

Олександр Ярославович Салій (ад'юнкт)

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

ДЕКОМПОЗИЦІЯ ЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ ПО СИСТЕМАМ І ЗАСОБАМ ЗВ'ЯЗКУ

В статті проведений аналіз завантаженості і насиченості частотного діапазону користувачами різноманітного походження, який дозволяє визначити пріоритетні шляхи підвищення ефективності радіоелектронного подавлення управління військами і зброєю противника. Необхідно визначити можливі способи дезорганізації управління військами (силами) противника на сучасному етапі розвитку збройної боротьби.

В сучасних умовах відбувається значне розширення частотного діапазону, який використовується, розвиток цифрового зв'язку, пакетних радіомереж, систем передачі даних. Проведений аналіз дає можливість дослідити та переосмислити підхід до структури, планування, застосування та підготовки сил і засобів РЕБ. Це надалі буде підґрунтям для розроблення методик, послідовне застосування яких дозволить забезпечити високу якість планування операцій (бойових дій) за рахунок оптимальної ефективності ведення радіоелектронного подавлення систем управління військами і зброєю противника.

Вкрай важливо створювати системи, які будуть ускладнювати завоювання противником інформаційної переваги для ефективного управління бойовими системами і зброєю. Постає завдання щодо пошуку уразливих місць систем управління, зв'язку, комп'ютерного забезпечення, розвідки і всебічного забезпечення бойових дій противника з метою виведення їх з ладу, що дозволить значно підвищити ефективність дій наших військ. Критичними елементами системи розвідки і управління противника завжди є радіоелектронні інформаційні засоби, подавлення, руйнація або знищення яких призводить до значного зниження його можливостей щодо управління бойовими системами.

Ключові слова: *радіоелектронне подавлення; зв'язок; ефективність; інформаційний простір.*

Вступ

Сучасна та майбутня збройна боротьба все більше залежить від інформаційного протистояння. Це пов'язано з тим, що інформація стає такою ж зброєю, як ракети, бомби, снаряди. Сучасні тенденції збройної боротьби відходять від зіткнень масовими арміями, вирішальну роль відіграють розвідувально-ударні та оборонні бойові системи, їх можливості характеризуються структурними, організаційними факторами, узгодженістю і ефективністю управління, якістю функціонування підсистем розвідки, зв'язку, навігації, ураження та інших елементів всебічного забезпечення бойових дій.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвиток збройної боротьби, інформатизація процесів управління, поширення безконтактних бойових дій вимагає змінити погляди на процес управління та застосування сил і засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ), які є важливою складовою інформаційного протистояння. Актуальність обумовлена відсутністю як цілісної теорії управління радіоелектронною боротьбою, так і загальноприйнятого визначення критеріїв і показників ефективності РЕБ. Управління РЕБ може досягти високої ефективності, якщо воно спирається на вичерпні знання про сили і засоби противника, зміст процесу радіоелектронного подавлення складними перспективними системами

РЕБ радіоелектронних об'єктів в системах управління військами і зброєю противника.

Існує ряд невирішених питань у теорії і практиці, які не дають змогу забезпечити високу ефективність планування під час підготовки частин та підрозділів РЕБ до бойового застосування та їх практичного застосування у будь-яких ситуаціях. Кожна армія має свої сильні і слабкі сторони, які повинні бути або використані, або враховані.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Даними проблемними питаннями займалися як вітчизняні фахівці Попов А. О., Міроненко П. О. та інші, так й відповідні фахівці інших держав. Доречним є переосмислення способів і форм бойового застосування сил та засобів РЕБ [1]. В арміях іноземних держав розробляються і приймаються на озброєння новітні засоби та комплекси РЕБ, які спроможні виконувати набагато більший обсяг завдань ніж традиційні засоби радіоелектронного подавлення (РЕП) [2].

Мета статті полягає у проведенні аналізу завантаженості і насиченості частотного діапазону користувачами різноманітного походження, що є фундаментальним у подальших дослідженнях підходів до структури, планування застосування та підготовки сил і засобів РЕБ. Дасть можливість зробити співвідношення оцінювання ефективності радіоелектронного подавлення управління

військами і зброєю противника в збройних конфліктах (бойових діях) сучасності, визначити шляхи підвищення ефективності РЕП.

Методи дослідження. Під час аналізу завантаженості і насиченості частотного діапазону користувачами різноманітного походження використовувалися наступні методи: системного аналізу, експертних оцінок, порівняльного аналізу для вивчення тенденцій розвитку сучасних засобів зв'язку, навігації, передачі інформації, особливостей їх бойового застосування в сучасних операціях (бойових діях) та інтеграція з цивільними засобами.

Виклад основного матеріалу дослідження

На сучасному етапі у збройних силах провідних країн світу використовують нову багаторівневу розподільчу інформаційну систему бойового управління, що охоплює бригади, батальйони, роти, яка збирає та розподіляє данні, які надходять від усіх джерел розвідувальної інформації: космічного, повітряного, наземного, морського базування. Відбувається значне розширення частотного діапазону, розвиток цифрового зв'язку, пакетних радіомереж, систем передачі даних.

Проведемо декомпозицію частотного діапазону, аналіз його завантаженості і насиченості користувачами різноманітного призначення.

