

В.О. ЛЕБЕДЕВ, С.А. МАКАРОВ, канд. техн. наук, О.В. ВИСОЦЬКИЙ, канд. техн. наук

АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ СМУГИ ЧАСТОТ 790-862 МГц НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ LTE

Постановка проблеми

Значну роль у соціальній та економічній сферах діяльності суспільства відіграють сучасні телекомунікаційні системи, які забезпечують функціонування системи управління підприємств, розвиток економіки держави та розвиток у соціальній сфері.

З метою створення умов для розвитку національної інформаційної інфраструктури та ресурсів, впровадження новітніх технологій у сфері телекомунікацій, забезпечення широкого доступу населення до глобальної мережі Інтернет Президент України підписав Указ №445/2015 "Про забезпечення умов для впровадження системи рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління". Впровадження системи рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління стандарту LTE відповідно до Розпорядження Кабінету Міністрів України "Про затвердження плану заходів щодо впровадження системи рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління" від 11 листопада 2015 р. № 1232-р потребує розробки методик проведення розрахунків електромагнітної сумісності та норм частотно-територіального рознесення радіоелектронних засобів (РЕЗ) для відповідних смуг частот.

Розвиток новітніх глобальних систем телекомунікаційних систем, зростання кількості новітніх засобів зв'язку, інтенсивне створення систем наземного і супутникового базування, а також їх широка інтеграція та конвергенція висувають на перший план проблему електромагнітної сумісності (ЕМС) озброєння та військової техніки Повітряних Сил Збройних Сил України та засобів телекомунікації новітніх цифрових стандартів зв'язку, особливо у дециметровому діапазоні хвиль.

У публікації [1] розглянуто проблему ЕМС при впровадженні мережі цифрового телевізійного мовлення у смузі частот 470 – 862 МГц. У публікації [2] розглянуто шляхи підвищення ефективності використання радіочастотного ресурсу на основі застосування організаційно-технічних заходів, які визначають можливість проведення перерозподілу частотного діапазону на основі удосконалення зразків військової техніки Повітряних Сил Збройних Сил України.

Метою статті є визначення попередніх умов електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів спеціальних та загальних користувачів у смузі частот 790 – 862 МГц на території України для впровадження мережі мобільного зв'язку четвертого покоління та визначення потенційно несумісних типів військової техніки Повітряних Сил Збройних Сил України із радіоелектронними засобами зв'язку технології LTE.

Виклад основного матеріалу

Перехід на новітні технології та стандарти вимагає дослідження специфіки електромагнітних взаємодіючих зв'язків між радіоелектронними засобами (РЕЗ) спеціальних та загальних користувачів. Важливим резервом подальшого освоєння радіочастотного спектра (РЧС) для розвитку нових технологій є конверсія і вивільнення частки спектра, відведеної для використання засобів спеціального та комерційного призначення у діапазоні 790 – 862 МГц.

Розподіл радіочастотного ресурсу системам радіозв'язку. Міжнародна таблиця розподілу частот є основою для ефективного управління використанням спектру. Вона містить загальний план складу спектра, основну структуру для забезпечення ефективного використання спектра і заходи попередження виникнення радіочастотних перешкод між службами. Політика в області розподілу частот в Україні здійснюється відповідно до Національної таблиці

розподілу смуг радіочастот України та Плану використання радіочастотного ресурсу України [3, 4].

В Україні смуги радіочастот для використання відомствами національної оборони, державної безпеки, охорони правопорядку складають до 30 % освоєного РЧР, а залишок належить до смуг спільного використання РЕЗ загального та спеціального призначення.

Такий розподіл РЧС істотно обмежує виділення смуг частот для РЕЗ загального призначення і стримує розвиток сучасних систем радіозв'язку, що застосовуються в інших країнах, – систем рухомого зв'язку, систем бездротового доступу, наземного і супутникового телебачення та радіомовлення тощо. Одна зі світових тенденцій використання РЧС полягає в тому, що все більша частка РЧС у всіх країнах отримує статус спільного або загального використання.

Завантаження смуг радіочастотного спектру радіоелектронними засобами в Україні. Більшість смуг радіочастот, як правило, використовується декількома радіослужбами, тому в Національній таблиці розподілу смуг радіочастот України вказується як пріоритетність радіослужб (на первинній або вторинній основі), так і статус смуги частот: загального (ЗК) або спеціального (СК) користування.

Військова техніка Повітряних Сил Збройних Сил України використовує смугу частот 790 – 862 МГц відповідно до примітки У093 Національної таблиці розподілу смуг радіочастот України, де зазначено, що:

- смуга 399,9 – 1240 МГц розподілена повітряній радіонавігаційній службі спеціальних користувачів;
- смуга 75,2 – 9800 МГц розподілена радіолокаційній службі спеціальних користувачів.

