

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Міністерства цифрової
трансформації України

_____ 2024 року № ____

Методика здійснення розрахунків електромагнітної сумісності

I. Загальні положення

1. Ця Методика визначає порядок проведення розрахунків умов електромагнітної сумісності радіообладнання, радіоелектронних засобів певних радіотехнологій служб радіозв'язку, що використовуються в Україні.

2. У цій Методиці терміни та скорочення вживаються в таких значеннях:

Адміністрація зв'язку – центральний орган виконавчої влади, який здійснює функції України як держави - члена Міжнародного союзу електрозв'язку, забезпечення виконання зобов'язань України за Статутом та Конвенцією Міжнародного союзу електрозв'язку і зобов'язань за Адміністративними регламентами, а також з питань співпраці з міжнародними організаціями та органами, що виконують функції адміністрацій зв'язку іноземних держав;

азимутальний канал – це функціональна частина радіотехнічної системи, призначена для вимірювання або визначення кутового положення (азимуту) об'єкта відносно опорного напрямку;

використовувана напруженість поля $E_{\text{вик}}$ – мінімальне значення напруженості поля, необхідне для забезпечення належної якості прийому за визначених умов прийому за наявності природного та індустріального шуму і радіозавад;

діаграма спрямованості антени (ДСА) – графічне представлення залежності коефіцієнта підсилення антени від направленості антени в заданій площині;

дифракція радіохвиль – явище огинання радіохвилями перешкод, розміри яких порівнянні з довжиною радіохвилі;

діапазони частот для телевізійного мовлення:

діапазон I – смуга частот від 48,5 МГц до 66 МГц;

діапазон II – смуга частот від 76 МГц до 100 МГц;

діапазон III – смуга частот від 174 МГц до 230 МГц;

діапазон IV – смуга частот від 470 МГц до 582 МГц;

діапазон V – смуга частот від 582 МГц до 862 МГц;

дуельний сценарій – стандартизована схема взаємодії радіообладнання (радіоелектронних засобів), що використовуються при оцінці їх електромагнітної сумісності та впливу радіозавад;

дуплексний радіозв'язок – режим радіозв'язку, при якому передача та прийом інформації можуть здійснюватися одночасно в обох напрямках;

еталонна конфігурація планування (ЕКП) – стандартизований набір параметрів та характеристик радіомережі, що використовується як базова модель при частотно-територіальному плануванні;

еталонна мережа (ЕМ) – теоретична (стандартизована) модель мережі, що використовується для планування реальних мереж радіозв'язку;

захисне відношення – мінімальне значення відношення корисного сигналу до сигналу радіозавади на вході приймача, визначене для заданих умов, переважно, виражене в децибелах, з яким забезпечується належна якість прийому корисного сигналу;

інтермодуляція – це явище, що виникає при взаємодії двох або більше сигналів різних частот у нелінійній системі, в результаті чого утворюються нові небажані частотні компоненти;

координатна зона – зона навколо земної станції, яка функціонує в однаковій смузі радіочастот разом з наземними станціями або навколо передавальної земної станції, що функціонує в однаковій смузі радіочастот разом із прийомними земними станціями, розподілений у двох напрямках, за межами якої рівень допустимих радіозавад не буде перевищено і проведення координації не буде потрібним;

координатна відстань – відстань у напрямку азимута від земної станції, що функціонує разом із наземними станціями в однаковій смузі радіочастот, або від передавальної земної станції, що функціонує разом із прийомними земними станціями в однаковій смузі радіочастот, розподілений в двох напрямках, за межами якого рівень допустимих радіозавад не буде перевищено і проведення координації не буде потрібним;

координатний контур – лінія, що обмежує координатну зону;

космічний радіозв'язок – будь-який радіозв'язок, коли використовують одну або декілька космічних станцій, або один чи декілька супутників, або інші об'єкти в космосі, що відбивають сигнал;

космічна станція – радіостанція, розташована на об'єкті, який перебуває або перебував за межами основної частини атмосфери Землі, або призначений для виведення за ці межі;

корисний сигнал – електромагнітний сигнал між однотипним РО (РО однієї системи радіозв'язку), призначений для передавання повідомлень між кореспондентами;

кореспондент – радіостанція або абонент, що здійснює обмін інформацією з іншими пристроями засобами радіозв'язку;

Міжнародний довідковий реєстр частот (МДРЧ) - база даних МСЕ, в якій згідно з положеннями Регламенту радіозв'язку реєструють присвоєння радіочастот, заявлені Адміністраціями зв'язку для використання радіостанціями у рамках певних служб радіозв'язку;

