

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ДАЛЬНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ПРАВОПОРУШНИКА ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ ДОПЛЕРІВСЬКОЮ РАДІОЛОКАЦІЙНОЮ СТАНЦІЄЮ

Комплекс переносних доплерівських РЛС типу ELTA EL/M-2129, виробництва Ізраїлю, які встановлені на вежах висотою до 60 м являють собою основні засоби виявлення рухомих об'єктів на даній ділянці охорони в системі оптико-електронного спостереження (СОЕС). Для протидії завадам в РЛС типу ELTA EL/M-2129 застосовується режим селекції рухомих цілей ефективність якого залежить від курсу і швидкості руху об'єкта по відношенню до РЛС, що повинно враховуватися топологією радіолокаційних веж і режимом роботи РЛС, в іншому випадку, можуть утворюватися зони невидимості.

Тому, використання СОЕС потребує оцінки впливу такого значимого фактору як руху правопорушника та дії гідрометеорів на можливість утворення зон невидимості за діючої топології веж на ділянці відповідальності прикордонного загону, що необхідно розглядати в межах дотримання принципу гомеостазису структури СОЕС в інтересах забезпечення безпеки в прикордонній сфері.

У роботі здійснено аналіз методів оцінки дальності дії РЛС, що описується трансцендентним рівнянням. Найбільш перспективним із розглянутих методів: графоаналітичний метод, метод послідовних наближень та аналітичний метод, останній забезпечує аналітично-точне рішення. Даний метод може бути розроблений із застосуванням відносно нової функції Ламберта, що є ефективним засобом рішення трансцендентних рівнянь.

Ключові слова: дальність виявлення, радіолокаційна станція.

Постановка проблеми. Технічне переоснащення підрозділів охорони кордону є найважливішим системним завданням охорони кордону, яке потребує врахування принципу гомеостазису, в першу чергу, в інтересах забезпечення безпеки держави в прикордонній сфері.

Основними засобами виявлення рухомих об'єктів на розподіленій ділянці охорони в системі оптико-електронного спостереження (СОЕС) є комплекс переносних доплерівських радіолокаційних станцій (РЛС) типу ELTA EL/M-2129, виробництва Ізраїлю, які встановлені на вежах висотою до 40 м, рис. 1.

Додатково для охорони локальних ділянок зон невидимості РЛС, які утворились через відсутність прямої радіолокаційної видимості на ділянці відповідальності прикордонних загонів, передбачено використання сейсмічних, магнітометричних, інфрачервоних, відеотепловізійних датчиків. Зони невидимості можуть також утворюватися при дії гідрометеорів, які ослаблюють потужність радіолокаційного сигналу, а, отже, зменшують дальність виявлення РЛС. Також, у 2017 році прийнято до експлуатації підрозділами Державної прикордонної служби України (ДПСУ) рухомий бойовий модуль "Тритон", одним із засобів наземної розвідки якого є доплерівська РЛС «Лис-2М».

Для протидії завадам в доплерівських РЛС застосовується режим СРЦ, ефективність якого залежить від курсу і швидкості руху об'єкту по відношенню до РЛС, що повинно враховуватися топологією позиції спостереження або радіолокаційних веж і режимом роботи РЛС, наслідком зворотного ефекту – можуть утворитися зони невидимості. Крім зазначених нових засобів охорони у підрозділах ДПСУ використовуються РЛС типу СБР-3, ПСНР-5 та їх модифікації, що також функціонують в режимі селекції рухомих цілей (СРЦ).



Рис. 1. Ділянка Подільського та Білгород-Дністровського прикордонних загонів, на яких встановлено системи оптико-електронного спостереження

спостереження для створення суцільної зони спостереження за акваторіями річок Дністер, Дунай; розгортання двох постів технічного спостереження по обидва береги прикордонної річки Дніпро, оснащених радіолокаційними засобами спостереження; створення парку електронних засобів дистанційного контролю сухопутних ділянок місцевості на основі різноманітних датчиків, радіолокаційних та оптико-електронних засобів спостереження; придбання 68 одиниць пересувних бойових модулів із засобами спостереження на основі доплерівських РЛС [1-4].

Отже, питання вибору позиції спостереження, місця встановлення РЛС є важливим для забезпечення неперервності спостереження у просторі і часі, що потребує проведення оцінки впливу різних факторів на дальність виявлення доплерівських РЛС, що є невід'ємною складовою системи спостереження на річкових і сухопутних ділянках охорони.

