

**ПРОБЛЕМА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ
В УКРАЇНІ МЕРЕЖ РАДІОТЕХНОЛОГІЇ LTE**

У СМУГАХ ЧАСТОТ 880...915 МГц та 925...960 МГц

Лебедєв В.О., Костенко І.Л., Поздняк В.П., Павліченко О.А.

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

61023, м. Харків-23, вул. Сумська, 77/79, (057) 704-96-01,

E-mail: info@hups.mil.gov.ua

This article discusses the methods and ways of solving the problem of electromagnetic compatibility during the introduction of fourth generation mobile systems in Ukraine in the frequency bands 880...915 MHz and 925...960 MHz based on the criteria for the protection of radar and radionavigation electronic airborne communications structures for special users in the planning of radio engineering networks LTE 900 in Ukraine

Впровадження в Україні систем мобільного зв'язку четвертого покоління (LTE) проводиться на підставі Указу Президента України №445/2015 про "Про забезпечення умов для впровадження системи рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління" та Розпоряджень Кабінету Міністрів України "Про затвердження плану заходів щодо впровадження системи рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління" від 11 листопада 2015 р. № 1232-р.

Радіотехнологія рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління LTE є наступною після 3G покоління мобільного зв'язку і працює на базі IP-технологій. Основна відмінність LTE від попередніх – висока швидкість передачі даних. Теоретично вона складає до 326,4 Мбіт/с на приймання (DL - download) і 172,8 Мбіт/с на передавання (UL - upload) інформації. При цьому в міжнародному стандарті вказані цифри в 173 і 58 Мбіт/с, відповідно. Даний стандарт зв'язку четвертого покоління розробило і затвердило Міжнародне партнерське об'єднання 3GPP (3rd Generation Partnership Project). Головна особливість стандарту LTE в тому, що так само, як і в мережах 3G, головною ланкою в LTE можна назвати технологію кодування і передачі даних OFDM-MIMO.

Найбільш поширеним варіантом передачі даних у наш час є саме FDD технологія. Режим FDD (Frequency Division Duplex) – дуплексний канал з частотним розділенням сигналу. У цьому випадку в момент з'єднання мобільного пристрою з базовою станцією використовується дві різні частоти для передачі даних (табл. 1), одна з яких використовується для сигналу DL, а інша – для сигналу UL. Завдяки цьому підвищується якість зв'язку.

Для впровадження системи рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління LTE в Україні виділені частотні діапазони, які наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Діапазони робочих частот обладнання стандарту LTE, які виділені для України

№ band (діапазону)	Діапазон робочих частот UL, МГц	Діапазон робочих частот DL, МГц	Режим
1	1920 – 1980	2110 – 2170	FDD
3	1710 – 1785	1805 – 1880	FDD
7	2500 – 2570	2620 – 2690	FDD
8	880 – 915	925 – 960	FDD
20	832 – 862	791 – 821	FDD
28	703 – 733	758 – 788	FDD
32	1427-1452	1492-1518	FDD
33	1900 – 1920	1900 – 1920	TDD

Четвертая международная научно-техническая конференция
Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей
связи

№ band (діапазону)	Діапазон робочих частот UL, МГц	Діапазон робочих частот DL, МГц	Режим
38	2570 – 2620	2570 – 2620	TDD
40	2300 – 2400	2300 – 2400	TDD
68	698 – 728	753 – 783	FDD

Смуги частот 880...915 МГц та 925...960 МГц (8 band) є привабливими для власників систем мобільного зв'язку четвертого покоління за своїми технічними показниками і за своєю економічністю – з одного боку, але з іншого боку ця смуга частот використовується радіоелектронними засобами (РЕЗ) повітряної радіонавігаційної служби (ПРНС) спеціальних користувачів. Отже, виникає проблема забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС) РЕЗ мереж радіотехнології четвертого покоління LTE (LTE 900) та РЕЗ ПРНС спеціальних користувачів. Методи аналізу ЕМС між РЕЗ спеціальних та загальних користувачів досліджено у роботах [1 - 2].