РЕЗ загальних користувачів не повинні створювати завад РЕЗ спеціальних користувачів. Смуга радіочастот 814 – 815 МГц може використовуватися на вторинній основі безшнуровими телефонними апаратами. Смуга радіочастот 833 – 885 МГц використовується диспетчерськими радіолокаційними станціями систем управління повітряним рухом до кінця амортизаційного терміну. Окремі ділянки в смузі радіочастот 815 – 873 МГц можуть використовуватися системами сухопутного рухомого радіозв'язку загального користування за умови виконання встановлених вимог і обмежень. Окремі ділянки в смузі радіочастот 790 – 1100 МГц використовуються системами супутникового зв'язку.

Таким чином, в частині дециметрового діапазону основна частка радіочастотного ресурсу використовується в інтересах урядових і військових потреб.

Аналіз ситуації, що електромагнітної обстановки в діапазонах частот, виділених засобів радіозв'язку. Однією з основних проблем, що стримують розвиток сучасних високотехнологічних систем радіозв'язку загального користування, є недостатність частотного ресурсу, використовуваного без істотних обмежень на частотні, просторові та енергетичні параметри обладнання в найбільш затребуваних діапазонах, а саме: 800, 900, 1800 МГц; 2,1; 2,3 і 2,6 ГГц. На рис. 1 показано завантаженість діапазону 790 – 862 МГц засобами повітряної радіонавігації та посадки спеціальних користувачів і мережі цифрового стільникового зв'язку стандарту CDMA 800 й цифрового телевізійного мовлення.

Необхідно відзначити, що смуга частот 790 – 862 МГц відведена для переважного використання засобами повітряної радіонавігації та посадки спеціальних користувачів. Це бортова радіотехнічна система ближньої навігації (РСБН-С), приймачі різних каналів в складі наземної радіотехнічної системи ближньої навігації (РСБН-4Н), посадочно-радіомаякові група (ПРМГ), радіолокаційні станції та диспетчерські радіолокаційні пристрої типу ДРЛ, літакові відповідачі та радіовисотоміри.

Смуга частот 790 – 862 МГц відведена для 61-69 телевізійних каналів. Але, згідно з Розпорядженням Кабінету Міністрів України "Про затвердження плану заходів щодо впровадження системи рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління" від 11 листопада 2015 р. № 1232-р зазначена смуга до кінця 2017 р. буде вивільнена від цифрового та аналогового наземного телевізійного мовлення.

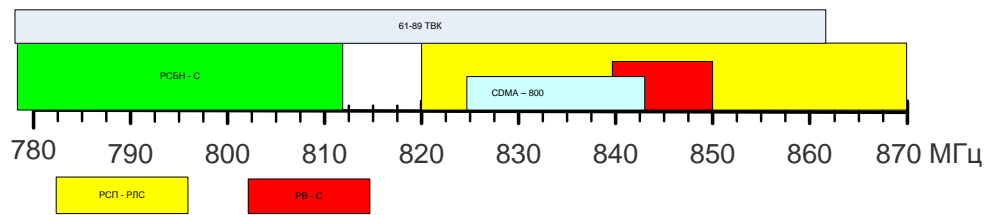


Рис. 1. Розподіл частот між мережами цифрового стільникового зв'язку стандарту CDMA 800 й цифрового телевізійного мовлення та засобами повітряної радіонавігації та посадки спеціальних користувачів у смузі частот 790 - 862 МГц

Умови для часткової конверсії радіочастотного ресурсу у діапазоні 790 - 862 МГц. Перехід на новітні технології та стандарти вимагає дослідження специфіки електромагнітних взаємодіючих зв'язків між РЕЗ спеціальних та загальних користувачів. Важливим резервом подальшого освоєння РЧС для розвитку нових технологій є конверсія і вивільнення частки спектра, відведеної для використання засобів спеціального та комерційного призначення у діапазоні 790 – 862 МГц.

На підставі даних про частотний діапазон роботи РЕЗ систем мобільного зв'язку технології LTE розглянемо смуги радіочастот 791 – 821 МГц, 832 – 862 МГц. Частотний діапазон роботи приймальних пристроїв РЕЗ спеціальних користувачів такий:

- для дальномірного каналу радіотехнічної системи ближньої навігації РСБН-4Н: 770 – 813 МГц;
- для ретранслятору дальноміру посадочної радіомаячної групи ПРМГ-5: 770 – 810 МГц;
- для ретранслятору дальноміру посадочної радіомаячної групи ПРМГ-76: 770 – 810 МГц;
- для диспетчерського радіолокатору радіолокаційної системи посадки літаків РСП-6М2: 833 – 885 МГц;
- для диспетчерського радіолокатору радіолокаційної системи посадки літаків РСП-10МН: 833 – 885 МГц;
- для диспетчерського радіолокатору ДРЛ-7СК (ДРЛ-7СМ): 833 – 885 МГц;
- для радіолокаційної станції виявлення та вимірювання координат маловисотних цілей 1РЛ134: 830 – 885 МГц;
- для радіолокаційної станції виявлення та вимірювання координат маловисотних цілей 35Н6: 825 – 885 МГц;
- для літакового відповідача різних модифікацій у режимі УВД: 835 – 840 МГц;
- для бортової радіотехнічної системи ближньої навігації, посадки і зустрічі А-317 у режимі “ОВК”: 800 – 813 МГц;
- для бортового радіовисотоміру великих висот РВ-18: 840 – 849 МГц.

