

УДК: 621.398.

В.А. Кириленко, доктор військових наук, старший науковий співробітник,
О.Б. Лантвойт, кандидат технічних наук, доцент,
С.В. Ленков, доктор технічних наук, професор

КОМПЛЕКСУВАННЯ ФУНКЦІЙ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ ТА ВИЯВЛЕННЯ ПРАВОПОРУШНИКА В СТРУКТУРІ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ТЕЛЕКОНТРОЛЮ СУХОПУТНОГО КОРДОНУ УКРАЇНИ

На основі порівняльного аналізу характеристик різних типів каналів передачі інформації, а також аналізу тенденцій розвитку волоконно-оптичних систем передачі й охорони обґрунтовано перспективність використання волоконно-оптичних приладів в каналі передачі інформації та системі комплексного контролю кордону.

Ключові слова: канали передачі інформації, волоконно-оптичні системи, система комплексного контролю кордону, прикордонна безпека.

На основе сравнительного анализа характеристик разных типов каналов передачи информации, а также анализа тенденций развития волоконно-оптических систем передачи и охраны обоснована перспективность использования волоконно-оптических приборов в канале передачи информации и системе комплексного контроля границы.

Ключевые слова: каналы передачи информации, волоконно-оптические системы, система комплексного контроля границы, пограничная безопасность.

On the basis of the comparative analysis of characteristics of different types of information links and of the analysis of optical-fiber transmission system progress trends the availability of fiber-optical devices use in the information links and the system of complex control of border is proved.

Keywords: information links, optical-fiber transmission systems, system of complex control of border.

Визначальним у досягненні належного рівня прикордонної безпеки є формування та ефективна реалізація технічного контролю загроз, спрямованого на забезпечення суверенітету, недоторканності та цілісності території, реалізацію і захист національних інтересів і безпеки держави в її прикордонному просторі [1].

У роботі [2] встановлено пріоритетність загроз національній безпеці держави у військовій сфері при обґрунтуванні технічних рішень контролю сухопутного кордону, що доцільно реалізувати на основі магнітометричного принципу виявлення правопорушника системою контролю як такого, що забезпечує розрізнення правопорушника зі зброєю.

Проте виваженість технічного рішення повинна враховувати прогнозований реінжиніринг системи у перспективі, який передбачатиме докорінну зміну функціонального призначення системи. Способом продовження життя технічної системи є надання їй подвійної технології. Встановлення потреби в зазначеному стосовно розробки перспективних засобів охорони, систем контролю кордону визначило сутність роботи.

Слід зазначити, що при розгляді питання щодо забезпечення прикордонної безпеки в цілому та охорони державного кордону зокрема необхідно враховувати зовнішні та внутрішні фактори, які впливають на її стан. Зокрема, до зовнішніх факторів слід віднести [1]:

незавершеність договірно-правового оформлення кордону з Білоруссю та Росією, центральної ділянки кордону з Молдовою, розмежування виключної (морської) економічної зони з Росією;

наявність прихованих територіальних претензій до України;

активність європейських структур щодо моніторингу ефективності охорони українських кордонів, зокрема українсько-молдовського;

набрання чинності угоди з ЄС про реадмісію осіб;

заходи з розвитку міжнародних транспортних коридорів, що проходять через Україну;

наявність спільного кордону з ЄС, приєднання Польщі, Словаччини та Угорщини до Шенгенської угоди та майбутнє приєднання Румунії;

транснаціональний характер таких загроз, як тероризм, незаконна торгівля зброєю, організована злочинність, незаконне переправлення через кордон людей, трафік наркотиків та інших предметів контрабанди, економічна контрабанда, тощо.

До внутрішніх факторів варто віднести [1]:

неврегульованість низки питань у сфері управління міграцією, протидії контрабанді тощо;

недостатність ресурсів для облаштування кордону, розбудови пунктів пропуску через кордон, оновлення корабельного складу Морської охорони, прикордонної авіації;

потреба в суттєвих реформах для досягнення амбітних цілей щодо інтеграції України до ЄС.

