

АНАЛІЗ ВРАЗЛИВОСТІ ЦИВІЛЬНИХ СИСТЕМ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ДО ПРИДУШЕННЯ ЗАСОБАМИ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ

У статті розглянуті питання відсутності в Україні власної системи супутникового зв'язку та її актуальність для забезпечення зв'язком підрозділи Збройних Сил України. Розглянуті комерційні системи супутникового зв'язку такі як Iridium, Thuraya, Inmarsat, Globalstar, Ka-Sat, що надають телекомунікаційні послуги по забезпеченню зв'язку на території України, їх основні технічні характеристики та їх відмінність одна від одної. Розглянуті принципи радіоелектронної боротьби з системами супутникового зв'язку, їх особливості, способи радіоелектронної розвідки та радіоелектронної боротьби. Вказані найбільш вразливі місця комерційних систем супутникового зв'язку та їх відмінність від військових систем супутникового зв'язку. Проведений аналіз наявності засобів радіоелектронної розвідки, радіоелектронної боротьби в збройних силах Російської Федерації та надані основні технічні характеристик деяких станцій радіоелектронної боротьби Р-33- Ж “Житель”, РП-377Л “Лоранд”, РП-377ЛА “Лорандит”, “Леер-2”, “Борисоглебск-2”, РП-379Д, РП-379С, “Туман-2”. Зроблений висновок щодо впливу засобів радіоелектронної боротьби на абонентські термінали комерційних систем супутникового зв'язку Iridium, Thuraya, Inmarsat, Globalstar, Ka-Sat. Визначені найбільш вразливі, менше вразливі та найменше вразливі абонентські термінали комерційних систем супутникового зв'язку. Вказані основні вразливі місця абонентських терміналів комерційних систем супутникового зв'язку Iridium, Thuraya, Inmarsat, Globalstar, Ka-Sat.

Ключові слова – цивільні системи супутникового зв'язку, РЕБ.

Сьогодні перед Збройними Силами (ЗС) України гостро стоїть проблема забезпечення зв'язком підрозділи, що діють за межами пунктів постійної дислокації та підрозділи які виконують завдання окремо від основних сил.

Виходячи з налізу досвіду ведення операцій (бойових дій) в зоні АТО, та сучасних вимог до управління військами (силами), вимоги до мобільності системи зв'язку суттєво зростають. Це сьогодні має особливу значущість, оскільки саме система зв'язку виконує завдання із забезпечення інформаційного обміну усіма видами інформації в інтересах управління військами (силами). Перспективні польові засоби зв'язку повинні забезпечувати необхідну пропускну спроможність для кожного виду інформації, відповідати сучасним вимогам із завадозахищеності та розвідзахищеності.

У зв'язку з відсутністю в Україні власної мережі супутникового зв'язку, тим паче системи супутникового зв'язку військового призначення, одним із шляхів забезпечення спеціальних користувачів послугами супутникового зв'язку, є використання цивільних систем супутникового зв'язку. Це дозволяє забезпечувати підрозділи засобами зв'язку, що відповідають сучасним вимогам до зв'язку (пропускну спроможність, мобільність). Але залишається один суттєвий недолік, що цивільні системи супутникового зв'язку не забезпечують необхідну розвідзахищеність та завадозахищеності.

Кожна з діючих на території України цивільних систем супутникового зв'язку складається з трьох основних частин - космічної, наземної і абонентського терміналу.

Система супутникового зв'язку Iridium відноситься до рухомої супутникової служби та належить до класу низькоорбітальних багатосупутникових систем, призначена для надання набору стандартних телефонних послуг (голосовий зв'язок, передача факсимільних повідомлень, даних і пейджинга).

Наземна частина системи Iridium включає в себе мережеву координуючу базову станцію і допоміжні станції сполучення.

