

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Адміністрації Державної
служби спеціального зв'язку
та захисту інформації України
12 серпня 2020 року № 466

МЕТОДИКА

проведення розрахунків електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів у смузі радіочастот 882 – 890 МГц з радіоелектронними засобами радіотехнологій CDMA/LTE 850 для різних комбінацій каналів, радіотехнологій і рівнів потужності випромінювання

I. Загальні положення

1. Методику проведення розрахунків електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів у смузі радіочастот 882 – 890 МГц з радіоелектронними засобами радіотехнологій CDMA/LTE 850 для різних комбінацій каналів, радіотехнологій і рівнів потужності випромінювання (далі – Методика) розроблено відповідно до частини першої статті 41 Закону України “Про радіочастотний ресурс України”.

2. Ця Методика встановлює порядок проведення розрахунків умов електромагнітної сумісності та дозволяє проводити аналіз сценаріїв виникнення завад між радіоелектронними засобами у смузі радіочастот 882 – 890 МГц та радіоелектронними засобами радіотехнологій CDMA/LTE 850 для різних комбінацій каналів, радіотехнологій і рівнів потужності випромінювання при здійсненні присвоєнь радіочастот.

II. Терміни та визначення понять

1. Нижче подано терміни та визначення позначених ними понять, вжиті в цій Методиці:

1) радіоелектронний засіб (далі – РЕЗ) – технічний засіб, призначений для передавання та/або приймання радіосигналів радіослужбами;

2) базова станція (далі – БС) – один або декілька стаціонарних РЕЗ одного типу з допоміжним обладнанням, розташованих у визначеному місці і призначених для забезпечення роботи інших РЕЗ у мережі радіозв'язку;

3) небажане випромінювання – випромінювання РЕЗ або його складників, яке не призначене для передавання, приймання або навмисного спотворення інформації;

4) позасмугове випромінювання – небажане випромінювання через антену радіопередавача у смузі частот, яка безпосередньо прилягає до необхідної смуги частоті викликане модуляцією радіосигналу;

5) побічне випромінювання – небажане випромінювання через антену радіопередавача, що викликане будь-якими нелінійними процесами у радіопередавачі, крім процесу модуляції.

2. Інші терміни вживаються у значеннях, наведених у Законі України “Про радіочастотний ресурс України”.

III. Скорочення

Нижче подано скорочення, вжиті в цій Методиці:

ЕМС – електромагнітна сумісність;

ЕМО – електромагнітна обстановка;

CDMA – Code Division Multiple Access (множинний доступ з кодовим розділенням каналів);

GSM – Global System for Mobile Communications (міжнародний стандарт для мобільного цифрового стільникового зв’язку);

LTE – Long-Term Evolution (стандарт мобільного зв’язку четвертого покоління).

IV. Аналіз проведення розрахунків ЕМС РЕЗ

1. Аналіз проведення розрахунків ЕМС РЕЗ проводиться відповідно за процедурою, яка складається з шести послідовних етапів, а саме:

1) попереднє оцінювання ЕМО в районі планування нового присвоєння;

2) попереднє оцінювання належної якості функціонування окремих РЕЗ або сукупності РЕЗ у визначеній ЕМО;

3) визначення сценаріїв завадової взаємодії РЕЗ в районі планування нового присвоєння;

4) визначення характеристик РЕЗ для проведення розрахунків ЕМС РЕЗ;

5) розрахунок ЕМС РЕЗ відповідно до визначених сценаріїв завадової взаємодії;

6) оцінка забезпечення ЕМС РЕЗ за результатами проведених розрахунків.

Попереднє оцінювання ЕМО в районі планування нового присвоєння

2. Попереднє оцінювання ЕМО в районі планування нового присвоєння проводиться шляхом територіального і частотного відбору потенційно несумісних РЕЗ.

Територіальний відбір потенційно несумісних РЕЗ здійснюється на підставі визначення параметрів (форми, діаметру або радіусу) і побудови контуру розрахункової зони відбору. Визначення параметрів розрахункової зони проводиться безпосередньо експертом в залежності від типу та сценарію розгортання планованого РЕЗ. Приймаючи до уваги, що діапазони частот радіотехнологій CDMA/LTE 850 та E-GSM/LTE 900 не перетинаються, при розрахунках ЕМС відсутня необхідність розрахунку впливу соканальній заваді, тому радіус такої зони складає не більше 15 км.

Усі діючі РЕЗ, які потрапили у простір, обмежений контуром розрахункової зони, вважаються потенційними джерелами завад і обираються для подальшого аналізу ЕМС.