Інтеграція України до ЄС, вочевидь, потребуватиме перерозподілу сил та засобів охорони кордону. Унесення відповідних організаційно-штатних змін дозволить вирішити проблему застосування сил охорони та мобільних засобів охорони. Проте, наприклад, демонтаж і рскуперація стаціонарних засобів охорони на західному кордоні потребуватиме суттєвих затрат, що не є ефективним.

Аналіз розподілених систем охорони [3], передачі інформації дозволив висунути припущення щодо технічної реалізованості комплексування функцій передачі інформації та виявлення правопорушника в структурі волоконно-оптичної системи комплексного контролю сухопутного кордону України.

Аналізуючи роботи щодо перспектив розвитку системи комплексного контролю сухопутного кордону (СККСК) [3, 4], можна відзначити позитивну тенденцію до використання волоконно-оптичних приладів (ВОП) для виявлення таких загроз як переміщення зброї, незаконний перетин кордону. Аналогічний висновок щодо перспективності використання ВОП у каналах передачі інформації (КПІ) можна зробити на основі аналізу низки робіт [5–7]. Зіставлення цих двох

напрямок використання ВОП дозволив зробити припущення щодо можливості комплексування функцій передачі інформації та виявлення правопорушника в одній технічній системі, що покращить ефективність та надійність отримання, обробки та передачі інформації у процесі технічного, інформаційного забезпечення Державної прикордонної служби України. Також така система знайде подальше використання як КПП за відсутності потреби у виконанні охоронних функцій. Зазначене вище вказує на актуальність дослідження перспектив та обґрунтування раціонального застосування ВОП у процесі синтезу СККСК, що й визначено метою цієї роботи.

Досягнення мети пропонується шляхом розв'язання наступних завдань:

дослідження перспективності використання ВОП у КПП;

аналіз тенденції розвитку волоконно-оптичного (ВО) КПП;

аналіз тенденції розвитку ВО систем контролю;

обґрунтування вибору типу інформаційної мережі на основі ВОП;

визначення показників безвідмовності роботи ВО КПП.

Перспективність використання ВОП в КПП обумовлюється наступними характеристиками ВОП [8; 9]:

можливість використання цифрового методу передачі, який використовується у всій сучасній техніці зв'язку та засобах обробки інформації;

велика пропускна здатність, яка дозволяє інтегрувати різні види зв'язку при застосуванні ВОП;

більша ніж у електричних каналах протяжність ділянок регенерації сигналу ВО КПП;

практично повна електромагнітна пасивність;

можливість використання одного світловоду для організації дуплексного зв'язку.

Наочно переваги ВО КПП можна побачити при порівнянні їх якісних характеристик та аналогічних параметрів каналів передачі інформації інших типів, що наведено в таблиці 1 [7].

Таблиця 1

Порівняльна характеристика каналів передачі інформації

№	Канал передачі інформації	Пропускна здатність, біт/с	Кількість телефонних каналів	Приблизна вартість одного телефонного каналу, у.о.
1	Симетричний кабель	$5 \cdot 10^6$	500	200
2	Коаксіальний кабель	$3 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^4$	30
3	Надвисокочастотний	10^9	10^5	15
4	Супутниковий	10^9	10^5	30
5	Волоконно-оптичний	10^{12}	10^8	1

Слід зазначити, що електричні КПП практично вичерпали свої технічні можливості і в перспективі не передбачається суттєвого збільшення їх пропускної здатності. На відміну від електрокабельних, надвисокочастотних, супутникових КПП, ефективність ВО КПП покращується на порядок кожні 3–4 роки, що проілюстровано на рис. 1 [8].