Технічні характеристики системи Iridium: число орбітальних супутників - 66 (резерв: 6 апаратів); число орбітальних площин - 6; кількість супутників в площині - 11; міжсупутниковий зв'язок 23,18 - 23,38 ГГц; супутник - абонентський термінал 1616 - 1626,5 МГц (ширина спектру сигналу 7,775 МГц); базова наземна станція - супутники 29,1 - 29,3 ГГц; супутники - базова наземна станція 19,4 - 19,6 ГГц [1].

Система супутникового зв'язку Thuraya відноситься до рухомої супутникової служби та належить до класу високоорбітальних геостаціонарних систем, забезпечує голосовий зв'язок; передачу даних; факсимільний зв'язок; передачу коротких повідомлень; визначення географічного місця розташування абонента; передачу екстрених повідомлень SOS.

Космічна частина системи Thuraya включає в себе 3 супутника розміщених на геостаціонарній орбіті з яких діючі два, третій знаходиться на орбіті як резервний.

Земний сегмент системи Thuraya складається із головної станції, що розташована в м. Шарджа (ОАЕ) і обслуговує весь інформаційний трафік, кількох спеціалізованих земних станцій (ЗС) та центру керування й контролю працездатності супутника.

Технічні характеристики системи Thuraya: число геостаціонарних супутників - 3 (2 - робочих, 1 - резерв); абонентська лінія земля-супутник 1626,5 - 1660,5 МГц, супутник-земля 1525,0 - 1559,0 МГц; базова наземна станція - супутник 6425,0 - 6725,0 МГц; супутник - базова наземна станція 3400,0 - 3625,0 МГц [2].

Система супутникового зв'язку Inmarsat відноситься до рухомої супутникової служби та належить до класу високоорбітальних геостаціонарних систем, забезпечує широкий спектр сучасних телекомунікаційних послуг, таких як голосовий зв'язок; передачу факсимільних повідомлень; передачу даних; визначення географічного місця розташування абонента.

Космічна частина системи Inmarsat включає в себе 4 супутника розміщених на геостаціонарній орбіті з яких діючі три, четвертий знаходиться на орбіті як резервний.

Земний сегмент системи Inmarsat складається із супутникового центру керування; мережі берегових земних станцій; мережевих координуючих станцій; мережевого операційного центру.

Технічні характеристики системи Inmarsat: число геостаціонарних супутників 4-го покоління - 4 (3 - робочих, 1 - резерв); висота польоту супутників - 36000 км; абонентська лінія (L-діапазон) земля-супутник 1626,5 - 1660,5 МГц, супутник-земля 1525,0 - 1559,0 МГц; базова наземна станція - супутник 6425 - 6450 МГц; супутник - базова наземна станція 3600 - 3630 МГц.

Станом на кінець 2015 року вже виведені на орбіту три супутники (5-го покоління) системи Inmarsat-Global-Xpress, що забезпечують розгортання швидкісного широкосмугового доступу. Кожний супутник обслуговується двома наземними станціями та формує 86 фіксованих променів в Ka - діапазоні (абонентська лінія в гору 29,5 - 30,0 ГГц, абонентська лінія в низ 19,7 - 20,2 ГГц). Передбачається використання абонентських

терміналів з розмірами 60 -80 см, що забезпечить до 50 Мбіт/с – downlink, 5 Мбіт/с – uplink. [3].

Система супутникового зв'язку Globalstar відноситься до рухомої супутникової служби та належить до класу низькоорбітальних багатосупутникових систем, призначена для надання набору стандартних телефонних послуг (голосовий зв'язок, передача факсимільних повідомлень, даних і пейджинга), визначення координат рухомих об'єктів.

Наземний сегмент Globalstar включає земні станції спряження, а також центри управління і контролю орбітальним угрупованням і наземними засобами. Система Globalstar більшою мірою орієнтована на інтеграцію з існуючими наземними телекомунікаційними інфраструктурами, де станції спряження є головними комунікаційними елементами. У цьому полягає так званий регіональний принцип побудови зв'язку - обов'язковий вихід кожного абонента на найближчу станцію спряження і далі - на існуючу фіксовану мережу або на зв'язок з іншим абонентом.