Формулювання мети статті. Метою даної статті є проведення аналізу методів оцінки дальності виявлення правопорушника державного кордону доплерівською радіолокаційною станцією.

Виклад основного матеріалу. Для досягнення визначеної мети вбачається за доцільне основний зміст роботи викласти у такій послідовності:

- аналіз контрабандної діяльності як загрози безпеки держави у прикордонній сфері;
- аналіз характеристик доплерівських РЛС підрозділів охорони кордону;
- аналіз метеорологічних умов на ділянці охорони кордону;
- аналіз методів оцінки дальності виявлення РЛС при впливі гідрометеорів.

Аналіз контрабандної діяльності як загрози безпеці держави у прикордонній сфері.

Контрабанда завдає значної шкоди економіці держави, суттєво впливає на криміногенну ситуацію, має організований характер та здійснюється злочинними організаціями. Протидія контрабанді, у першу чергу, здійснюється стосовно переміщення зброї та засобів терору. Лише протягом 2016 року [5] органами охорони державного кордону вилучено 1249 од. зброї, 932 тис. шт. боєприпасів, 168,7 кг вибухових речовин, 60,5 кг наркотичних речовин. Подібна статистика і за попередні роки, рис. 2, вказує на присутню рентабельність протиправної діяльності.

Правопорушники постійно корегують механізм і тактику переміщення контрабанди. Внаслідок зайняття контрабандою жителями прикордонних районів протягом останніх років сформовані великі угруповання, які забезпечені всюдихідною технікою, засобами зв'язку та

Аналіз останніх досліджень.

Нормативно-правовими документами визначені завдання із забезпечення ефективної реалізації політики безпеки у сфері захисту кордону та охорони державного кордону, визначено довгострокові перспективи розвитку системи охорони та інженерно-технічного облаштування державного кордону України, а також здійснено планування заходів щодо насичення технічними засобами охорони кордону (ТЗОК) з метою забезпечення суцільної зони виявлення і спостереження за державним кордоном. Зокрема, передбачено: розгортання мережі інтегрованих вей, оснащених засобами радіолокаційного

розвідки. Одним з основних предметів контрабанди, яка віднесена до компетенції ДПСУ, є зброя і боєприпаси. Одним із шляхів їх переміщення через кордон є переміщення поза пунктами пропуску. Так, в 2016 році 67% зброї вилучено поза пунктами пропуску [5].

Як свідчать результати аналізу статистичних даних щодо незаконного переміщення зброї, найбільш активними були українсько-російська (10%), українсько-білоруська (20%), українсько-молдовська (11%), українсько-румунська (7%) ділянки кордону [5], рис. 3.