Частотний відбір конфліктуючих РЕЗ здійснюється шляхом ідентифікації і селекції діючих (або планованих) присвоєнь РЕЗ, які потрапили в розрахункову зону. При частотному відборі конфліктуючих РЕЗ враховуються усі можливі види завад, канали проникнення завад і негативні явища (інтермодуляція, блокування тощо), які можуть призвести до погіршення якості функціонування діючих і нового РЕЗ.

За результатами попереднього оцінювання завадової обстановки формується впорядкована вибірка потенційно небезпечних джерел завад, які підлягають подальшому дослідженню. Критерій відбору потенційно небезпечних завад визначається безпосередньо експертом.

Попереднє оцінювання належної якості функціонування окремих РЕЗ або сукупності РЕЗ у визначеній ЕМО

3. Попереднє оцінювання належної якості функціонування окремих РЕЗ або їх сукупності здійснюється на підставі базових вимог по якості функціонування РЕЗ і якості зв'язку з урахуванням технічних характеристик досліджуваних РЕЗ і ЕМО в районі планування нового присвоєння.

Критерієм оцінювання якості функціонування РЕЗ зазвичай є припустимий рівень потужності завадового сигналу на вході приймача РЕЗ, при якому забезпечується належне та безперебійне функціонування РЕЗ і передача повідомлень із заданою імовірністю безпомилкового прийому.

При розгляді заявки на введення в дію РЕЗ радіотехнології CDMA/LTE 850 проводиться розрахунок впливу нового частотного

присвоєння на всі приймачі БС радіотехнології E-GSM/LTE 900, які потрапили до зони відбору потенційно несумісних РЕЗ.

При розгляді заявки на введення в дію РЕЗ радіотехнології E-GSM/LTE 900 проводиться розрахунок впливу кожної з БС радіотехнології CDMA/LTE 850, які потрапили до зони відбору потенційно несумісних РЕЗ на приймачі нового РЕЗ.

Визначення сценаріїв завадової взаємодії РЕЗ в районі планування нового присвоєння

4. При проведенні розрахунків розглядаються два завадових сценарії – завади від небажаних (позасмугових та побічних) випромінювань та завади за рахунок явищ інтермодуляції та блокування. В обох сценаріях виконується розрахунок рівнів завади від передавачів БС радіотехнології CDMA/LTE 850 на вході приймачів БС радіотехнології E-GSM/LTE 900.

При розрахунку завади від небажаних випромінювань розраховується рівень завади від передавача БС радіотехнології CDMA/LTE 850 на вході приймача БС радіотехнології E-GSM/LTE 900 в будь-якій смузі частот 100 кГц діапазону частот 882 – 915 МГц.

При розрахунку завади за рахунок явищ інтермодуляції та блокування розраховується рівень завади від передавача БС радіотехнології CDMA/LTE 850 на вході приймача БС радіотехнології E-GSM/LTE 900 в смузі частот 869 – 879,15 МГц.

Розраховані значення рівнів завад порівнюються з граничними рівнями для кожного виду завад.

Визначення характеристик РЕЗ для проведення розрахунків ЕМС РЕЗ

5. Розрахунок енергетичних втрат передачі в лінії радіозв'язку.

Розрахунок рівня завади (дБВт) на вході приймача від джерела завади здійснюють за формулою:

$$P_z = P_{z.\text{прд}} - L_{\text{заг.з}},$$

де: $P_{z.\text{прд}}$ – потужність передавача джерела завади (дБВт);
 $L_{\text{заг.с}}$ – загальні втрати поширення радіохвиль між джерелом і рецептором завади (дБ).

Енергетичні втрати передачі в лінії радіозв'язку визначаються характеристиками апаратурних елементів лінії (фільтрами, фідерами,

антенами та ін.) і властивостями середовища поширення радіохвиль (станом середовища, атмосферними явищами тощо).

Значення втрат в різних перетинах лінії радіозв'язку оцінюються в логарифмічних одиницях (дБ).

При розрахунках ЕМС РЕЗ визначають базові L_b і загальні $L_{заг.з}$ втрати лінії радіозв'язку.