У широкому розумінні радіозв'язок відповідає застосуванню радіочастотних сигналів від вкрай низьких до вкрай високих частот (від 3 кГц до 300 ГГц) і радіохвиль з довжиною від 100 км до 1 мм. Залежно від середовища поширення радіохвиль та місця розташування радіостанцій розрізняють наземний, космічний та супутниковий радіозв'язок, а також іоносферний, радіорелейний, тропосферний і радіозв'язок прямої видимості. Усі ці різновиди радіозв'язку застосовуються у військовому зв'язку.

Залежно від середовища поширення сигналу розрізняють два види радіорелейного зв'язку (РРЗ): прямої видимості і тропосферний РРЗ. Важливо відзначити, що РРЗ є багатоканальним. За кількістю ущільнених каналів розрізняють радіорелейні лінії (РРЛ) великої ємності (600–2700 каналів), середньої (60–300 каналів) і малої ємності (менше 60 каналів). Військові РРЛ належать до малоканальних, типова кількість яких становить 3, 6, 12, 24 канали.

Головне призначення РРЗ в системі військового зв'язку полягає у створенні опорних мереж зв'язку, які містять в собі інформаційні напрямки, вісі і рокади зв'язку. Крім того, засоби РРЗ використовують для створення ліній прив'язки і ліній прямого зв'язку на відстань одного інтервалу РРЗ (до 30–40 км).

Системотехнічні характеристики існуючих засобів РРЗ на прикладі збройних сил Російської

Федерації можна поділити на 2 групи: засоби оперативно-тактичної ланки управління (ОТЛУ) і засоби оперативно-стратегічної ланки управління (ОСЛУ). Розглянемо деякі характеристики радіорелейних станцій.

Лампова РРС першого покоління, діапазон частоти 60–480 МГц, кількість робочих частот – 300, довжина лінії – 250 км, кількість станцій на лінії 8–10, середня довжина інтервалу – 25–31 км

Транзисторна РРС 2-го покоління працює в діапазоні 1550–2000 МГц, що значно поліпшило її оперативно-технічні характеристики: максимальна довжина лінії – 1500 км, припустима кількість ретрансляцій – 36, максимальна довжина інтервалу 40–50 км, загальна кількість каналів – 24, кількість фіксованих частот – 46, швидкість пересилання цифрових сигналів по високочастотному стволу – 480 кбіт/с.

Радіорелейні станції для забезпечення цифрового зв'язку в стаціонарних і польових системах військового призначення дають змогу створювати канали далекої дії з пропускною спроможністю від 256 до 8448 кбіт/с і середньою довжиною інтервалу 35 км, діапазон робочих частот – 1,35–2,69 ГГц; кількість фіксованих частот – 10 720.

Тропосферний зв'язок – це радіозв'язок, що реалізується через відбиття та розсіювання радіохвиль на неоднорідностях тропосфери між станціями, які перебувають поза межами прямої видимості.

За 50 років у світі створено 4 покоління тропосферних станцій.

Для 1-го покоління характерні: електровакуумна база і дискретна транзисторна техніка; аналогові сигнали; частота f – сотні МГц; потужність випромінюваних сигналів $P \leq 10$ кВт; станції стаціонарні або важко рухомі; застосовуються в ОСЛУ.

Для 2-го покоління характерні: інтегральні мікросхеми; $f \cong 5$ ГГц; цифрові сигнали; $P \cong 1$ кВт; оптимальні методи приймання; створення легких і середніх рухомих станцій; область застосування – ОТЛУ і тактична ланка управління (ТЛУ). У США експлуатувались до початку 90-х років; у збройних сил Російської Федерації використовуються донині.

Для 3-го покоління характерні: застосування великих інтегральних схем, адаптивного приймання; використання ортогональних сигналів; поглиблення уніфікації і модифікацій однієї базової апаратури (наприклад, AN/TRC-170 у США: $f = 4,4\text{--}5$ ГГц; довжина інтервалу зв'язку 160–340 км; $P = 2, 2, 2, 2, 2, 6, 6$ кВт; швидкість пересилання цифрових сигналів $V = 2048$ кбіт/с; кількість каналів по 32 кбіт/с: 8, 16, 32, 48, 64); область застосування – всі ланки управління.

4-те покоління створене на межі ХХ і ХХІ століть. Воно відповідає вимогам відкритих інтегрованих систем зв'язку, зокрема, автоматизованих систем військового зв'язку. Якщо перші три покоління відрізнялись

властивостями фізичних каналів, то 4-те покоління відрізняється принципами управління потоками даних в каналах.

Супутниковий радіозв'язок – це космічний радіозв'язок між двома чи кількома земними пунктами. Космічним називають радіозв'язок, при якому використовують один чи кілька пасивних супутників чи інші космічні об'єкти.

Для ССЗ виділені смуги частот в діапазонах:

- L(1,452–1,550 і 1,61–1,67) ГГц,
- S (1,92–2,70) ГГц,
- C (3,40–5,25 і 5,725–7,025) ГГц,
- X (7,25–8,90) ГГц,
- Ku (10,70–14,80) ГГц,
- Ka (15,40–26,50 і 27,00–30,20) ГГц,
- K (84–86) ГГц.

Найрозвиненішими мережними супутниковими радіонавігаційними системами є: північноамериканська “GPS” чи “Навстар”, і російська “ГЛОНАСС”, обидві системи надані в міжнародне користування. У 2014 році планується ввести в експлуатацію європейську систему “Галілео”, у 2020 році має надійти китайська система “Бейдоу”.

