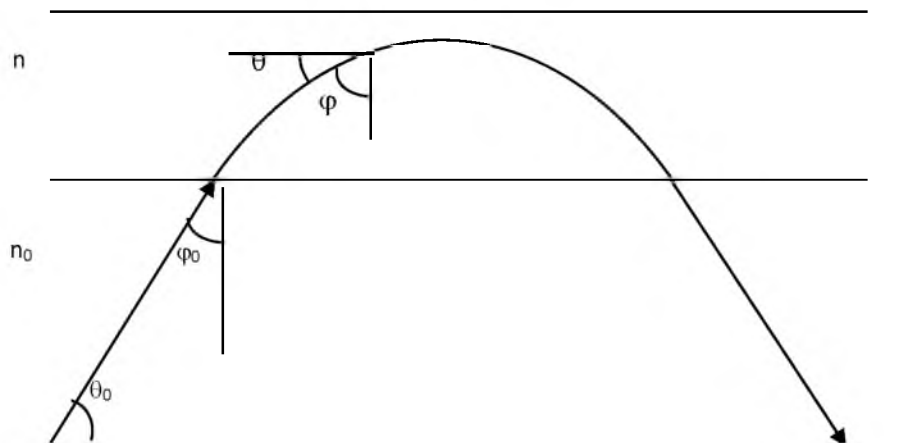


Рис. 4. Поворот траєкторії радіохвилі в іоносферному шарі

Характеристики діаграм спрямованості антени $Dw(\theta)$, $Dg(a)$ можуть задаватися або масивами даних з подальшим їх згладжуванням методом кубічних сплайнів, або розраховуються за допомогою відомих методів [6,7].

На рис. 5 представлені результати розрахунків розподілу рівня ЕМП на частоті $f = 5$ МГц, потужності передавача $P_a = 1000$ Вт при використанні антени «Диполь» в тривимірній системі координат [6].

Результати розрахунків можуть бути поєднані з картою регіону та, відповідно, зроблені висновки відносно можливості отримувати КХ сигнал заданим ПРР.

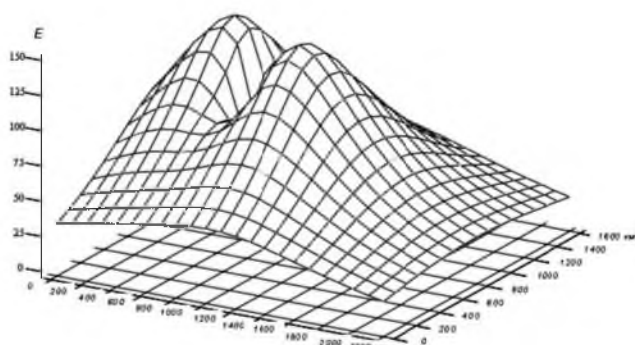


Рис. 5. Розподіл рівня ЕМП для $f = 5$ МГц від передавача, що працює на антену «Диполь»



Рис. 6. Використання однопунктного методу визначення положення ДРВ для упорядкування традиційного багатопозиційного підходу

За результатами розрахунків ЕМД виробляється уточнена пеленгація (рис. 6). У разі потреби і при відповідних домовленостях можна залучати пеленгатори і інших держав.

Висновки

Представлений метод розрахунку ЕМД дозволяє провести розрахунки для радіопередавальних пристроїв, довільно розміщених на території будь-якого регіону і будь-яких типів антен. Отримані дані про територіальний розподіл рівнів ЕМП можна використовувати на етапах планування багатопозиційного пеленгування різномірними ПРР, етапах планування КХ радіозв'язку між пунктами управління, а також для збільшення ефективності планування зв'язку шляхом формулювання рекомендацій і пропозицій по вибору кращих для зв'язку антен, корекції їх характеристик діаграм спрямованості, зміни потужності передавачів і ін.

Список використаних джерел

1. Шамко В.Є. Особливості застосування військових частин повітряних сил Збройних Сил України в умовах ведення "гібридної" війни на сході України / В.Є. Шамко, О.М. Жарик // Науково-практична конференція Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба: тези доповідей, 25-27 жовтня 2017 року – Х : ХНУПС, 2017.– С. 6-12.