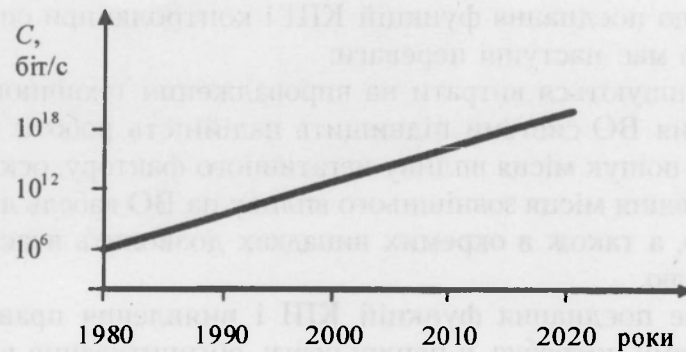


Рис. 1. Прогноз зростання пропускної здатності (C) волоконно-оптичного КПП

Отже, тенденція до збільшення пропускної здатності ВО КПП буде зберігатися в найближчі 10–15 років. Крім цього, за оцінками зарубіжних експертів як нині, так і в майбутньому спостерігатиметься зниження вартості ВО систем, що додатково обумовлює економічну ефективність впровадження ВОП у системах технічного та інформаційного забезпечення Державної прикордонної служби України.

Також упродовж останнього десятиліття спостерігається стрімке збільшення розробок у галузі ВО засобів охорони. Аналізуючи публікації [10; 11], можна відзначити, що у зазначених засобах чутливим елементом є, головним чином, ВО кабель з декількома світловодами. Так, наприклад, австралійська компанія FFT випускає ВО систему “Link”, у якому ВО кабель є складовою КПП і разом з тим виконує функції чутливого елемента, реагуючи на вібрацію зовнішнього середовища. При цьому визначення місця зовнішнього впливу на ВО кабель забезпечується з похибкою до 5 м.

Протяжність чутливого елемента в розглянутих системах складає 35–40 км, що дозволяє використовувати таку або аналогічну техніку для охорони протяжних ділянок сухопутного кордону без використання додаткових підсилювачів сигналу. Оскільки в якості чутливого елемента ВО системи використовуються 1–3 жили стандартного багатожильного ВО кабелю, то решта жил може бути використана для організації ВО КПП.

Отже, перспективність розвитку ВО індустрії вказує на те, що ВО кабель як складова ВО КПП може одночасно виконувати функції виявлення правопорушників і передачі інформації, тобто входити до складу ВО КПП та ВО СККСК (рис. 2).

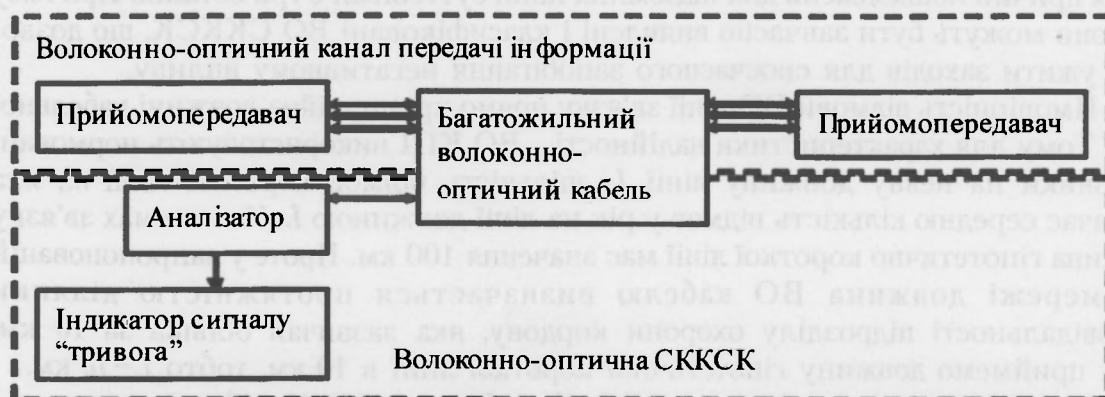


Рис. 2. Структура спільного використання ВО кабелю в КПП і у СККСК.

Такий підхід до поєднання функцій КПП і контролю при спільному застосуванні ВО кабелю має наступні переваги:

- 1) значно зменшуються витрати на впровадження технічного засобу;
- 2) застосування ВО системи підвищить надійність роботи ВО КПП через зменшення часу на пошук місця впливу негативного фактору, оскільки можливе автоматичне визначення місця зовнішнього впливу на ВО кабель людини, тварин, зсувів ґрунту тощо, а також в окремих випадках дозволить вчасно попередити пошкодження кабелю.