За сферою обслуговування ССЗ поділяються на комерційні і державні, у тому числі цивільні і військові. Комерційні супутники-ретранслятори (СР) працюють в діапазонах частот вверх/вниз, а саме С (6/4 ГГц) і Ku (13,7/11,7 ГГц), тоді як військові СР працюють в діапазоні Х (8,5/7,65 ГГц). Тому в США розроблені нові дво- і тридіапазонні земні станції (ЗС) для усіх ланок управління, які використовують завадостійкі широкосмугові сигнали і сигнали з псевдовипадковим перестроюванням робочої частоти (ППРЧ), мають винесені антени або дистанційне управління з відстані 45–600 м. Надійність супутникового зв'язку зростає через неможливість радіоподавлення чи знищення усіх комерційних СР.

Однодіапазонні ЗС працюють в діапазоні міліметрових хвиль (43,5–45,5/20,2–21,2 ГГц). З них: SMART-T (перевізний), SCAMP-I (переносна) експлуатуються з 1999 року, а SCAMP-II (ранцева) – з 2002 року. Потужність випромінювання SCAMP-I – 1,5–5 Вт, SCAMP-II – 2,5–3,5 Вт.

Найвідомішими комерційними ССЗ, що використовують геостационарні СР, є Інтелсат, Євтелсат, Інмарсат, ПанАмСат, VSAT, Thuraya. До складу кожного з них входять одиниці–десятки геостационарних супутників, а до Інтелсат та Інмарсат-3 ще й високоеліптичні супутники, через які послугами зв'язку можуть забезпечуватися абоненти майже 180 країн. Супутники працюють в С і (або) Ku-діапазонах, а Інмарсат-3 і Thuraya ще й у діапазоні L, реалізують частотне розділення каналів (ЧРК), часове розділення каналів (ЧсРК), кодове розділення каналів (КРК).

ССЗ Thuraya – одна з кращих сучасних геостационарних ССЗ. Вона належить компанії TST Об'єднаних Арабських Еміратів. Ємність СР – 13 750 одночасно задіяних телефонних каналів з

імовірністю відмови 0,02. СР працює з користувачами на частотах 1,64/1,54 ГГц, зі шлюзами – на частотах 6,6/3,46 ГГц. Як недолік, в абонентській радіолінії ССЗ “Thuraya” не вдалося забезпечити достатньої потужності для якісного зв'язку під час перебування абонента в приміщенні, тому абонент повинен забезпечувати пряму видимість із СР [3].

ССЗ IRIDIUM створена за участю фірм США, Росії, Японії та інших держав. Її почали експлуатувати з 1998 році. Супутники системи здатні обслуговувати всю поверхню Землі. Система працює в діапазонах 29,2/19,5 і 1,616/1,6265 ГГц, реалізує частотний, часовий і просторовий розподіл каналів. Її унікальна особливість – це існування зв'язку між сусідніми супутниками на 600–1300 телефонних каналах на частоті 23,3 ГГц, що забезпечує глобальність мобільного зв'язку між абонентами. Шість антенних решіток супутника формують 48 пелюсток діаграми спрямованості антен, що разом покривають на поверхні Землі зону діаметром 4500 км. На $f = 1,62$ ГГц в системі діє 3835 телефонних каналів з пропускною спроможністю 2,4 кбіт/с на канал. Ця система дуже ефективно використовувалась збройними силами США під час воєнних конфліктів в Афганістані та Іраку.

ССЗ “Гонец” розгорнута Росією в 1999–2001 роках. Її супутники розраховані на обслуговування користувачів усіх широт. Діаметр зони покриття майже 5000 км. Потужність випромінювання СР – 5–30 Вт. Діапазон робочих частот – 312–315/387–390 МГц. Швидкість пересилання інформації – 2,4–128 кбіт/с на канал. У системі реалізовано ЧРК і ЧсРК, вона розрахована на 1,5 млн користувачів. Точність місцевизначення користувача – 1 км. Маса абонентської станції – 3 кг.

ССЗ “Мілстар” призначена для командирів усіх ланок управління. На цей час це найдосконаліша система військового призначення. На лініях вверх/вниз використовуються відповідно частоти 43,5–45,5/20,2–21,2 ГГц з ЧРК/ЧсРК. На лінії міжсупутникового зв'язку використовують частоту 60 ГГц. Для зв'язку з ССЗ “Афсатком”, “Флітсатком” є транспондери, що працюють в діапазоні 0,2–0,4 ГГц. У період до 2017 року ССЗ “Мілстар” буде поступово замінена перспективною ССЗ АЕНФ.

ССЗ “Флітсатком” створювалась для потреб флоту. Зараз її дециметрові канали використовують в ОТЛУ усіх видів збройних сил США. Система базується на використанні 8-ми оперативних і 2–3-х резервних СР. Крім транспондерів дециметрових хвиль, містить від 11 до 20 транспондерів міліметрових хвиль (60 ГГц), комутатор для комутації антен з вузькою і широкою діаграмою спрямованості. Пропускна спроможність СР 400 кбіт/с. Частина незалежного ресурсу СР виділена для ССЗ “Афсатком” і для телерадіомовлення. ССЗ “Афсатком” призначена виключно для обслуговування вищих ланок

управління збройних сил США і стратегічних наступальних сил.