мінімальна використовувана напруженість поля (мінімальна захищена напруженість поля) $E_{\min}$ - мінімальна величина напруженості поля, необхідна для забезпечення заданої якості прийому за визначених умов і наявності природного або промислового шуму, але за відсутності радіозавад від інших РО;

мінімальна медіанна напруженість поля E_{med} , дБ (мкВ/м) – значення мінімальної використовуваної напруженості поля, створеної одним

передавачем, необхідне для забезпечення покриття 50% місць прийому у визначеній зоні на висоті 10 м над рівнем землі для 50% часу;

модуляція – це процес зміни одного або кількох параметрів високочастотного (несучого) сигналу за допомогою низькочастотного (інформаційного) сигналу;

напруженість поля радіозавади $E_{заві}$ – напруженість поля, створювана будь-яким потенційним джерелом радіозавад, до якої додано відповідне захисне відношення в децибелах;

небажане випромінювання – випромінювання РО або його компонентів, яке не призначене для передавання, приймання або навмисного спотворення інформації;

необхідна ширина смуги – ширина смуги радіочастот, достатня для цього класу випромінювання для забезпечення передавання повідомлень з необхідною швидкістю і якістю;

несуча частота – частота несучого коливання;

ненавмисна радіозавада – радіозавада, створена джерелом штучного походження і не призначена для порушення функціонування радіоелектронних засобів;

неприпустима радіозавада (НРЗ) – електромагнітна завада, вплив якої знижує якість функціонування технічного засобу до недопустимого рівня;

одночастотна мережа - мережа синхронізованих передавальних станцій, які випромінюють однакові сигнали в тому самому радіочастотному каналі;

основний канал прийому – смуга частот, що знаходиться у межах смуги пропускання приймача і призначена для приймання сигналу;

побічний канал прийому – смуга частот за межами основного каналу прийому радіоприймача, з якої небажаний сигнал може проходити на вихід приймача;

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

профіль траси – це графічне або цифрове представлення вертикального перерізу земної поверхні між двома точками (зазвичай між передавачем і приймачем), яке відображає рельєф місцевості та перешкоди на шляху поширення радіосигналу;

радіолінія – сукупність радіотехнічних засобів та обладнання, що утворюють один чи кілька каналів зв'язку для передачі інформації між двома або більше пунктами;

рецептор радіозавади – приймальний пристрій або система, що піддається впливу радіозавад;

супутникова система – космічна система, що використовує один або декілька штучних супутників Землі;

супутникова мережа – мережа, що складається із супутникової системи або її частина, наземних станцій, обладнання та пов'язаних із ними засобів;

сусідній канал – смуга частот, яка прилягає до нижньої або верхньої межі основного каналу прийому і знаходиться в межах смуги пропускання підсилювача високочастотного тракту приймача;

фідер – це лінія передачі, яка використовується для з'єднання передавача або приймача з антеною або іншим пристроєм;

фідерна лінія – радіолінія від розташованої у визначеному місці земної станції (у певному фіксованому пункті або в будь-якому фіксованому пункті в межах визначених зон) до космічної станції чи в зворотному напрямку, яка передає інформацію в службі космічного радіозв'язку;

ширина займаної смуги – ширина смуги радіочастот, за нижньою і верхньою межами якої кожна середня випромінювана потужність дорівнює визначеному відсотку $\beta/2$ усієї середньої потужності цього випромінювання;

фіксований прийом – прийом з використанням прийомної антени, встановленої на рівні даху;

фіксована служба – служба радіозв'язку між визначеними фіксованими пунктами;

АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;

БС – базова станція;

ГСО – геостаціонарна орбіта;

ДВЧ – (звукове мовлення) в діапазоні дуже високих частот з частотною модуляцією;

е.в.п. – ефективна випромінювана потужність;

ЕМС – електромагнітна сумісність;

ЗНЧ – зміщення несучих частот;

КУПС – коефіцієнт уражених помилками секунд;

КХПЯ – коефіцієнт хвилин поганої якості;

МСЕ – Міжнародний союз електрозв'язку;

НГСО – негеостаціонарна орбіта;

ПРМ(прм) – радіоприймач або радіоприйом;

ПРД(прд) – радіопередавач або радіопередача;

РЕЗ – радіоелектронний засіб спеціальних користувачів;

РМСС – радіомовна служба, сигнали якої передаються або ретранслюються космічними станціями для їх безпосереднього одночасного масового та індивідуального приймання користувачами;

РО – радіообладнання;

РР – Регламент радіозв'язку;

СЕРТ – Європейська конференція адміністрацій поштових служб та зв'язку;

ТХ – технічні характеристики;

ФСС – фіксована супутникова служба;

DVB-T – Цифрове наземне телевізійне мовлення стандарту DVB-T;

ITU-R – сектор радіозв'язку МСЕ;