Запропоноване поєднання функцій КПП і виявлення правопорушника в одну технічну систему потребує, у першу чергу, обґрунтування вибору типу інформаційної мережі на основі ВОП. Основні типи мереж на ВО КПП такі: “шина”, “зірка”, “кільце”, “повнозв’язана мережа” [9]. Враховуючи те, що ВО кабель КПП і СККСК повинен прокладатися паралельно до лінії проходження державного кордону, а станційна апаратура систем буде розміщуватись у прикордонних підрозділах, то за основу слід взяти інформаційну мережу типу “шина”.

На відміну від класичної мережі “шина”, у запропонованій модифікованій “шині” вузлова апаратура розміщується на двох флангах відносно центральної апаратури. У масштабі Державної прикордонної служби України така мережа набуде вигляду “кільцевої”, оскільки буде розміщуватись уздовж усієї лінії кордону. Отже, за умови реалізації запропонованої ВО мережі буде забезпечуватись дублювання передачі інформації від підрозділів охорони через існуючий КПП між органами охорони кордону.

Ефективність використання ВОП, зокрема, залежить від показників її працездатності. Комплексною, а отже, найбільш універсальною характеристикою безвідмовності технічних об’єктів є коефіцієнт готовності (K_r) як імовірність того, що об’єкт перебуватиме у працездатному стані у будь-який момент часу, крім планових періодів, протягом яких застосування об’єкта не передбачається [12].

Основним способом підвищення надійності роботи ВО КПП і мережі в цілому є резервування, причому якщо воно стосується кабельної інфраструктури, то доцільно прокладати обхідні маршрути. Запропонована ВО мережа, у якій ВО КПП поєднується з ВО СККСК, є обхідним маршрутом КПП, що здійснюється вздовж лінії кордону, а отже, забезпечить високий коефіцієнт готовності.

Причинами пошкоджень ВО кабелів є [13]: несприятливі погодні умови; прихований брак оптичного кабелю; земляні роботи, пов’язані з господарчою діяльністю людини; зсуви ґрунту; пошкодження, завдані гризунами. Із розглянутих причин пошкоджень для підземних ліній суттєвими є три останні. Причому всі вони можуть бути завчасно виявлені і класифіковані ВО СККСК, що дозволить ужити заходів для своєчасного запобігання негативному впливу.

Ймовірність відмови ВО лінії зв’язку прямо пропорційна довжині кабельної лінії. Тому для характеристики надійності ВО КПП використовують нормовані показники на певну довжину лінії L : щільність відмов короткої лінії m , яка визначає середню кількість відмов у рік на лінії довжиною L . У системах зв’язку довжина гіпотетично короткої лінії має значення 100 км. Проте у запропонованій ВО мережі довжина ВО кабелю визначається протяжністю ділянки відповідальності підрозділу охорони кордону, яка зазвичай більша за 10 км. Тому прийmemo довжину гіпотетичної короткої лінії в 10 км, тобто $L=10$ км.

Коефіцієнт готовності короткої ВО K_r кабельної лінії ($L=10$ км) визначається за значенням щільності відмов у відповідності з наступним виразом [13]:

$$K_c = \frac{8760 - m \cdot t_g}{8760}, \quad (1)$$

де t_g – середній час відновлення працездатного стану.

Значення величин m і t_g визначають експериментально в ході випробувань апаратури. Причому вони будуть дещо різнитися для різних ділянок траси. Тоді із урахуванням (1) для кожного підрозділу коефіцієнт готовності ВО кабельної лінії буде визначатись:

$$K_{zn} = 1 - \frac{m \cdot t_g \cdot l}{8760 \cdot L}, \quad (2)$$

де K_{zn} – коефіцієнт готовності ВО КПП підрозділу охорони кордону;
 l – протяжність ВО КПП підрозділу охорони кордону;

Нехай середня протяжність КПП між підрозділами охорони становить 20 км, враховуючи дані щодо надійності ВО ліній зв'язку протяжністю 100 км, які подано у [13], і за допомогою формули (2) визначено значення вимог до ВО КПП підрозділів ДПСУ. Числові значення технічних вимог надійності наступні: коефіцієнт готовності ВО КПП підрозділу охорони – 0,99997 (= 20 км); щільність відмов – 0,094; середній час відновлення – 10 год; термін служби апаратури – 20 років.