Розрахунок загальних втрат в лінії радіозв'язку між джерелом і рецептором заводи здійснюють за формулою:

$$L_{заг.з} = L_{ф.прд.з} - G_{прд.з}(\varphi_{прм}) + L_b - G_{прм}(\varphi_{прд.з}) + L_{ф.прм} + XPD \text{ (дБ)},$$

де: $L_{ф.прд.з}$ і $L_{ф.прм}$ – втрати в фідерних трактах відповідно заводового передавача та приймача – рецептора заводи з урахуванням ослаблення у фідерах та фільтрах;

$G_{прд.з}(\varphi_{прм})$ – коефіцієнт підсилення антени передавача, що створює заводи, у напрямку приймача, на який здійснюється вплив заводового сигналу;

$G_{прм}(\varphi_{прд.з})$ – коефіцієнт підсилення антени приймача, на який здійснюється вплив заводового сигналу, у напрямку передавача, що створює заводи;

XPD – коефіцієнт додаткового послаблення, яке залежить від поляризаційної вибіркості антен.

Розрахунок базових втрат L_b лінії радіозв'язку у різних типах середовищ базується на моделюванні трас поширення радіохвиль і/або прогнозуванні рівня сигналу (напруженості поля сигналу) на заданій відстані від передавача, та прогнозуванні зміни його значень залежно від ситуації на трасі (в середовищі) за відомими експериментально отриманими даними.

Враховуючи те, що за наявності захисного інтервалу 2,85 МГц між смугою частот передачі БС радіотехнології CDMA/LTE 850 та прийому БС радіотехнології E-GSM/LTE 900, заводовий вплив здійснюється за рахунок позасмугового випромінювання БС радіотехнології CDMA/LTE 850 або в присутності потужного сигналу БС радіотехнології CDMA/LTE 850 на вході приймача БС радіотехнології E-GSM/LTE 900 (явища блокування та інтермодуляції), відстань, на якій рецептор буде відчувати вплив джерела заводи, буде невеликою, а лінія радіозв'язку «джерело заводи – рецептор заводи» буде мати топологію «точка – точка» в умовах прямої видимості.

Для систем зв'язку «точка –точка» розрахунок базових втрат при поширенні радіохвиль у вільному просторі здійснюють у відповідності до положень Рекомендації МСЕ-Р Р.525-4, за формулою:

$$L_b = L_{free} = 32,4 + 20 \lg f + 20 \lg d \text{ (дБ)},$$

де: f – робоча частота РЕЗ (МГц);

d – відстань між передавачем і приймачем (км).

При прийнятті робочої частоти РЕЗ за $f = 880$ МГц, отримаємо:

$$L_{free} = 91,2 + 20 \lg d \text{ (дБ)},$$

Коефіцієнт підсилення антени передавача $G_{\text{прд.з}}(\varphi_{\text{прм}})$ (приймача $G_{\text{прм}}(\varphi_{\text{прд.з}})$) завади знаходиться відповідно до додатку до цієї Методики. Для цього необхідно визначити кут між напрямом в горизонтальній площині, в якому обчислюється коефіцієнт підсилення антени, та проекцією електричної вісі антени в горизонтальній площині φ_H та кут між напрямом у вертикальній площині, в якому обчислюється коефіцієнт підсилення антени, та проекцією електричної вісі антени у вертикальній площині φ_V .

Кут φ_H визначається, як кут між напрямком максимуму діаграми направленості у горизонтальній площині та проекцією на цю площину напрямку на джерело (рецептор) завади (рисунок 5.1).