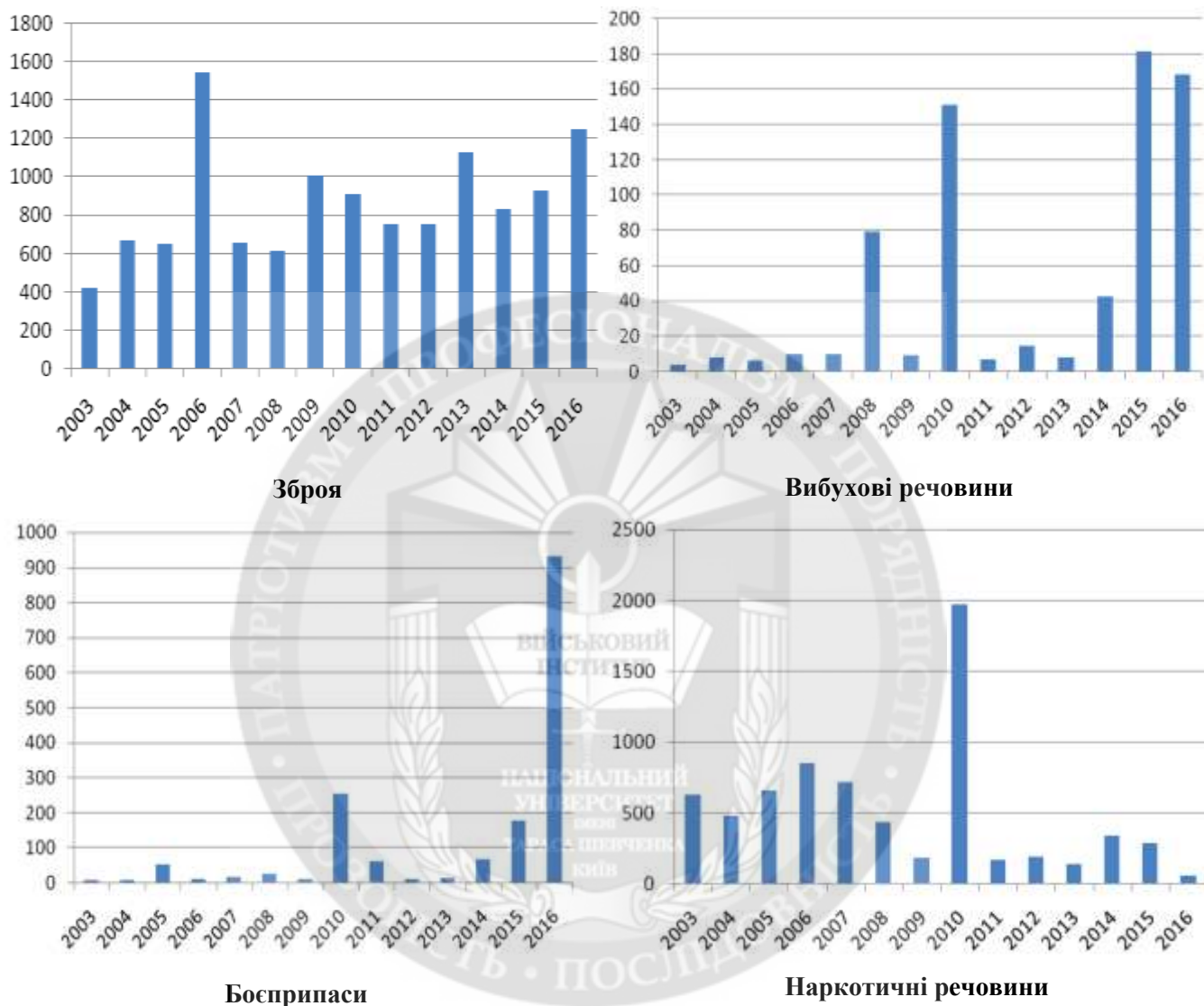


Рис. 2. Результати діяльності ДПСУ щодо протидії контрабандній діяльності та незаконному переміщенню через кордон товарів та вантажів

Переміщення зброї поза митним контролем зумовлений насамперед існуванням "прозорих" кордонів з Російською Федерацією, Білоруссю, Молдовою. У кримінальному аспекті істотно важливим є те, що і після здійснення контрабанди злочинна діяльність продовжується. Вона виражається у використанні результатів контрабандної діяльності і найбільш загрозливими є контрабанда зброї і боєприпасів. Розглянемо інші аспекти такої діяльності, які є суттєвими для врахування при розвитку ТЗОК.

Обрання часу вчинення контрабанди. Як правило, злочинці намагаються обрати другу половину ночі. Найчастіше контрабандна діяльність здійснюється вночі. Інколи злочинці планують вчинення контрабанди у несприятливу погоду.

Соціально-психологічний портрет контрабандиста такий: готує, планує, здійснює масштабну операцію. Контрабандисти інформовані про можливі шляхи переміщення,

вдаються до хитрощів. Метою їх діяльності може бути завдання державі шкоди, вони беруть активну участь у створенні сприятливої для них криміногенної ситуації і використовують будь-які можливості.



Рис. 3. Результати аналізу статистичних даних щодо незаконного переміщення зброї за 2015 рік

які добре знають особливості місцевості, порядок роботи прикордонних нарядів. Про зростання "професійності" контрабандистів свідчить запровадження правила попередньої ґрунтовної розвідки майбутніх маршрутів руху, а також їх часта зміна та прагнення заздалегідь виявляти можливе візуальне спостереження з боку правоохоронних органів.

В результаті проведеного аналізу відзначимо, що незаконне переміщення зброї, боєприпасів, вибухових та наркотичних речовин найбільш реально готується та вимагає підвищення ефективності застосування ТЗОК, виявлення і усунення всіх потенційних маршрутів незаконного переміщення через кордон. Основною функцією ТЗОК, при цьому, є автоматичне виявлення правопорушника за будь-яких умов впливу навколишнього середовища, що в основному здійснюється із застосуванням доплерівських РЛС. З метою визначення ефективності контролю державного кордону проведемо аналіз характеристик нових РЛС.

Аналіз характеристик доплерівських РЛС підрозділів охорони кордону. Основні тактико-технічні характеристики РЛС подано у табл. 1.

У подальшому більш детально розглянемо вплив факторів на прикладі РЛС ELTA EL/M 2129 СОЕС.