На основі порівняльного аналізу характеристик різних типів КПП, а також аналізу тенденцій розвитку ВО систем передачі і охорони обґрунтовано перспективність використання ВОП в КПП і в СККСК. Розроблено структуру спільного використання ВО кабелю в КПП і СККСК, що забезпечить отримання резервного маршруту передачі інформації, резервування надійності ВО кабелю і в цілому дозволить заощадити кошти на розробку засобів передачі інформації та засобів охорони.

Визначено тип ВО мережі передачі інформації (“модернізована шина”) і розглянуто особливості її структури при встановленні КПП вздовж лінії кордону. Розглянуто питання підвищення надійності ВО КПП як одну з основних вимог, що висуваються до мереж зв'язку. Розраховано числові значення технічних вимог до ВО КПП підрозділів ДПСУ на основі чинних вимог до ліній зв'язку.

Напрямок подальших досліджень є деталізація структури ВО СККСК, яка б забезпечувала функцію виявлення правопорушника й водночас служила КПП.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Литвин М.М. Прикордонна безпека України: етапи становлення, проблеми і перспективи / М.М. Литвин // Національна безпека : український вимір: щокв. наук. зб. – К. – 20–8. – Вип. 1–2 (20–21). – С. 41–46.
2. Лантвойт О.Б. Пріоритетність загроз національній безпеці держави у воєнній сфері при обґрунтуванні технічних рішень контролю сухопутного кордону / О.Б. Лантвойт, С.В. Ленков, М.І. Лисий // Вісник інженерної академії України. – 2011. – № 2. – С. 21–26.
3. Лантвойт О.Б. Деякі аспекти концепції комплексного контролю сухопутного кордону / О.Б. Лантвойт, С.В. Ленков, М.І. Лисий // Наука і оборона. – 2011. – № 3. – С. 23–31.
4. Лисий М.І. Концептуальні напрямки комплексного контролю сухопутного кордону при врахуванні загроз воєнній безпеці держави / М. І. Лисий // Зб. наук. пр. Національної академії Державної прикордонної служби України / За ред. В. О. Балашова. – Хмельницький : НАДПСУ, 2011. – № 56, ч. II. – С. 34–43.

5. Гуртов В.А. Оптоэлектроника и волоконная оптика / В.А. Гуртов. – Петрозаводск : Изд-во Петр ГУ, 2005. – 100 с.

6. Васильев В.И. Интегральные цифровые сети связи / В.И. Васильев, В.В. Малеженков. – М. : Знание, 1985. – 64 с.

7. Передача данных : Сборник статей. – М. : Знание, 1979. – 64 с.

8. Волоконно-оптическая техника : история достижения, перспективы : Сборник статей / Под ред. Дмитриева С. А., Слепова И. И. – М. : Издательство “Сонест”, 2000. – 276 с.

9. Корнійчук В.І. Оптичні системи передачі / В. І. Корнійчук, Т. В. Макаров, І. П. Панфілов. – К. : Техніка, 1994. – 388 с.

10. Новости 31-й Международной европейской конференции и выставки по оптической связи ЕСОС-2005 // Lightwave Russian Edition. – 2005. – № 4. – С. 5-8.

11. Горшков Б.Г. Фазочувствительный волоконный рефлектометр для распределенных датчиков внешнего воздействия / Б. Г. Горшков, В.М. Парамонов, А.С. Курков, А.Г. Кулаков // Lightwave Russian Edition, 2005. – № 4. – С. 47-49.

12. FFT Secure Link. Printed in Australia. –2006. – 10 p.

13. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Основні поняття, терміни та визначення.

14. Комарницький Э.Н. Надежность работы волоконно-оптических сетей связи и оперативное устранение аварий / Э.Н. Комарницький // Lightwave Russian Edition. – 2005. – № 4. – С. 37-43.

Отримано 1.09.2011