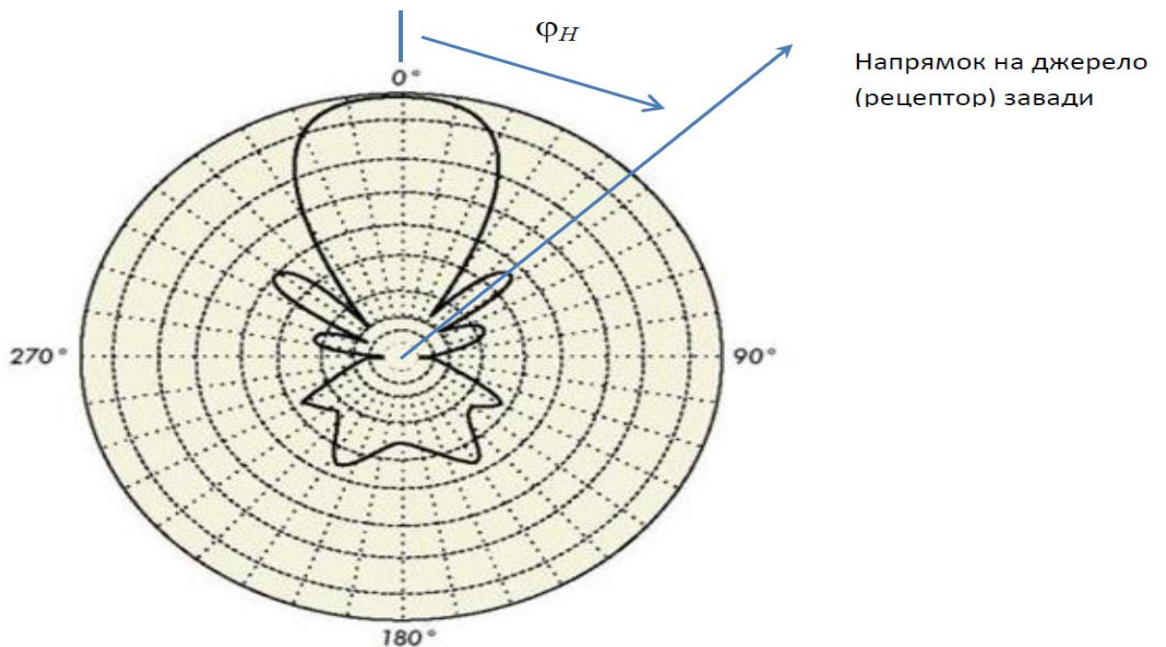


Рисунок 5.1 – Визначення кута φ_H

Для знаходження кута φ_V необхідно визначити висоту підвісу антен джерела та рецептора заводи над рівнем моря. Для цього висота підвісу антени над землею h_{ai} додається до висоти точки встановлення щогли антени над рівнем моря h_i (рисунок 5.2).

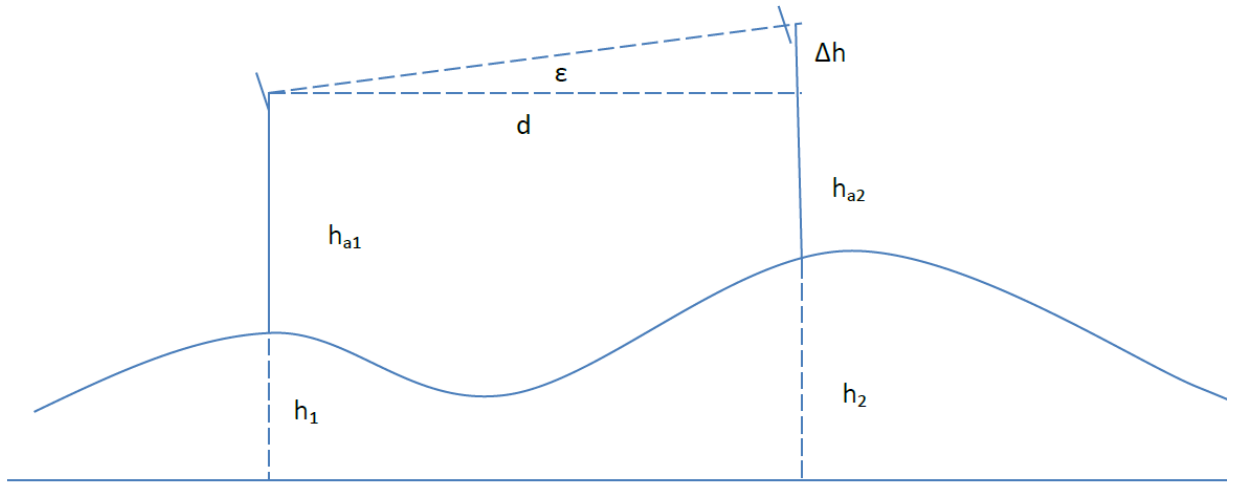


Рисунок 5.2 – Визначення кута φ_V

Після чого знаходиться різниця між висотами підвісу антен джерела та рецептора заводи над рівнем моря Δh .

Знаючи відстань між точками встановлення антен d і різницю між висотами підвісу антен джерела та рецептора заводи над рівнем моря Δh , знаходимо кут ϵ між лінією, що з'єднує електричні центри антен, та проекцією електричної вісі антени у вертикальній площині:

$$\epsilon = \arctg (\Delta h/d) \text{ (град),}$$

Враховуючи той факт, що електрична вісь антени БС, зазвичай, має нахил до землі $\Delta\epsilon$, то остаточно отримаємо варіанти знаходження φ_V :

$\varphi_V = \epsilon + \Delta\epsilon$, коли висота антени над рівнем моря нижча, ніж у дуельної антени та дуельна антена знаходиться збоку головної пелюстки діаграми направленості (азимут від 270° до 90°) або коли висота антени над рівнем моря вища, ніж у дуельної антени та дуельна антена знаходиться збоку задньої пелюстки діаграми направленості (азимут від 90° до 270°);

$\varphi_V = \epsilon - \Delta\epsilon$, коли висота антени над рівнем моря вища, ніж у дуельної антени та дуельна антена знаходиться збоку головної пелюстки діаграми направленості (азимут від 270° до 90°) або коли висота антени над рівнем моря нижча, ніж у дуельної антени та дуельна антена

знаходиться збоку задньої пелюстки діаграми направленості (азимут від 90^0 до 270^0).