Технічні характеристики системи Globalstar: число орбітальних супутників - 48 (резерв: 4 апаратів); міжсупутниковий зв'язок 23,18 - 23,38 ГГц; абонентська лінія в гору 1610 – 1626,5 МГц (L діапазон); абонентська лінія в низ 2483,5 – 2500 МГц (S діапазон); базова наземна станція - супутник 5091 – 5250 МГц; супутник - базова наземна станція 6875 – 7055 МГц [4].

Система супутникового зв'язку Ka-Sat відноситься до фіксованої супутникової служби та належить до класу високоорбітальних геостаціонарних систем, забезпечує ширококутовий доступ до мережі інтернет, внутрішній корпоративний зв'язок, передачу даних, електронну пошту, пакетну передачу та групову переадресацію, потокову передачу аудіо та відео даних.

Космічна частина системи Ka-Sat включає в себе 1 супутник розміщений на геостаціонарній орбіті. Земний сегмент системи Ka-Sat складається із десяти станцій сполучення та комутації. На даний час головна станція сполучення та керування знаходиться в м. Турін (Італія) яка і обслуговує користувачів Українських.

Технічні характеристики системи Ka-Sat: число геостаціонарних супутників - 1; орбітальна точка стояння Ka-Sat – 9 E; абонентська лінія (Ka-діапазон) земля-супутник 28057,5 - 30000 МГц, супутник-земля 18400 – 20200 МГц [5].

Розглянемо принцип організації радіоелектронної боротьби з системами супутникового зв'язку. Під радіоелектронним придушенням (РЕП) систем супутникового зв'язку (ССЗ) розуміється вплив навмисних завад на приймач станції супутникового зв'язку (ССЗ), з цілю зриву або порушення обміну інформацією і/або введенням в них хибної інформації.

Одна з особливостей радіоелектронного придушення систем супутникового зв'язку полягає в тому, що противник завчасно, ще в мирний час, може виявити всі діючі супутники ретранслятори (СР), установити режими їхньої роботи та частоти, провести аналіз сигналів які використовуються і визначити ефективні види та параметри завад. І чим детальнішою й точнішою буде отримана інформація про ССЗ, тим ефективніше може бути організовано її придушення – з найменшими витратами часу, засобів та енергетичного ресурсу комплексу РЕП. Саме тому для воєнного часу у системі супутникового зв'язку передбачається використання інших (резервних) частот і режимів роботи.

Для впливу на ССЗ противник може використовувати наземні (стаціонарні та мобільні), корабельні, льотно-підйомні, космічні засоби РЕП.

Для постановки завад земним станціям (ЗС) можуть використовуватися “закидні” передавачі завад (ЗПЗ). Такі передавачі доставляються в райони розміщення ЗС диверсійними групами та безпілотними літальними апаратами. Особливостями застосування

ЗПЗ є завчасна доставка їх у район місцезнаходження земної станції та необхідність їхнього маскування (з можливостями самоліквідації).

Перед виконанням завдання з радіоелектронного придушення системи супутникового зв'язку в першу чергу проводиться радіорозвідка яка дозволяє встановити тип сигналу, наявності або відсутності обробки сигналу супутником ретранслятором, місце знаходження абонентської станції, способи завадозахисту, та інше, що дозволить визначити конкретний тип та потужність завад, здатних ефективно вирішити завдання по придушенню системи (засобів) супутникового зв'язку.

Найбільше вразливим до радіоелектронного придушення є транспондер супутника ретранслятора, він є більш досягаємим для засобів постановки навмисних завад, тому на вході транспондера легше забезпечити багаторазову перевагу завад над корисним сигналом чим на вході земних станцій, крім того, придушення транспондера супутника ретранслятора приводить до порушення обміну інформацією по всіх лініях мережі супутникового зв'язку. [8].