ССЗ MUOS розроблялась з 2004 р., розгортання здійснено у 2009–2013 рр. Використовується 6 космічних апаратів (5 оперативних і 1 резервний), пропускна спроможність частотного каналу – 1,5 Мбіт/с, пропускна спроможність одного космічного апарату – 5 Мбіт/с. Система працює в діапазонах 0,3-3 ГГц / 7/8 ГГц, 20/30 ГГц, забезпечується високонадійний, завадостійкий зв'язок. Робочий діапазон 30–40 ГГц, а міжспутникові лінії працюють в діапазоні 60 ГГц і навіть в оптичному діапазоні.

ССЗ Inmarsat забезпечує покриття 98% всієї поверхні Землі. На сучасному етапі послугами даної системи користуються понад 210 тисяч користувачів по всьому світу. Система зв'язку включає три основні сегменти: космічний, наземний і користувальний. Управління супутниковою системою ведеться із штаб-квартири в Лондоні. Для зв'язку з абонентськими терміналами використовуються частоти L – діапазону, в тому числі: напрямом “Земля – супутник” – 1,626-1,660 ГГц; напрямом “супутник–Земля” – 1,525-1,559 ГГц. Робота фідерних ліній здійснюється в С – діапазоні: напрямом “Земля – супутник” – 6,425-6,450 ГГц; напрямом “супутник– Земля” – 3,600-3,623 (3,600-3,630) ГГц.

До систем мобільного зв'язку прийнято відносити: стільниковий зв'язок, транкінговий зв'язок, персональний виклик (інакше пейджинговий зв'язок), мобільний супутниковий зв'язок і безпроводовий телефон [4]. Стільниковий зв'язок існує всього 40 років, а його послугами користується близько 4 мільярдів абонентів.

Основними цифровими системами стільниковому зв'язку є: NA-TDMA – північноамериканська TDMA – діапазони 800 і 1900 МГц; GSM – глобальна система мобільного зв'язку – 900, 1800 і 1900 МГц; CDMA – система множинного доступу з кодовим поділом каналів – 800, 1900 МГц і UMTS – універсальна система мобільного зв'язку – 2000 МГц.

Система стільникового зв'язку будується як сукупність чарунк, зон чи стільників, що покривають всю територію, яка обслуговується. У суміжних чарунках використовуються різні смуги частот, у віддалених (через декілька чарунк) – смуги частот повторюються, що забезпечує ефективне використання відведеного частотного діапазону і обслуговування кожною системою доволі великої території. На території кожної чарунки розташована базова станція (БС), яка обслуговує всі рухомі абонентські радіотелефонні апарати, у межах своєї чарунки. У разі переміщення абонента до іншої чарунки його обслуговування передається БС цієї чарунки. Усі БС, у свою чергу, замикаються на центр комутації, з якого є вихід до Єдиної національної мережі зв'язку країни. Очолює всі системи стільникового зв'язку стандарту GSM центр управління та експлуатації. Насправді чарунки ніколи не

бувають правильної геометричної форми, БС розташовується не обов'язково в центрі чарунки, а центрів комутації в системі може бути декілька, один із яких є головним. До складу БС входить контролер і до 16 прийомо-передавачів, кожен з яких обслуговує свій сектор чи частотний канал.

Стільникові системи третього покоління працюють в діапазоні частот 1,885–2,170 ГГц – наземний сегмент і 1,980–2,010/ 2,170–2,200 ГГц – супутниковий сегмент.

Система транкінгового зв'язку довго будувалась як одна чарунка (зона) зв'язку з порівняно великим (біля 50 км) радіусом дії. Звідси більші, ніж у стільникового зв'язку, потужність передавачів, витрата енергії, маса і габарити абонентських терміналів. І навіть якщо транкінгова система будується як багатозонна, то управління зонами більш обмежене, і передача обслуговування із зони в зону призводить до короткочасної перерви зв'язку. Але це вже є кроком у розвитку в напрямку до стільникового зв'язку.

У найпростішому випадку до цієї системи транкінгового зв'язку належать: БС, що виконує функції комутатора і ретранслятора, та абонентські апарати. Абонентські апарати можуть бути стаціонарними, перевізними і переносними. Переносний абонентський апарат – це портативна кишенькова радіостанція, що є одночасно радіостанцією і портативним мобільним телефоном абонента. Основна відмінність транкінгового зв'язку від стільникового: простіший, надає абонентам менший набір послуг.

В Україні нині дозволена експлуатація лише двох стандартів аналогового транкінгового зв'язку Smart Trank і MPT1327, для яких виділені парні смуги частот: 423–430 МГц від абонентської станції до БС, 413–420 МГц від БС до абонентської станції, а також 150,05–156,7625, 156,8375–162,75, 163,2–168,5 МГц [6].

У сучасних транкінгових системах, крім того, можливе пересилання цифрової інформації управління, охоронної сигналізації, телеметрії та ін. Сучасні транкінгові системи працюють в діапазонах частот 136–174, 330–440, 400–480, 806–825, 851–870, 896–901, 935–940 МГц.

Яскравим прикладом цифрової транкінгової системи, створеної за стандартом TETRA, є система ACCESSNET-T німецької фірми Роде і Шварц, яка працює в діапазоні частот 380–400/410–430 МГц, здатна наращувати ємності і пропускну спроможність. Крім TETRA, до найпопулярніших стандартів цифрового транкінгового зв'язку належать стандарти: EDACS, ARCO25, TETRAPOL та iDEN.