Значення коефіцієнта додаткового послаблення XPD розраховують за формулою:

$$XPD = a_{\text{ант}(r)} - 10 \lg \left(1 + 10^{\frac{a_{\text{ант}(r)} - a_{\text{ант}(k)}}{10}} \right) \text{ (дБ)},$$

де: $a_{\text{ант}(r)}$ і $a_{\text{ант}(k)}$ – сумарне ослаблення сигналу в антенах з різною поляризацією, де індекси r і k визначають тип поляризації (H – горизонтальна, V – вертикальна) (дБ).

Замість розрахованого значення показника XPD можуть бути використані нижченаведені значення, отримані експериментально:

- 1) при горизонтальній поляризації антени рецептора завади і вертикальній поляризації антени джерела завади $XPD = -3$ дБ (незалежно від величини коефіцієнта підсилення антени);
- 2) при вертикальній поляризації антени рецептора завади і горизонтальній поляризації антени джерела завади $XPD = -16 \div -20$ дБ (залежно від значення коефіцієнта підсилення антени);
- 3) при співпадінні поляризації антени рецептора завади і антени джерела завади – $XPD = 0$ дБ.

В той же час, ці параметри можливо застосовувати, якщо антени РЕЗ спрямовані одна на одну. В разі зміни положення антен відносно одна одної вплив поляризації антен суттєво знижується. Тому в подальшому пропонується розглядати найгірший випадок, коли $XPD = 0$ дБ.

При проведенні розрахунків ЕМС для випадків коли антени розташовані на близьких відстанях (20 та менше метрів) необхідне враховувати величину втрат за рахунок близького розташування антен (таблиця 1), на яку зменшується сумарний коефіцієнт підсилення двох антен у взаємоспрямованих напрямках.

Таблиця 1

Відстань, м	1 м	2 м	3 м	5 м	7 м	10 м	20 м
Величина втрат за рахунок близького розташування антен, дБ	17,5	12,9	10,5	8,2	6,8	4,8	2,2

Розрахунок ЕМС РЕЗ відповідно
до визначених сценаріїв завадової взаємодії

6. Критерієм ЕМС РЕЗ у смузі радіочастот 882 – 890 МГц з РЕЗ радіотехнологій CDMA/LTE 850 є виконання умови:

$$P_z \geq P_{z.прд} - L_{заг.з} \text{ (дБВт)},$$

де P_z – максимально припустиме значення потужності завади на вході приймача.

Враховуючи наведене вище, остаточною формула для розрахунку ЕМС має вигляд:

$$P_z \geq P_{z.прд} - (91.2 + L_{ф.прд.з} - G_{прд.з}(\varphi_{прм}) + 20 \lg d - G_{прм}(\varphi_{прд.з}) + L_{ф.прм}) \text{ (дБВт)}.$$

Для завад від небажаних (позасмугових та побічних) випромінювань рівень максимально припустимого значення потужності завади на вході приймача не повинен перевищувати -122 дБм/100кГц.

Для завад блокування та інтермодуляційних завад рівень максимально припустимого значення потужності завади у смузі частот 869 – 879,15 МГц на вході приймача не повинен перевищувати значення (таблиця 2).

Таблиця 2

Режим БС CDMA	БС Huawei	БС Ericsson
	порогові рівні, дБм	
1,2,3,4 CDMA 5-8 LTE	-31,23	-27,88
1,2,3,8 CDMA 4-7 LTE	-34,54	-33,5

Оцінка забезпечення ЕМС РЕЗ
за результатами проведених розрахунків

7. За результатами розрахунків ЕМС приймають рішення щодо виконання умов ЕМС РЕЗ за визначеним критерієм.

Якщо умови ЕМС не виконуються, розглядають можливість забезпечення ЕМС РЕЗ шляхом накладання обмежень на технічні параметри планованого РЕЗ.

Якщо визначені обмеження не дозволяють забезпечити повноцінне функціонування РЕЗ, частотне присвоєння вважається неможливим.

Директор Департаменту
розвитку електронних комунікацій
Адміністрації Держспецзв'язку

Микола ТКАЧЕНКО