Розглянемо станції радіоелектронної розвідки та боротьби, що є на озброєні Російської Федерації:

автоматизована станція завад Р-330Ж „Житель“ призначена для виявлення, пеленгування та радіопридушення станцій систем супутникового зв'язку Inmarsat та Iridium (діапазон частот дозволяє проводити радіорозвідку та радіопридушення станцій систем супутникового зв'язку Thuraya, Globalstar);

комплекси радіоконтролю РП-377Л „Лоранд“ і РП-377ЛА „Лоранди“ забезпечує оперативний пошук, визначення місця розташування та радіопридушення радіоелектронних засобів зв'язку в S- та L-діапазонах. Такі комплекси можуть виявити засоби зв'язку противника в радіусі до 20 кілометрів;

мобільний комплекс технічного контролю, радіоелектронної імітації та постановки завад радіоелектронним засобам „Леер-2“ призначений для здійснення радіорозвідки джерел радіовипромінювань в діапазоні частот 0,1...18000 МГц, постановки завад і радіопридушення радіоелектронних засобів в діапазоні частот 20...2700 МГц;

комплекс радіоелектронної боротьби (РЕБ) „Борисоглебск-2“ здатний виявити і придушити роботу систем рухомого супутникового зв'язку та радіонавігаційної системи, визначення місцеположення і придушення радіомереж та ліній радіозв'язку тактичної ланки управління;

автоматизована станція завад РП-379Д (РП-379С) призначена для придушення ліній супутникового зв'язку в дециметровому (сантиметровому) діапазоні;

комплекс постановки завад супутниковим системам зв'язку Iridium, Thuraya, Inmarsat “ТУМАН - 2” призначений для радіоелектронного придушення каналів голосового зв'язку, передачі даних і доступу в мережу Інтернет абонентських терміналів супутникових систем зв'язку Inmarsat, Thuraya, Iridium [6,7].

З проведеного огляду можна стверджувати, що РФ має на озброєні засоби радіорозвідки та радіоелектронної боротьби здатні блокувати роботу абонентських терміналів систем супутникового зв'язку Iridium, Thuraya, Inmarsat, Globalstar. А комплекси РП-379Д (РП-379С) здатні ставити заваду на транспондери супутника ретранслятора.

Слід звернути увагу на те що за останні 10 років РФ збільшила роботу по розробці та випуску засобів радіорозвідки та засобів радіоелектронної боротьби. Повний перелік станцій РЕБ їх призначення та технічні характеристики складають військову таємницю.

З проведеного аналізу можна зробити **висновок:**

1. Системи супутникового зв'язку Iridium, Thuraya, Inmarsat, Globalstar та Ka-Sat та інші цивільні системи, попадають під вплив радіоелектронного придушення. Це обумовлено

рядом факторів, а саме: всі системи супутникового зв'язку є цивільні де непередбачено захист від радіорозвідки та радіоелектронного придушення, що дає змогу противнику витратити менше часу на проведення радіорозвідки та спрощує постановку радіоелектронних завад; транспондери ретрансляторів супутників не мають захисту від навмисних завад, що дозволяє заблокувати роботу абонентських терміналів які обслуговує даний транспондер та/або повністю заблокувати роботу системи супутникового зв'язку; використання в абонентських терміналах антен з круговою діаграмою направленості (ДН) дозволяє ставити завади по основній пелюстці ДН; використання в абонентських терміналах антен з широкою діаграмою направленості (ДН) дозволяє ставити завади по основним та боковим пелюсткам ДН; на озброєні збройних сил РФ є засоби радіорозвідки та радіоелектронного придушення, що здатні створювати радіозавади в діапазонах роботи абонентських терміналів та на транспондери супутника ретранслятора. Також всі ці системи підпадають під зовнішній вплив на центральні станції та станції комутації, маршрутизації, особливо якщо дані станції знаходяться на території противника.