Пейджингова система – це дуже проста і недорога система однобічного мобільного зв'язку, що забезпечує пересилання коротких повідомлень з центра системи (пейджингового терміналу) через радіопередавач, антену БС на мініатюрні абонентські приймачі (пейджери). Пейджер приймає тільки ті повідомлення, які йому

адресовані за його індивідуальним чи груповим номером. Радіус дії може сягати 100 км. У 1997 р. у світі використовувалося більш ніж 100 млн пейджерів. Діапазони частот: 88–108, 169,425–169,8, 901–902, 929–931, 940–941 МГц, смуги частотних каналів 25 або 50 кГц, швидкості передавання 512, 1200, 1600, 2400, 3200, 6250, 6400, до 25600 Бод [5].

Сучасний безпроводовий телефон, як правило, відповідає стандарту DECT, хоча можливі й інші стандарти. Спочатку він був розрахований на обмежений радіус дії (до 300 м), пішохідну швидкість переміщення абонента, застосування, насамперед, у середині приміщень і на невеликих територіях, що зумовило малу середню потужність випромінювання абонентської станції (≈ 10 мВт), простіше, ніж в системах стільникового зв'язку, оброблення сигналу. Це немов би стільниковий зв'язок з маленькими стільниками (чарунками, зонами) і обмеженим набором послуг. В Європі безпроводовому телефону відведений діапазон 1,880–1,900 ГГц, в якому розміщуються 10 частотних каналів зі смугами по 1,728 МГц і захисними частотними інтервалами між ними.

Bluetooth – безпроводова система, яка найчастіше застосовується для безпроводового з'єднання комп'ютера або мобільного телефону з периферійними пристроями. Bluetooth працює в діапазоні 2,4 і 5 ГГц, де має 79 каналів з ППРЧ в межах 1 МГц, має радіус дії – 10 м, сумарна швидкість пересилання інформації – 1 Мбіт/с. Оскільки робота ведеться в середовищі із завадами, то для Bluetooth дуже прискіпливо розроблялись алгоритми виявлення і виправлення помилок.

В лініях і мережах радіодоступу інтегровані телефонний зв'язок і доступ до магістралі. Перші безпроводові лінії (WLL) зв'язку почали працювати у 1998 році у США. Спочатку їм був наданий діапазон 2,1–2,7 ГГц, поділений на смуги частот 72 і 198 МГц, в якому забезпечувався радіус дії 45–50 км. У цьому діапазоні частот працює система багатовузлового багатоканального розподілу (MMDS), але з часом він виявився перевантаженим. Тому прийшлося доповнити його міліметровим діапазоном (28–31 ГГц в США, 40 ГГц в Європі) з шириною смуги частот 1,3 ГГц. Радіус дії на цих частотах виявився обмеженим (1–5 км) через сильне згасання в рослинному покриві і гідрометеорах [6; 7].

Мережа Wi-Fi – це мережа широкодіапазонного радіодоступу абонентського рівня. Вона призначена для обслуговування окремих абонентів або невеликих груп абонентів, розташованих у приміщенні (на відстанях одиниць – десятків метрів) чи у вільному просторі (на відстанях десятків – сотень метрів). У технології Wi-Fi застосовують: метод прямого розширення спектра, ППРЧ, мультиплексування з ортогональним розділенням несучих частот, коди Баркера; діапазони частот 5,15–6,425 і 2,4–2,483 ГГц; ширина смуги частот 22 МГц. Випромінювання

радіохвиль слабо спрямоване з коефіцієнтом підсилення антени 6 дБ.

До категорії мереж локального широкодіапазонного радіодоступу належать такі високопродуктивні мережі, як hiperLAN, hiperLAN2, а також мережа удосконаленого цифрового безпроводового зв'язку стандарту DECT. HiperLAN і hiperLAN2 працюють відповідно в діапазонах 5,47–5,725 та 17 ГГц і 5,15–5,35 та 5,67–5,85 ГГц зі швидкістю пересилання даних 23 і 54 Мбіт/с. Радіус дії не перевищує 100 м.

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) [8] – це технологія радіодоступу операторського класу, що базується на застосуванні стандарту IEEE 802.16–2004 для фіксованого доступу і стандарту IEEE 802.16 для рухомого доступу. Їм відповідають різні радіоінтерфейси, розміри стільників, швидкості пересилання даних. Мережа WiMAX – це інтегрована мережа широкодіапазонного радіодоступу операторського рівня. Вона призначена для обслуговування мікрорайонів, районів і цілих міст, може бути стаціонарною і мобільною. В різновидах стандарту 802.16 передбачене використання діапазонів частот 2–11 і 10–66 ГГц. На сьогодні технологія WiMAX ще не повністю реалізує можливості. Її основні характеристики, що є однаковими як для фіксованого, так і для рухомого радіодоступу, наступні: діапазони частот 2,4; 2,5–2,7; 3,5; 5–6 ГГц; ширина робочої смуги частот від 1,5 до 20 МГц.

В Україні дозволено використовувати обладнання наступних систем зв'язку, аналогічних за призначенням WiMAX: WalkAir, WinAir, BreezeNet, BreezeMAX. Основні характеристики систем WalkAir, BreezeNet, BreezeMAX відповідно наступні: діапазон частот (3,5; 10,5; 26), (5,4–5,85), (3,3; 3,5; 3,6) ГГц; ширина смуги частот – до 20, (1,75; 3,5) МГц; швидкість пересилання даних (0,064–4,096), до 20, до 12,7 Мбіт/с; потужність передавача – 21, (20–22 у абонентської станції, 28–34 у БС) дБм; радіус дії 3–10, 50, 15 км.