Таблиця 1

Основні тактико-технічні характеристики доплерівських РЛС

Характеристики РЛС	Назва РЛС			
	ELTA EL/M-2129	Лис-2М	СБР-3	ПСНР-5
Максимальна дальність дії	110 м - 30 км	-	4 км	15 км
Дальність виявлення об'єкта, який рухається зі швидкістю не менше 2,5 км/год в умовах прямої видимості:				
людини	7 км	2,5 км	0,9 км	3 км
автомобіля	25 км	6,4 км	3 км	8 км
Частота радіосигналу	8,95 ГГц	-	9,2 ГГц	16 ГГц
Наявність автоматичного режиму виявлення	так	так	ні	ні

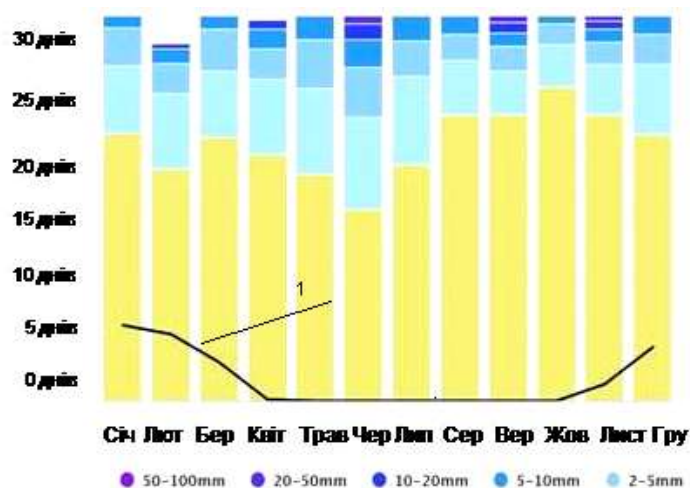


Рис. 4. Розподіл опадів протягом року на ділянці відповідальності Подільського та Білгород-Дністровського прикордонних загонів: жовтим показано дні без опадів; крива 1 – дні снігопаду

Аналіз метеорологічних умов на ділянці охорони кордону. Вплив гідрометеорів, особливо дощу і туману, призводить до зменшення дальності виявлення РЛС. Дано коротку метеорологічну характеристику ділянки відповідальності Подільського та Білгород-Дністровського прикордонних загонів. Близькість Чорного моря обумовлює достатньо значну кількість днів з опадами [6]: число штормових днів протягом року – 30; число днів з туманами – 40; число днів з опадами – 120; інтенсивність опадів (I_0) – 26-55 мм/год. Середньостатистичний розподіл опадів за місяцями такий [6], рис. 2. РЛС типу ELTA EL/M-2129 працює в 3 см діапазоні довжин хвиль, для якого впливовими є середні і сильні опади.

У результаті аналізу середнього розподілу опадів протягом року за тривалий період спостережень, рис. 4, встановлено такий розподіл кількості днів із середніми і сильними опадами, тобто, більше 4 мм/год., табл. 2.

Згідно даних табл. 2, 60-70 днів щорічно характеризуються опадами, які дещо зменшують дальність виявлення РЛС і 10-11 днів, які більш суттєво впливають. Зазначене є фактором, який погіршує умови спостереження на даній ділянці кордону, особливо в літні місяці. Оскільки ослаблення радіохвиль в результаті випадання граду або снігу значно менше, ніж в результаті дощу або туману, тому значний вплив гідрометеорів буде стосуватися саме цих опадів і спостерігається у період з березня по листопад місяці.

Таблиця 2

Розподіл кількості днів з опадами більше 4 мм/год. протягом року

Вид опадів	Кількість днів з опадами більше 4 мм/год. по місяцях												Загальна кількість днів з опадами більше 4 мм/год.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
більше 4 мм/год.	5	5	5	5	6	13	10	4	4	3	3	4	67
більше 16 мм/год.	0,1	0,5	0,7	0,8	1,0	1,8	0,9	0,9	1,2	0,7	0,9	0,8	10

Розробка методу оцінки впливу сукупності факторів на дальність виявлення доплерівської РЛС. 1. Аналіз методів оцінки дальності виявлення РЛС при впливі гідрометеорів. Затухання радіохвиль в тропосфері, що викликані розсіянням і поглинанням електромагнітної енергії в тропосфері, здійснюють помітний вплив на дальність виявлення РЛС. Так, дальність виявлення РЛС з врахуванням затухання визначається виразом:

$$D_p = D_0 e^{-0,115 \Gamma D_p}, \quad (1)$$

де D_p – дальність виявлення рухомого об'єкту (РО) при впливі гідрометеорів, км; D_0 – дальність виявлення РО в умовах прямої видимості, км; Γ – коефіцієнт згасання радіолокаційного сигналу, дБ/км.