Частотний аналіз впливу випромінювання РЕЗ систем мобільного зв'язку технології LTE на РЕЗ спеціальних користувачів у смузі радіочастот 790 – 862 МГц дозволяє визначити канали проникнення завад до приймальних пристроїв наземних та бортових РЕЗ:

а) при випромінюванні базових станцій технології LTE:

- 1) РСБН-4Н має дванадцять можливих каналів проникнення по основному каналу приймання;
- 2) ПРМГ-5 (ПРМГ-76) має п'ять можливих каналів проникнення по основному каналу приймання;
- 3) виріб А-317 має сім можливих каналів проникнення по основному каналу приймання;

б) при випромінюванні абонентських терміналів технології LTE:

- 1) РСП-6М2 має три можливих каналів проникнення по основному каналу приймання;

- 2) РСР-10МН (ДРЛ-7СК, ДРЛ-7СМ) має шість можливих каналів проникнення по основному каналу приймання;
- 3) 1РЛ134 має п'ять можливих каналів проникнення по основному каналу приймання;
- 4) 35Н6 має шість можливих каналів проникнення по основному каналу приймання;
- 5) літакові відповідачі різних модифікацій мають три можливих каналів проникнення по основному каналу приймання;
- 6) РВ-18 має один можливий канал проникнення по основному каналу приймання.

Аналіз технічних характеристик бортових та наземних РЕЗ спеціальних користувачів, а також технічних характеристик РЕЗ мереж мобільного зв'язку технології LTE, і частотний аналіз діючих РЕЗ спеціальних користувачів і РЕЗ систем мобільного зв'язку технології LTE, що плануються до впровадження у смузі частот 790 – 862 МГц, дозволяє визначити наступні потенційно-несумісні РЕЗ спеціальних та загальних користувачів:

- базова станція LTE та радіотехнічна система ближньої навігації РСБН-4Н і бортова куто-дальномірна радіотехнічна система ближньої навігації, посадки і зустрічі А-317;
- базова станція LTE та посадочна радіомаячна група ПРМГ-5 (ПРМГ-76);
- абонентський термінал LTE та радіолокаційна система посадки літаків РСР-6М2 (РСР-10МН, ДРЛ-7СК, ДРЛ-7СМ);
- абонентський термінал LTE та радіолокаційна станція виявлення та вимірювання координат маловисотних цілей 1РЛ134 (35Н6);
- абонентський термінал LTE та літакові відповідачі різних модифікацій;
- абонентський термінал LTE та бортовий радіовисотомір великих висот РВ-18.

У подальшому на підставі енергетичного аналізу діючих РЕЗ спеціальних користувачів і РЕЗ систем мобільного зв'язку технології LTE, що плануються до впровадження у смузі частот 790 – 862 МГц потрібно розробити обмеження та заборони на розміщення базових станцій технології LTE (умови сумісного функціонування РЕЗ спеціальних та загальних користувачів для впровадження мережі мобільного зв'язку четвертого покоління)

Висновки

Таким чином, проведено визначення попередніх умов електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів спеціальних та загальних користувачів на основі аналізу технічних характеристик бортових та наземної військової техніки Повітряних Сил Збройних Сил України, а також технічних характеристик РЕЗ мереж мобільного зв'язку технології LTE у смузі частот 790 – 862 МГц на території України для впровадження мережі мобільного зв'язку четвертого покоління.

Визначено потенційно несумісні типи військової техніки Повітряних Сил Збройних Сил України із радіоелектронними засобами зв'язку технології LTE на основі частотного аналізу РЕЗ спеціальних та загальних користувачів.

Список літератури: 1. *Макаров, С. А.* Аналіз електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів в умовах впровадження в Україні цифрового мовлення / С. А. Макаров, В. П. Поздняк, Г. Ю. Дукін // Системи обробки інформації. – 2006. – № 3. – С. 89-93. 2. *Макаров, С. А.* Підвищення ефективності використання радіочастотного ресурсу шляхом покращення частотної вибіркової радіолокаційних систем посадки / С. А. Макаров // Системи обробки інформації. – 2012. – № 9. – С. 46-49. 3. *Постанова* Кабінету Міністрів України від 15 грудня 2005 р. № 1208 Про затвердження Національної таблиці розподілу смуг радіочастот України (із змінами), 2017. – Ел. доступ <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1208-2005-n>. 4. *Постанова* Кабінета Міністрів України від 09.06.2006 р. № 815 Про затвердження Плану використання радіочастотного ресурсу України (із змінами), 2017. – Ел. доступ <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/815-2006-p>.

*Харківський національний університет
повітряних сил імені І. Кожедуба*

Надійшла до редколегії 15.08.2017