У сучасних системах зв'язку разом з комутацією каналів широко застосовують комутацію пакетів. Паралельно з кабельними пакетними мережами в розвинутих країнах світу створені пакетні радіомережі (ПРМ) тактичного, оперативного і стратегічного призначення.

Пакетна радіомережа – це мережа зв'язку, що є сукупністю вузлів комутації пакетів, пов'язаних між собою через радіомовний канал. Спочатку цей радіоканал був єдиним. ПРМ DARPA працює в діапазоні 1,718–1,840 ГГц. 20 радіочастот цього діапазону можна використовувати для організації 20 різних широкодіапазонних ПРМ в одному географічному районі або однієї багатоканальної ПРМ з частотним розподілом, або широкодіапазональної ПРМ з ППРЧ. Залежно від рівня завад швидкість передачі інформації змінюється в межах 100–400

кбіт/с. Тактична ПРМ є локальною і працює в діапазоні 30–100 МГц.

Проаналізуємо інтегровані комплекси, в яких поєднується передача комп'ютерних даних, зв'язкової, навігаційної та інших видів інформації. Отже, терміном інтегровані позначаються комплекси, що здатні передавати повідомлення будь-якого виду: телефонні, телеграфні, факсимільні тощо, а також дані різного призначення. Під системотехнічними властивостями розуміють відповідність цих комплексів задачам автоматизації системи управління військами (АСУВ). Створенню науково-технічної бази інтеграції сприяло перетворення сигналів різних видів у цифрові сигнали.

Прикладами систем, що поєднують в собі функції зв'язку, обміну даними, розпізнавання, управління зброєю, визначення власного місцеположення є JTIDS в США, ОСНОД в Росії, MIDS в європейських країнах НАТО. У них втілені новітні досягнення науки і техніки, передові технології.

Використання даних систем дає змогу командирю, пілоту чи оператору відповідних ланок управління спостерігати на екрані дисплею інформацію про маршрут; місце нанесення удару; наявність боекомплекту; залишок палива; радіолокаційні дані щодо повітряної обстановки; місцеположення своїх, чужих і невідомих об'єктів. Свої об'єкти позначають одним кольором, чужі – іншим, невідомі – ще іншим. У разі накладання строби на ціль на індикаторах позначається її тип, курс, швидкість і висота. Можна отримати дані від взаємодіючого командира, що дозволить зрозуміти, як він може

надати підтримку в конкретній бойовій ситуації; доповісти про виконання бойового завдання.

На сучасному етапі масової інформатизації процесів управління військами і зброєю в розвинутих країнах світу розробляються і виконуються програми створення принципово нової архітектури засобів радіозв'язку, яка дала б можливість формувати радіостанцію відповідно до завдань, які виконуються, з окремих модулів різних виробників, що реалізують типові функції, і змінювати режим роботи і форму сигналу перепрограмуванням. Важливо, щоб програмне забезпечення було створене на основі єдиного операційного середовища, а інтерфейси модулів відповідали визначеним фізичним і електричним параметрам. Метою робіт є створення для усіх видів збройних сил уніфікованої модульної програмованої радіостанції на основі застосування архітектури відкритих систем. Станції мають перекривати діапазон частот від 2 МГц до 2 ГГц, одночасно приймати і передавати мовну, відео- та цифрову інформацію на декількох каналах.

Таким чином, з метою відображення розподілу частотного діапазону між сучасними видами зв'язку і системами передачі інформації розглянемо рисунок 1 і таблицю 1, з яких видно, що на сучасному етапі інтенсивно відбувається завантаження більш високого діапазону частот від 1 - 2 ГГц і до 60 ГГц. Супутниковий зв'язок, пакетні радіомережі, системи передачі даних набувають домінуючої ролі. Це обумовлено рядом причин: розвитком технологічної та елементної бази, впровадження інноваційних технологій, підвищенням вимог до швидкостей передачі інформації та способів передачі, тотальна інформатизація всіх сфер діяльності суспільства та ін.