Рівняння (1) є трансцендентним, наближене рішення його здійснюють графоаналітично [7], методом послідовних наближень, методом Ньютона (метод дотичних) [7, 8]. Дано коротку характеристику зазначених методів. Графоаналітичний метод. Шляхом логарифмування обох частин, рівняння (1) приводять до виду $\Gamma D_0 = 8,68(1/\gamma) \ln(1/\gamma)$, де $\gamma = \frac{D_p}{D_0}$, що представлено на рис. 5 у вигляді графіка $\gamma = (\Gamma D_0)$. Задаючись Γ та дальністю виявлення РЛС у вільному просторі D_0 , знаходять відношення γ , яке дозволяє визначити D_p .

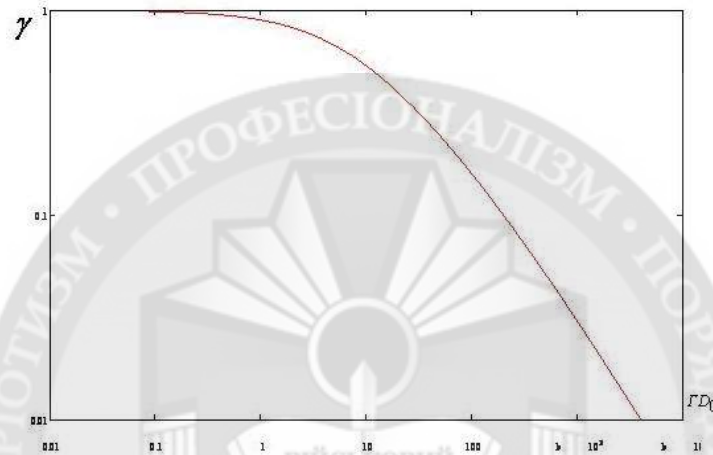


Рис. 5. Відносне зменшення дальності за рахунок згасання в атмосфері

Якщо траса є неоднорідною, то вона розбивається на n відрізків довжиною D_k (де $k=1,2,\dots,n$), в проміжках кожного із яких питоме згасання постійне:

$$\sum_{k=1}^l D_k + \Delta D_{i+1} = D_k \times \exp \left[-0,115 \left(\sum_{k=1}^l \Gamma_k D_k + \Gamma_{i+1} \Delta D_{i+1} \right) \right], \quad (2)$$

де $D_0 = \sum_{k=1}^n D_k$ та $\Delta D_{i+1} < D_{i+1}$ – частина $(i+1)$ -го шару ($i+1 < n$), при чому i визначається за умови [7]:

$$\sum_{k=1}^l D_k < D_0 \exp(-0,115(\sum_{k=1}^l \Gamma_k D_k)); \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^{l+1} D_k > D_0 \exp(-0,115(\sum_{k=1}^{l+1} \Gamma_k D_k)), \quad (4)$$

межа граничної дальності лежить всередині $(i+1)$ -го шару.

Метод послідовних наближень [7, 8]. Визначається коефіцієнт втрат на поглинання в атмосфері – $L_{\alpha 1}$, дБ, на відстані D_0 згідно до виразу $L_{\alpha 1} = \Gamma D_0$. Якщо $L_{\alpha 1} < 0,1$ дБ, то в якості кінцевого значення дальності приймаємо D_0 . В іншому випадку, визначається коефіцієнт зменшення дальності $\delta_1 = \text{anti} \lg \left[\frac{-L_{\alpha 1}}{40} \right]$ і перше наближення дальності $D_1 = \delta_1 D_0$. Далі знаходиться коефіцієнт втрат – $L_{\alpha 2}$ на відстані D_1 . Якщо $L_{\alpha 1} - L_{\alpha 2} < 0,1$ дБ, то в якості кінцевого

значення дальності приймається D_1 . В іншому випадку, знаходиться $\delta_2 = \text{anti lg} \left[\frac{(L_{\alpha 1} - L_{\alpha 2})}{40} \right]$, після чого визначається $D_2 = \delta_2 D_0$.

Розрахунок дальності виявлення необхідно виконати для різних умов спостереження: для нормальних умов (відсутність опадів); для слабкого ($I_0=1$ мм/год), середнього ($I_0=4$ мм/год) і сильного ($I_0=16$ мм/год) дощу; для туману при видимості 30, 50, 100, 200 і 500 м.