Аналіз зайнятості і стану використання смуг радіочастот 790-862 МГц, 880...910 і 925...955 МГц радіоелектронних засобів (РЕЗ) спеціальних користувачів проводиться шляхом класифікації діючих та запланованих РЕЗ спеціальних користувачів у зазначених смугах радіочастот на підставі Регламенту радіозв'язку ІТУ RR-2015, Національної таблиці розподілу смуг радіочастот України, Плану використання радіочастотного ресурсу України та аналізу рекомендацій Міжнародного союзу електрозв'язку (ІТУ), документів Європейського інституту телекомунікаційних стандартів (ETSI), рекомендацій Європейських конференцій адміністрацій служб зв'язку та пошти (СЕРТ).

У смузі радіочастот 880...910 і 925...955 МГц працюють та заплановані до подальшого використання наступні РЕЗ спеціальних користувачів:

- радіотехнічна система ближньої навігації RSBN “Ground-to-Air” type 1;
- радіотехнічна система ближньої навігації RSBN “Ground-to-Air” type 2;
- радіотехнічна система ближньої навігації RSBN “Ground-to-Air” type 3;
- радіотехнічна система ближньої навігації RSBN “Ground-to-Air” type 4;
- радіотехнічна система ближньої навігації RSBN “Ground-to-Air” type 5;
- радіотехнічна система ближньої навігації RSBN “Ground-to-Air” type 6;
- радіотехнічна система ближньої навігації RSBN “Ground-to-Air” type 7;
- пристрої контролю інструментальних систем посадки (ІСП) дециметрового діапазону хвиль (instrument landing system);
- пристрої контролю радіотехнічної системи ближньої навігації (RSBN “Air-to-Ground”);
- радіолокаційні станції (RLS 1 type 1, RLS 1 type 2, RLS 1 type 3, RLS 1 type 4);
- радіолокаційні станції управління повітряним рухом повітряної радіонавігаційної служби.

При визначенні умов забезпечення ЕМС між РЕЗ спеціальних користувачів і РЕЗ систем мобільного зв'язку четвертого покоління LTE 900 у смугах радіочастот 880...915 МГц та 925...960 МГц доцільно використовувати критерій захисного відношення, який враховує особливості застосування РЕЗ спеціальних користувачів. Для РЕЗ спеціальних користувачів захисне відношення визначається шляхом проведення практичних експериментальних вимірювань для кожного класу завади [3]. Данні про захисні відношення РЕЗ спеціальних користувачів у подальшому використовуються для розрахунку норм частотно-територіального РЕЗ мереж радіотехнології четвертого покоління та РЕЗ ПРНС спеціальних користувачів

Проведення аналізу норм частотно-територіального рознесення у смугах частот 880...910 і 925...955 МГц свідчить, що територіальне рознесення між РЕЗ спеціальних користувачів та РЕЗ радіотехнології рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління становить:

Четвертая международная научно-техническая конференция
Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей
связи

- для пристрою контролю RSBN “Air-to-Ground”: 250...700 м відносно базової станції LTE 900;
- для пристроїв контролю ІСП: 3,6...7,3 км відносно базової станції LTE 900;
- для виносного пристрою контролю RSBN “Air-to-Ground”: 0,4...2,2 км відносно базової станції LTE 900;
- для RLS 1 type 1 (ПЛС УПР ПРНС): 17...34 км відносно АТ LTE 900;
- для RLS 1 type 2: 13...28 км відносно АТ LTE 900;
- для RLS 1 type 3: 17...34 км відносно АТ LTE 900;
- для RLS 1 type 4: 15...32 км відносно АТ LTE 900;

Для RSBN “Ground-to-Air” type 1, RSBN “Ground-to-Air” type 2, RSBN “Ground-to-Air” type 3, RSBN “Ground-to-Air” type 4, RSBN “Ground-to-Air” type 5, RSBN “Ground-to-Air” type 6, RSBN “Ground-to-Air” type 7 територіальне рознесення відносно БС LTE 900 складає від 100км до 380 км у залежності від типу бортового обладнання РСБН.

Повітряні судна, які обладнані даними РЕЗ повітряної радіонавігаційної служби, виконують завдання за призначенням по всій території України, тому при плануванні мережі радіотехнології рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління застосовувати територіальне рознесення між бортовими RSBN “Air-to-Ground” та БС LTE 900 не має сенсу, але необхідно враховувати частотне рознесення.

Аналіз норм частотно-територіального рознесення у смугах частот 880...910 і 925...955 МГц призводить до суттєвих обмежень на впровадження в Україні системи рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління.