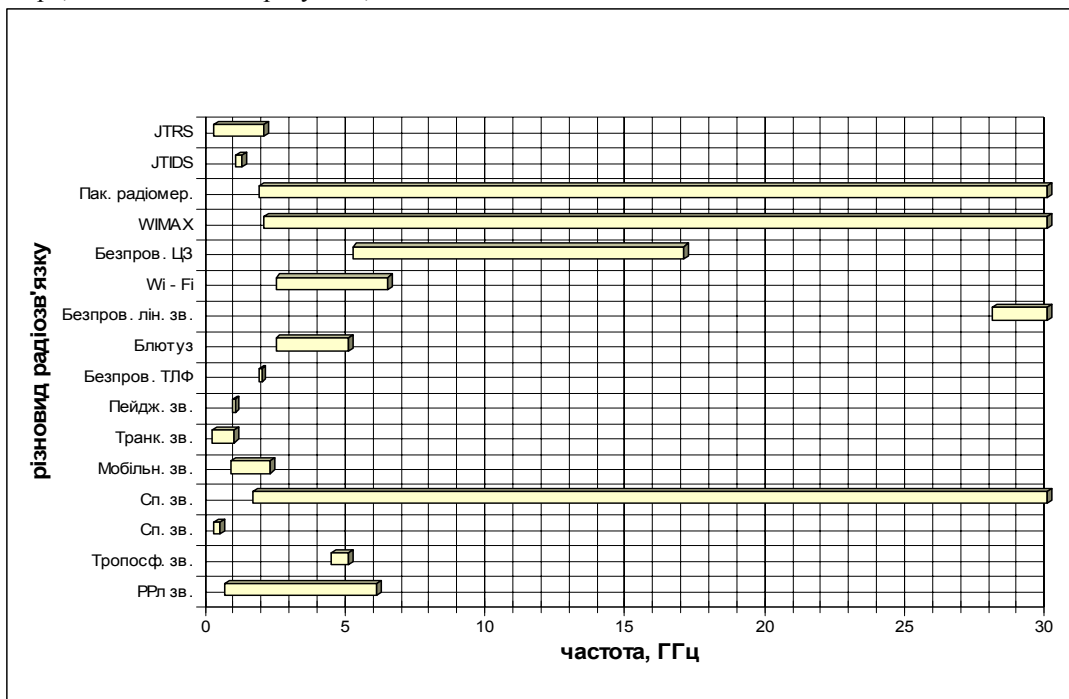


Рис. 1. Завантаженість частотного діапазону сучасними різновидами радіозв'язку і системами передачі інформації

Розподіл частот по різновидам радіозв'язку і системам передачі інформації

	РР-л зв'язок	Тропосферний зв'язок	Супутниковий зв'язок		Мобільний зв'язок	Транкінговий зв'язок	Пейджинговий зв'язок	Безпроводовий ТЛФ зв'язок	Блютуз	Безпроводові лінії зв'язку	Wi - Fi	Безпроводовий цифровий зв'язок	WIMAX	Пакетні радіомережі	JTIDS	JTRS
Нижня межа діапазону, ГГц	0,6	4,4	0,2	1,6	0,8	0,15	0,88	1,8	2,4	28	2,4	5,15	2	1,8	0,96	0,2
Верхня межа діапазону, ГГц	6	5	0,4	60	2,2	0,94	0,944	1,9	5	40	6,4	17	66	30	1,2	2

Отже, тенденція розвитку систем зв'язку і передачі інформації така, що кількість і якість послуг за видами зв'язку збільшується. Продовжується перехід від аналогової до цифрової обробки сигналів. Збільшується кількість ознак, за якими розподіляються канали. Опановуються нові діапазони вищих частот. Збільшується ємність, пропускна спроможність, мобільність, надійність, завадо- і криптозахисність. Продовжуються процеси взаємопроникнення систем і глобалізації мобільного зв'язку. Перехід на вищі діапазони частот істотно підвищує ємність систем і робить їх доступними для масового використання.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Збройні конфлікти, військові операції останнього періоду проводились в умовах інформаційного протиборства. Значне підвищення ефективності вогневого ураження досягається за допомогою інтеграції у відповідні функціональні модулі засобів розвідки, перешкод і вогневих комплексів шляхом їх об'єднання єдиною системою управління.

За допомогою засобів розвідки, зв'язку, передачі інформації миттєво отримується максимально повна й оперативна розвідувальна інформація, яка дозволяє реагувати на будь-який конфлікт, зміну обстановки в будь-якій місцевості, з метою контролю над ситуацією і прийняття необхідних рішень. Відбувається розробка нових глобальних військових систем розвідки, управління, зв'язку, створюються космічні комунікаційні інформаційних мереж. Поряд з цим, необхідно створювати системи, які будуть

ускладнювати завоювання противником інформаційної переваги для ефективного управління бойовими системами і зброєю. Доцільно відшукати уразливі місця систем управління, зв'язку, комп'ютерного забезпечення, розвідки і всебічного забезпечення бойових дій противника з метою виведення їх з ладу, що дозволить значно підвищити ефективність дій наших військ. Критичними елементами системи розвідки і управління противника завжди є радіоелектронні інформаційні засоби, подавлення, руйнація або знищення яких призводить до значного зниження можливостей щодо управління бойовими системами.

На сучасному етапі для ведення успішних бойових дій необхідні новітні засоби управління військами, сучасна техніка і озброєння, революційні принципи і підходи до створення систем зв'язку, управління, розвідки і радіоелектронної боротьби.

В цілому, проведений в статті аналіз завантаженості і насиченості частотного діапазону користувачами різноманітного походження дозволяє почати пошук шляхів підвищення ефективності радіоелектронного подавлення управління військами і зброєю противника, приступити до визначення можливих способів дезорганізації управління військами (силами) противника, а також до розробки рекомендацій по способам і формам бойового застосування різнорідних сил і засобів РЕБ сумісно із засобами вогневого ураження під час здійснення дезорганізації в інтересах виконання військами основних завдань операції.