Результати розрахунків систематизують, зводять у таблицю або відображають графічно, щоб можна було зробити висновки про вплив умов спостереження на дальність виявлення РЛС.

Потреба у подальшому застосуванні результатів розрахунків за виразом (1) з метою врахування інших факторів, що зменшують дальність виявлення, зокрема, параметри руху правопорушника, потребувало пошуку нового методу визначення дальності виявлення при впливі гідрометеорів. В іншій формі дальність виявлення РЛС з врахуванням затухання радіохвиль визначається за виразом [8]:

$$D_p = D_0 e^{-0,5\Gamma D_p} \quad (5)$$

Залежність коефіцієнта затухання радіосигналу (в одному напрямі) від впливу гідрометеорів і довжини радіохвилі подано на рис. 6 [9-11].

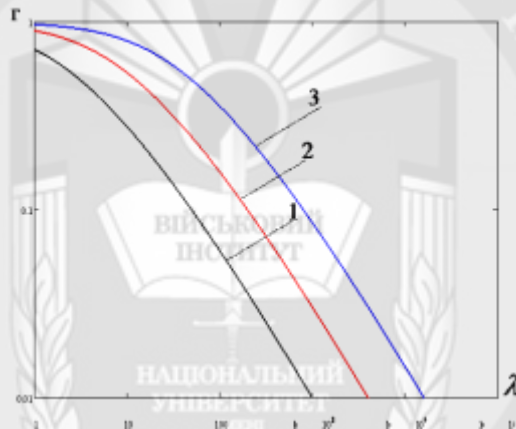


Рис. 6. Залежність коефіцієнта затухання радіосигналу від довжини радіохвилі та впливу гідрометеорів з інтенсивністю: крива 1 – 0,25 мм/год (морозящі); крива 2 – 1 мм/год (слабкі); крива 3 – 4 мм/год (опадів середньої сили)

Для оцінки дальності виявлення РЛС значення коефіцієнта затухання радіосигналу необхідно подвоїти.

Метод Ньютона є окремим випадком методу простих ітерацій. При завданні початкового наближення отримують послідовність наближень дальності із застосуванням апарату похідних від функції дальності. Якщо ця послідовність сходиться, то наближення вважається коренем рівняння. Найбільш перспективним є аналітично-точний метод визначення дальності, при якому рівняння дальності дії може бути виведено із застосуванням відносно нової функції Ламберта, що є ефективним засобом рішення трансцендентних рівнянь.

Отже, загальна порівняльна характеристика методів рішення трансцендентного рівняння визначення дальності виявлення РО подана у табл. 3.

Висновки: В роботі здійснено аналіз методів оцінки дальності дії РЛС. Із розглянутих методів: графоаналітичного методу, методу послідовних наближень та аналітичного методу, останній є найбільш перспективний. В основу розробки даного методу покладено перетворення Ламберта

Таблиця 3

Методи рішення трансцендентного рівняння визначення дальності виявлення РО

Назва методу	Сутність методу	Переваги застосування	Недоліки застосування
Метод послідовних наближень, метод простих ітерацій	Початкове рішення рівняння є наближеним, шляхом застосування декількох ітерацій зменшують методичну похибку обчислень	Рішення є таким, що сходиться незалежно від вибору початкового наближення	Рішення наближене, кількість ітерацій впливає на час обробки даних, ускладнено застосування моделі визначення дальності за умови, якщо вона є складовою іншої математичної моделі
Графоаналітичний метод	Шляхом уведення відносного зменшення дальності будують графік затухання сигналу, дані з якого використовують для знаходження дальності виявлення	Простота реалізації	Рішення наближене, ускладнено застосування моделі визначення дальності за умови, якщо вона є складовою іншої математичної моделі
Метод Ньютона (метод дотичних)	Застосовується похідна шуканої функції для уточнення наближеного значення	Має високу швидкість збіжності результатів, близьку до квадратичної. Розрахункова формула методу досить легко реалізується на ПЕОМ	Рішення сходиться не при будь-якому виборі початкового наближення
Аналітичний метод	Здійснюють перетворення вихідної математичної моделі до виду, що застосовується у функції Ламберта. Рішення рівняння визначення дальності є аналітичним	Модель дальності подвоюється математичним рішенням, яке має аналітично-точне рішення	Рішення рівняння потребує затрат часу на виконання операцій ПЕОМ

ЛІТЕРАТУРА:

1. Стратегія розвитку системи охорони та інженерно-технічного облаштування державного кордону України до 2030 року: наказ АДПСУ від 09.09.2016 р. № 124.
2. Про схвалення Концепції Державної цільової правоохоронної програми «Облаштування та реконструкція державного кордону» на період до 2020 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 11 листопада 2015 р. № 1179-р.
3. План заходів щодо інженерно-технічного облаштування українсько-російського державного кордону, територій, прилеглих до районів проведення антитерористичної операції та Автономної Республіки Крим, що затверджено розпорядженням КМУ від 14.05.2015 р. № 439-р.
4. Зміни, що вносяться до розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 травня 2015 р. № 439: розпорядженням Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2016 р. № 1060-р.
5. Державна прикордонна служба України. Результати оперативно-службової діяльності. Поточний рік [Електронний ресурс] – Київ: АДПСУ, 2016 – Режим доступу: http://dpsu.gov.ua/ua/activities/osd_results/osd_results_7.htm.
6. Погода: прогноз. – Режим доступу: https://www.meteoblue.com/ru/погода/прогноз/modelclimate/Котовск_Украина_704679. – Заголовок з

екрану.

7. Финкельштейн М. И. Основы радиолокации: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / М. И. Финкельштейн. – М.: Радио и связь. – 1983. – С. 536.

8. Моисеев В.С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами: монография. / В.С. Моисеев. – Казань: ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования» (Серия «Современная прикладная математика и информатика»). – 2013. – С. 768.

9. Васин В. В. Справочник-задачник по радиолокации / В. В. Васин, Б. М. Степанов. – М.: Сов радио. – 1977. – С. 320.

10. Тяпкин В. Н. Основы построения радиолокационных станций радиотехнических войск: учебник / В.Н. Тяпкин, А.Н. Фомин, Е.Н. Гарин. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т. – 2011. – С. 536.

11. Дмитриев В. А. Основы применения технических средств наблюдения пограничных войск / В. А. Дмитриев. – М.: ГУПВ КГБ СССР. – 1991. – 288 с.

REFERENCES:

1. Stratehiya rozvytku systemy okhorony ta inzhenerno-tekhnichnoho oblashtuvannya derzhavnoho kordonu Ukrayiny do 2030 roku: nakaz ADPSU vid 09.09.2016 r. № 124.

2. Pro skhvalennya Kontseptsiyi Derzhavnoyi tsil'ovoyi pravookhoronnoyi prohramy «Oblashtuvannya ta rekonstruktsiya derzhavnoho kordonu» na period do 2020 roku: rozporyadzhennya Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 11 lystopada 2015 r. № 1179-r.

3. Plan zakhodiv shchodo inzhenerno-tekhnichnoho oblashtuvannya ukrayins'ko-rosiys'koho derzhavnoho kordonu, terytoriy, prylehlykh do rayoniv provedennya antyterorystychnoyi operatsiyi ta Avtonomnoyi Respubliky Krym, shcho zatverdzheno rozporyadzhenniam KMU vid 14.05.2015 r. № 439-r.

4. Zminy, shcho vnosyat'sya do rozporyadzhennya Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 14 travnya 2015 r. № 439: rozporyadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 28 hrudnya 2016 r. №1060-r.

5. Derzhavna prykordonna sluzhba Ukrayiny. Rezul'taty operatyvno-sluzhbovoyi diyal'nosti. Potochnyy rik (2016). [Elektronnyy resurs]. Kyiv: ADPSU. Rezhym dostupu: http://dpsu.gov.ua/ua/activities/osd_results/osd_results_7.htm.

6. Pohoda: prohnoz. – Rezhym dostupu: https://www.meteoblue.com/ru/pohoda/prohnoz/modelclimate/Kotovsk_Ukrayna_704679. Zaholovok z ekranu.

7. Fynkel'shteyn M. Y. (1983). Osnovu radyolokatsyy: Uchebnyk dlya vuzov. – 2-e yzd., pererob. y dop. [Fundamentals of radiolocation: A textbook for high schools]. Moscow, Radyo y svyaz', 536p. (in Russian).

8. Moiseev V.S. (2013). Prykladnaya teoryya upravlenyya bespylotnumy letatel'numy apparatamy: monohrafiya. [Applied theory of control of unmanned aerial vehicles: monograph]. Kazan, GBU, 768p. (in Russian).

9. Vasyn V. V. (1977). Spravochnyk-zadachnyk po radyolokatsyy. [Reference book on the task of radar]. Moscow, Sov. Radyo, 320p. (in Russian).