2. Світова гібридна війна: український фронт : монографія / за заг. ред. В.П. Горбуліна. – К. : НІСД, 2017. – 496 с.

3. Коваль В.В. Шляхи впровадження новітніх вітчизняних технологій в інтересах Повітряних Сил Збройних Сил України / В.В. Коваль // Науково-практична конференція Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба: тези доповідей, 25-27 жовтня 2017 року – Х : ХНУПС, 2017.– С. 14-16.

4. Слободянюк П. В., Благодарный В. Г. Радиомониторинг: вчера, сегодня, завтра (Теория и практика построения системы радиомониторинга) / Под общ. ред. Слободянюка П.В.– Прилуки: ООО «Издательство «Айр-Полиграф», 2010.– 296 с.

5. Хмырова, Н.П. Вклад ОНИИП в создание аппаратных комплексов ДКМ помехозащищенных радиолиний связи ВМФ [Текст] / Н.П. Хмырова // Техника радиосвязи / Омский НИИ приборостроения. – 2008. – Вып. 13. – С. 25–32.

6. Попов Н.А., Чернова М.М., Макаев А.И. Территориальное распределение уровней сигнала различных частот на радиотрассах декаметрового диапазона волн от передатчика с антенной "Диполь" // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – т. 14, №6. – С.285-291.

7. Електродинаміка та поширення радіохвиль : конспект лекцій / Л. Ф.Купченко, А. С. Риб'як, О. В. Єфімова. – Х : ХУПС, 2013. – 144 с.

УПОРЯДОЧИВАННЯ МЕТОДОВ ПЕЛЕНГАЦІЇ ІСТОЧНИКОВ РАДІОІЗЛУЧЕННЯ В КВ ДІАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

Д.В. Карлов, Ю.В. Резников, О.Ю. Чернявский

Проанализированы особенности ведения «гибридной» войны и показана важность создания скрытого поля наблюдения за воздушной обстановкой за счет переоснащения первых эшелонов разведки современными средствами пеленгации источников радиоизлучения в коротковолновом диапазоне частот. Показаны недостатки традиционных многопозиционных методов пеленгования, которые заключаются в необходимости проведения расчета электромагнитной доступности пунктов радиоперехвата и радиопеленгования и наличия ошибочных пересечений измеренных пеленгов. Предложено для упорядочивания и преодоления недостатков существующих методов дополнительно использовать однопунктную технологию пеленгования с расчетом уровней электромагнитного поля в пунктах приема сигналов для формирования соответствующей многопозиционной пеленгационной сети и увеличения эффективности планирования пеленгационных средств путем формулировки рекомендаций и предложений по выбору лучших для связи антенн, коррекции их характеристик диаграмм направленности, изменения мощности передатчиков.

Ключевые слова: эшелонирование средств разведки, скрытое поле наблюдения, источник радиоизлучения, пункт радиоперехвата и радиопеленгования, методы пеленгования, электромагнитная доступность, рефракция радиоволн.

ARRANGEMENT OF METHODS OF DIRECTION-FINDING OF SOURCES OF RADIOEMITTING IN HF RANGE OF FREQUENCIES

D. Karlov, Y. Reznikov, O. Cherniavskiy

The features of prosecution of «hybrid» war are analysed and importance of creation of the hidden field of looking is rotined after an air situation due to retooling of the first echelons of secret service of direction-finding of sources of radioemitting in the short-wave range of frequencies modern facilities. The lacks of traditional multiposition methods are rotined direction-findings which consist in the necessity of leadthrough of calculation of electromagnetic availability of points of radio intercept and radiodirection-finding and presence of the erroneous crossings of the measured bearings. It is offered for arrangement and overcoming of lacks of existent methods additionally to use single station location technology of direction-finding with the calculation of levels of the electromagnetic field in the points of reception of signals for forming of the proper multiposition direction-finding network and increase of efficiency of planning of direction-finding facilities by formulation of recommendations and suggestions on the choice of the best for connection aerals, correction of their descriptions of diagrams of orientation, change to power of transmitters.

Keywords: echelonment of facilities of secret service, hidden field of supervision, source of radioemitting, point of radio intercept and radiodirection-finding, methods of direction-finding, electromagnetic availability, refraction of radiowaves