Література

1. **Нечаев Ю. А.**, Донсков Ю.Е., Жихарев С.Н. К вопросу о способах и формах боевого применения сил и средств РЭБ // Военная мысль. – 2005. - №11. – С. 27-33.
 2. **Ласточкин Ю.** РЭБ: оружие асимметрического ответа, формат доступа <http://army-news.ru/> / 19.05.2014.
 3. **Волков Л. Н.**, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 392 с.
 4. **Огороднійчук М. Д.** Інтегровані та мобільні телекомунікаційні системи / М. Д. Огороднійчук. – К.:

НАОУ, 2002. – 72 с.
 5. **Слободянюк П. В.** Довідник з радіомоніторингу; під заг. ред. П. В. Слободянюка / П. В. Слободянюк, В. Г. Благодатний, В. С. Ступак. – Ніжин: Аспект-Поліграф, 2008. – 588 с.
 6. **Таненбаум Э.** Компьютерные сети / Э. Таненбаум. – М.: Питер, 2005. – 992 с.
 7. **Гринфилд Д.** Оптические сети / Д. Гринфилд. – М.: Diasoft, 2002. – 256 с.
 8. **Гепко И. А.** Комплементарные и спектрально-эффективные коды в радиотехнологиях четвертого поколения / И. А. Гепко. – К.: Зв'язок, 2008. – 224 с.

ДЕКОМПОЗИЦІЯ ЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНА ПО СИСТЕМАМ І СРЕДСТВАМ СВ'ЯЗИ

Александр Ярославович Салий (ад'юнкт кафедри)

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

В статье проведен анализ загруженности и насыщенности частотного диапазона пользователями различного происхождения, который позволяет определить приоритетные пути повышения эффективности радиоэлектронного подавления управления войсками и оружием противника. Необходимо определить возможные способы дезорганизации управления войсками (силами) противника на современном этапе развития вооруженной борьбы.

В современных условиях происходит значительное расширение используемого частотного диапазона, развитие цифровой связи, пакетных радиосетей, систем передачи данных. Проведенный анализ дает возможность исследовать и переосмыслить подход к структуре, планированию, применению и подготовке сил и средств РЕБ. Это в дальнейшем будет почвой для разработки методик, последовательное применение которых, позволит обеспечить высокое качество планирования операций (боевых действий) за счет оптимальной эффективности ведения радиоэлектронного подавления систем управления войсками и оружием противника.

Очень важно создать системы, которые будут усложнять завоевание противником информационного превосходства для эффективного управления боевыми системами и оружием. Возникает задание относительно поиска уязвимых мест систем управления, связи, компьютерного обеспечения, разведки и всестороннего обеспечения боевых действий противника с целью выведения их из строя, что позволит значительно повысить эффективность действий наших войск. Критическими элементами системы разведки и управления противника всегда являются радиоэлектронные информационные средства, подавление, разрушение или уничтожение которых приводит к значительному снижению его возможностей относительно управления боевыми системами.

Ключевые слова: радиоэлектронное подавление; связь; эффективность; информационное пространство.

FREQUENCY RANGE DECOMPOSITION ACCORDING TO COMMUNICATION SYSTEMS AND MEANS

Oleksandr Y. Saliy (Postgraduate Military Student)

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

We conducted analysis of frequency range occupation and engagement by the usury of various origin (civil or military) and written it out in the given article. It allows to define the priorities in the increase of efficiency of radio electronic suppression of enemy troops management at the present stage of development of armed conflict.

Nowadays there is a considerable expansion of the used frequency range, development of digicom, package radio networks, transmitting systems.

The given analysis results prompt further investigation anole make us reconsider approach to a structure, planning, application and preparation of REW forces and facilities. They will become future fundamentals to methodological background working out. It will provide us with high quality operations planning and to a maximum efficiency radio electronic suppression of troops and weapons. It is utterly important to create systems to prevent the enemy conquer the informational advantage in combat systems and weapons management.

There is a task on agenda to search vulnerable aspects of control systems, connections, IT supports, intelligence and all round enemy support in combat actions which is aimed at destroying it and increase friendly troops efficiency. The crucial elements of the enemy intelligence system are radio electronic information facilities, suppressed, destroyed or destructed of them will lead to a significant decreasing enemy capacity to manage combat systems.

Keywords: radio electronic suppression; communication; efficiency; information space.

References

1. Nechaev Ю. А., Donskov U.E., Giharev S.N. (2005), To the problem of methods and forms of battle application of forces and facilities of REW, [K voprosu o sposobah i formah boyvogo primeneniya sil i sredstv REB], The military idea, No. 11, pp. 27-33. 2. Lastochkin U., REW: weapon asymmetric response, form of access" [REB: oruzhie assimetricheskogo otveta], access format <http://army-news.ru/>, 19.05.2014. 3. Wolkov L. N., Nemirovskiy M. S., Shinakov U.S. (2005), Systems of digital radio contact: basic methods and descriptions, [Sistemy cifrovoy radiosvyazi: bazovye metody i harakteristiki], Moscow, Eko-trendz, p.392. 4. Ogorodnychuk M. D. (2002), Integrated and

mobile telecommunication systems, [Integrovani ta mobilni telekomunikatsiyni sistemy], Kiev, NAOU, p. 72. 5. Slobodyanyuk P. V. (2008), A reference book in radiomonitoring, [Dovidnyk z radiomonitoryngu], - edited by P. V. Slobodyanyuka, Nizhin, Aspekt-poligraf, p. 588. 6. Tanenbaum E. (2005), Computer networks [Komputernye seti], Moscow, Peter, p. 992 7. Grinfeld D. (2002), Optical networks, [Opticheskie seti], Moscow, Diasoft, p.256. 8. Gepko I. A. (2008), Complimentary and spectral-effective codes in radiotechnologies of fourth-generation, [Komplementarnye i spektralno-efektivnye kody v radiotekhnologiyh chetyrtogo pokoleniy], Kiev, Zv'yazok, p. 224.

Отримано: 5.11.2014 р.