За результатами проведення наземних випробувань та теоретичного обчислення норм забезпечення умов ЕМС між РЕЗ повітряної радіонавігаційної служби спеціальних користувачів та РЕЗ радіотехнології рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління у смугах радіочастот 880...910 і 925...955 МГц при впровадженні РЕЗ LTE 900 в Україні можна зробити такі висновки:

а) спільне використання смуги радіочастот 925...955 МГц можливе за умови виконання наступних захисних критеріїв:

частотного рознесення 3,1 МГц між центральною частотою робочого каналу БС стандарту LTE 900 та частотою приймання RSBN “Ground-to-Air”;

територіальних обмежень на розташування БС LTE 900 на відстані:

1 км відносно RSBN “ Air-to-Ground ”;

3 км відносно виносного контрольного пристрою RSBN “Air-to-Ground”;

8 км відносно ІСП дециметрового діапазону хвиль;

б) спільне використання смуги радіочастот 880...910 МГц абонентськими терміналами LTE 900 та РЕЗ спеціальних користувачів можливе за умови виконання наступних захисних критеріїв:

встановлення територіальних обмежень на розташування БС LTE 900 відносно RLS 1 type 1 (ПЛС управління повітряним рухом повітряної радіонавігаційної служби) на відстані 39 км з урахуванням додатково радіусу зони покриття БС;

встановлення територіальних обмежень на розташування БС LTE 900 відносно RLS 1 type 2 на відстані 33 км з урахуванням додатково радіусу зони покриття БС;

встановлення територіальних обмежень на розташування БС LTE 900 відносно RLS 1 type 3 на відстані 39 км з урахуванням додатково радіусу зони покриття БС;

встановлення територіальних обмежень на розташування БС LTE 900 відносно RLS 1 type 4 на відстані 37 км з урахуванням додатково радіусу зони покриття БС.

ВИСНОВКИ

Для виключення впливу РЕЗ радіотехнології рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління, що працюють у смугах радіочастот 880...910 і 925...955 МГц, на РЕЗ спеціальних користувачів необхідно дотримуватися наступних територіальних обмежень на розташування БС LTE 900 для 1, 2 та 6 частотних каналів шириною 5 МГц на території України вводяться обмеження за частотними каналами та регіонами.

Четвертая международная научно-техническая конференция
Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей
связи

Застосування 3, 4, 5 частотних каналів РЕЗ LTE 900 шириною 5 МГц (935...940 МГц, 940...945 МГц, 945...950 МГц) за результатами розрахунків норм забезпечення ЕМС між РЕЗ ПРНС спеціальних користувачів та РЕЗ радіотехнології LTE 900 не мають частотних та територіальних обмежень для впровадження системи рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління в Україні, але потребують проведення льотних випробувань щодо визначення групового впливу випромінювання базових станцій фрагменту мережі РЕЗ радіотехнології рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління на бортову апаратуру радіотехнічної системи ближньої навігації у смугах радіочастот 880...915 МГц і 925...960 МГц.

Для більш ефективного впровадження радіотехнології рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління необхідно провести рефармінг смуг радіочастот 880...915 МГц і 925...960 МГц за регіонами України.

Список літератури:

1. Нормативний документ Адміністрації державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України «Методика проведення розрахунків електромагнітної сумісності та норми частотно-територіального рознесення радіоелектронних засобів у смугах радіочастот, які підлягають конверсії (1920-1935/2110-2125, 1950-1965/2140-2155, 1965-1980/2155-2170), а також у смугах радіочастот, які плануються для застосування за результатами конверсії». – Київ.: Адміністрація державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України, 2015.

2. Феоктистов Ю.А., Матасов Л.И. и др. Теория и методы оценки электро-магнитной совместимости радиоэлектронных средств/Под ред. Феоктистова Ю.А. – М.: Радио и связь, 1998.

3. Макаров С.А., Павліченко О.А., Поздняк В.П. Експериментальне вимірювання захисних відношень засобів повітряної радіонавігаційної служби відносно мережі зв'язку четвертого покоління у смузі частот 925...960 МГц//Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных систем связи (ЭМС - 2017): Сборник научных трудов третьей международной научно-технической конференции, 23-24 мая 2017 г. – Х.: ХНУРЭ, 2017. – С. 34.