2. Найбільш вразливі щодо впливу засобів радіоелектронного придушення є системи супутникового зв'язку Iridium, Globalstar. Це пов'язано з використанням абонентських терміналів з круговою діаграмою направленості антени, що дає змогу виявляти факт роботи терміналу, перехоплювати інформацію, визначати координати та створювати перешкоди в роботі терміналів. Під час роботи абонентський термінал при обміні службовою інформацією передає у відкритому вигляді свої координати. Суттєвим недоліком даних систем є те, що на озброєні збройних сил РФ є засоби радіорозвідки та радіоелектронного придушення які здатні створювати радіозавади в діапазонах роботи абонентських терміналів.

3. Менше вразливі щодо впливу засобів радіоелектронного придушення є системи супутникового зв'язку Thuraya, Inmarsat, за умови використання абонентських терміналів з більш вузькими діаграмами направленості, але слід враховувати направлення антени при роботі, у разі направлення антени в бік противника спрощується її виявлення та постановку завад. Якщо використовувати абонентські термінали з круговою діаграмою направленості антени можливість радіоелектронного придушення збільшується. На озброєні збройних сил РФ є засоби радіорозвідки та радіоелектронного придушення, що здатні створювати радіозавади в діапазонах роботи абонентських терміналів. Також не слід забувати, що під час роботи абонентський термінал при обміні службовою інформацією у відкритому вигляді передає свої координати.

Використання абонентських терміналів системи Inmarsat-Global-Xpress в Ка діапазоні збільшить розвідзахищеність та стійкість до засобів радіоелектронного придушення.

4. Найменше вразливою щодо впливу засобів радіоелектронного придушення є система супутникового зв'язку Ka-Sat. Це обумовлено використанням антени з вузькою діаграмою направленості, що ускладнює постановку завад на приймальній пристрій абонентського терміналу по головній та боковим пелюсткам ДН. Для створення завад такому абонентському терміналу, потрібно розміщати пристрій для постановки завад на борту повітряного апарату (літака, вертольота, безпілота).

Термінал не відправляє координати свого місця знаходження. Відсутня інформація про наявність в збройних силах РФ засобів радіоелектронного придушення, що здатні створювати радіозавади в діапазонах роботи абонентських терміналів.

ЛІТЕРАТУРИ:

1. Описание спутниковой системы Иридиум [Electronic resource]. – Access mode: http://www.satcomdv.ru/informaciya_o_sistemah_sputnikovoj_sa/iridium/iridium/
2. Описание спутниковой системы Турая [Electronic resource]. – Access mode: http://www.satcomdv.ru/informaciya_o_sistemah_sputnikovoj_sa/thuraya/thuraya/

3. Описание спутниковой системы Инмарсат [Electronic resource]. – Access mode: http://www.satcomdv.ru/informaciya_o_sistemah_sputnikovoj_sa/inmarsat/inmarsat/
4. Описание спутниковой системы Глобалстар [Electronic resource]. – Access mode: http://www.satcomdv.ru/informaciya_o_sistemah_sputnikovoj_sa/globalstar/opisanie_sistemy_global_star/
5. Описание спутниковой системы Ka-Sat [Electronic resource]. – Access mode: http://i-tooway.com.ua/vsat_v_Ukraine.html
6. Описание станций РЕБ [Electronic resource]. – Access mode: <http://cons-systems.ru/r-b>.
7. Новітні комплекси радіоелектронної боротьби збройних сил Російської Федерації / [ГУЗІС ГШ ЗСУ].
8. Купріянов І. Теоритичні основи радіоелектронної боротьби/ І. Купрфянов, А. Сахаров – 2007.

REFERENCES:

1. Opysanye sputnykovoј systemy Yrydium [Electronic resource]. – Access mode: http://www.satcomdv.ru/informaciya_o_sistemah_sputnikovoj_sa/iridium/iridium/
2. Opysanye sputnykovoј systemy Turaja [Electronic resource]. – Access mode: http://www.satcomdv.ru/informaciya_o_sistemah_sputnikovoj_sa/thuraya/thuraya/
3. Opysanye sputnykovoј systemy Inmarsat [Electronic resource]. – Access mode: http://www.satcomdv.ru/informaciya_o_sistemah_sputnikovoj_sa/inmarsat/inmarsat/
4. Opysanye sputnykovoј systemy Globalstar [Electronic resource]. – Access mode: http://www.satcomdv.ru/informaciya_o_sistemah_sputnikovoj_sa/globalstar/opisanie_sistemy_globalstar/
5. Opysanye sputnykovoј systemy Ka-Sat [Electronic resource]. – Access mode: http://i-tooway.com.ua/vsat_v_Ukraine.html
6. Opysanye stancij REB [Electronic resource]. – Access mode: <http://cons-systems.ru/r-b>.
7. Novitni komplekxy radioelektronnoi' borot'by zbrojnyh syl Rosijs'koi' Federacii' / [GUZIS GSh ZSU].
8. Kuprijanov I. Teorytychni osnovy radioelektronnoi' borot'by/ I. Kuprfjanov, A. Saharov – 2007.

Рецензент: д.т.н., с.н.с., Сова О.Я., начальник кафедри “Бойового застосування автоматизованих систем управління військами” Військового інституту телекомунікацій та інформатизації

**Бондаренко О.Е., Станович О.В., Бондаренко Т.В., Скрипка А.О.
АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТИ ГРАЖДАНСКИХ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ К
ПОДАВЛЕНИЮ СРЕДСТВАМИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ**

В статье рассмотрены вопросы отсутствия в Украине собственной системы спутниковой связи и ее актуальность для обеспечения связью подразделения Вооруженных Сил Украины. Рассмотрены коммерческие системы спутниковой связи такие как Iridium, Thuraya, Inmarsat, Globalstar, Ka - Sat, что оказывают телекоммуникационные услуги по обеспечению связи на территории Украины, их основные технические характеристики и их отличие одна от другой. Рассмотрены принципы радиоэлектронной борьбы с системами спутниковой связи, их особенности, способы радиоэлектронной разведки и радиоэлектронной борьбы. Указаны наиболее уязвимые места коммерческих систем спутниковой связи и их отличие от военных систем спутниковой связи. Проведенный анализ наличия средств радиоэлектронной разведки, радиоэлектронной борьбы в вооруженных силах Российской Федерации и предоставлены основные технические характеристик некоторых станций радиоэлектронной борьбы Р- 33 - Ж "Житель", РП-377Л "Лоранд", РП-377ЛА"ЛОРАНДИТ", "Леер-2".

Ключевые слова: гражданские системы спутниковой связи, РЕБ.

Bondarenko O.E., Stanovich O.V., Bondarenko T.V., Skrypka A.O.

**THE ANALYSIS OF THE VULNERABILITY OF THE CIVILIAN SATELLITE
COMMUNICATION SYSTEMS TO COUNTER ELECTRONIC WARFARE**

In the article The questions of absence in Ukraine's own satellite communications systems and its relevance to link the Armed Forces of Ukraine. Considered commercial satellite communications systems such as Iridium, Thuraya, Inmarsat, Globalstar, Ka-Sat, providing telecommunication services to ensure communications in Ukraine, their main characteristics and how they differ from one another. Principles of electronic warfare systems, satellite communications, their features, methods of electronic surveillance and electronic warfare. These vulnerabilities most commercial satellite communications systems and their difference from the military satellite communication systems. The analysis of the availability of electronic surveillance, electronic warfare in the armed forces of the Russian Federation and provided the main technical characteristics of some plants warfare P-33- F "resident" RP-377L "Loránd" RP-377LA "Lorandyt", "Leer-2", "borisoglebsk-2 "RP-379D, RP-379S" fog-2 ". The conclusion about the influence of warfare on commercial subscriber terminals of satellite communication Iridium, Thuraya, Inmarsat, Globalstar, Ka-Sat. The most vulnerable, less vulnerable and least vulnerable subscriber terminals of commercial satellite communications. These key vulnerabilities commercial subscriber terminals of satellite communication Iridium, Thuraya, Inmarsat, Globalstar, Ka-Sat.

Keywords: *civilian satellite communications, electronic warfare.*