10. Tyapkyn V. N. (2011). Osnovu postroenyaya radyolokatsyonnykh stantsyy radyotekhnicheskyykh voysk: uchebnyk. [Fundamentals of the construction of radar stations of radio technical troops: a textbook]. Krasnoyarsk, Syb. feder. un-t, 536p. (in Russian).

11. Dmytryev V. A. (1991). Osnovu prymenenyaya tekhnicheskyykh sredstv nablyudenyaya pohranychnukh voysk. [Basics of the use of technical means of monitoring border troops]. Moscow, HUPV K·NB SSSR, 288p (in Russian).

Рецензент: д.т.н., доц. Лисий М.І., професор кафедри інженерного та технічного забезпечення охорони державного кордону Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького

к.т.н. Бабий Ю.А.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ДАЛЬНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРАВОНАРУШИТЕЛЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ ДОПЛЕРОВСКОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИЕЙ

Комплекс переносных доплеровских РЛС типа ELTA EL/M-2129, производства Израиля, которые установлены на башнях высотой до 60 м, представляют собой основные средства обнаружения движущихся объектов на данном участке охраны в системе оптико-электронного

наблюдения (СОЭН). Для противодействия помех в РЛС типа ELTA EL/M-2129 применяется режим селекции движущихся целей эффективность которого зависит от курса и скорости движения объекта по отношению к РЛС, должно учитываться топологией радиолокационных башен и режимом работы РЛС, в противном случае, могут образовываться зоны невидимости.

Поэтому, использование СОЭН требует оценки влияния такого значимого фактора как движения правонарушителя и действия гидрометеоров на возможность образования зон невидимости при действующей топологии башен на участке ответственности пограничного отряда, что необходимо рассматривать в рамках соблюдения принципа гомеостазиса структуры СОЭН в интересах обеспечения безопасности в пограничной сфере.

В работе проведен анализ методов оценки дальности действия РЛС, что описывается трансцендентным уравнением. Наиболее перспективным из рассмотренных методов: графоаналитический метод, метод последовательных приближений и аналитический метод, последний обеспечивает аналитически-точное решение. Данный метод может быть разработан с применением относительно новой функции Ламберта, что является эффективным средством решения трансцендентных уравнений.

Ключевые слова: дальность обнаружения, радиолокационная станция.

Ph.D. Babiy Yu.

ANALYSIS OF THE METHODS OF ESTIMATION THE DISTANCE OF THE STATE BORDER OFFER OF THE STATE BORDER BY THE DOPPLER RADAR STATION

The strategy of health and engineering arrangement of the state border of Ukraine; Concept of the National Law Enforcement Program "Construction and reconstruction of state border"; requirements for gradual development of border agency, providing modern equipment guard units integrated technical means of border protection that will provide adequate current threats to national security border control areas, including land. Technical reequipment of the border guard units is the most important task of border security system that requires taking into account the principle of homeostasis, primarily in the interests of state security in the border area.

Today one of the promising directions of development of engineering controls, with the aim of continuous coverage of the situation at the state border and timely response to its changes is to improve the technical means of border protection as the only reliable source of information about violations at the state border. Legal documents defined tasks to ensure effective implementation of the security policy for the protection of borders and border protection, set long-term prospects for the development of health and engineering arrangement of the state border of Ukraine and made planning on saturation technical means border to provide a continuous zone of detection and monitoring of the state border. In particular, the deployment of integrated network towers equipped with radar means for creating a continuous area monitoring the water areas of the rivers Dniester and Danube; deployment of two posts of technical surveillance on both banks of the Dnieper River border, equipped with radar surveillance; creation of the park electronic remote control ground terrain from various sensors, radar and optical-electronic surveillance; the purchase of 68 units of mobile military units of surveillance based on Doppler radar .

Complex portable Doppler radar (RLS) type ELTA EL/M-2129, production of Israel that are installed on towers up to 60 meters are the main means of detecting moving objects in areas Podolsky and Belgorod-Dniester border guard units optic system electronic surveillance (SEU).

To achieve the goal of the article the author analyzes the smuggling activities as a threat to state security in the border area; analysis of the characteristics of Doppler radar units border; Analysis of meteorological conditions in the area of border security, namely the impact of hydrometeors, especially rain and fog, which reduces the detection range PJIC; analysis of assessment methods radar detection range when exposed hydrometeors.

The most promising of these methods, namely graphic-analytical, method of successive approximations and analytical methods, the latter provides accurate analytical solutions. The most promising analytical method for determining the exact distance at which the range of the equation can be derived using a relatively new feature Lambert, which is an effective means of solution of transcendental equations.

Keywords: detection range, the radar station.