TIG – метод інваріантного до часу коефіцієнта підсилення;

TVG – метод змінного в часі підсилення;

UFS – напруженість поля, що створюється передавачем БС на межі зони обслуговування, дозволяє компенсувати шкідливий вплив одного або декількох джерел радіозавад на обслуговуваний приймач рухомої станції та забезпечити

виконання мінімальних вимог щодо покриття і якості прийому у приймачі рухомої станції;

Δf – частотне рознесення між робочою радіочастотою передавального пристрою джерела радіозавади та робочою радіочастотою приймального пристрою, визначеного РЕЗ (РО), МГц;

Інші терміни вживаються у значеннях, наведених у Законах України «Про електронні комунікації», «Про медіа» та інших актах законодавства.

II. Проведення розрахунків ЕМС для присвоєння радіочастот РО рухомої служби

Загальні положення

3. Розрахунок ЕМС РО рухомої служби радіозв'язку складається із шести послідовних етапів, а саме:

1) попереднє оцінювання ЕМО у районі планування нового частотного присвоєння;

2) попереднє оцінювання належної якості функціонування окремого РО або сукупності РО у визначеному ЕМО;

3) визначення сценаріїв створення взаємних радіозавад РО у районі планування нового частотного присвоєння;

4) визначення характеристик РО для проведення розрахунків ЕМС РО;

5) розрахунок ЕМС РО відповідно до визначених сценаріїв створення взаємних радіозавад;

6) оцінка забезпечення ЕМС РО за наслідками проведених розрахунків.

4. ЕМО у районі планування нового частотного присвоєння попередньо оцінюється шляхом територіального і частотного відбору потенційно несумісних РО.

Під час аналізування ЕМС РО дуплексного радіозв'язку оцінка ЕМО проводиться у два етапи. На першому етапі оцінюються можливе виникнення радіозавад від діючого РО новому РО. На другому етапі розглядаються випадки, коли нове РО може бути джерелом радіозавад діючому РО.

Територіальний відбір потенційно несумісного РО здійснюється на підставі визначення параметрів (форми, діаметру або радіусу) і побудови контуру розрахункової зони відбору. Параметри розрахункової зони визначаються залежно від типу та сценарію розгортання планованого РО.

Усі діюче РО, що потрапило у простір, обмежений контуром розрахункової зони, вважаються потенційними джерелами радіозавад і обираються для подальшого аналізу ЕМС.

Частотний відбір конфліктуючого РО виконується шляхом ідентифікації і селекції діючих (або планованих) частотних присвоєнь РО, які потрапили у розрахункову зону. У частотному відборі конфліктуючого РО враховуються усі можливі види радіозавад, канали проникнення радіозавад і негативні явища (інтермодуляція, блокування тощо), які можуть призвести до погіршення якості функціонування діючого і нового РО.

За наслідками попереднього оцінювання виявлених радіозавад формується впорядкована вибірка потенційно небезпечних джерел радіозавад, які підлягають подальшому дослідженню.

5. Критерієм попереднього оцінювання якості функціонування РО є припустиме відношення потужності сигналу до рівня потужності шумів на вході приймача РО, при якому забезпечується належне та безперебійне функціонування РО і передавання повідомлень із заданою імовірністю безпомилкового прийому.

6. Сценарій взаємодії для нового планованого РО і РО, що потрапило у розрахункову зону, визначають за наслідками попередньої оцінки виявлених радіозавад у районі планування частотного присвоєння.

Сценарії створення взаємних радіозавад РО рухомої служби і РО інших радіослужб поділяють на парні і групові. У парних сценаріях досліджується вплив однієї ненавмисної радіозавади (одного РО) на один рецептор (іншого РО). У групових сценаріях досліджують вплив сукупності джерел радіозавад (певного РО) на один рецептор.

При цьому враховуються умови розгортання, характеристики спрямованості антен, територіальне рознесення і просторова орієнтація планованого і діючого РО.

Під час визначення типу сценарію створення взаємних радіозавад РО, яке буде досліджуватися, використовуються такі сценарії:

1) дуельні сценарії (де розглядається взаємодія між двома конкретними одиницями РО) досліджують у таких випадках:

якщо оцінюють вплив нового присвоєння на діючі;

за високої просторової вибіркості РО (з використанням гостроспрямованих антен);

у разі високої частотної вибіркості приймача, за рахунок якої знижується вплив радіозавад на прийом корисного сигналу в неосновних каналах;

у разі високої захищеності приймача щодо блокування і інтермодуляції (використання високоякісних фільтрів і новітньої елементної бази).

2) групові сценарії досліджуються у таких випадках:

оцінки впливу сукупності діючих присвоєнь на нове;

низька просторова вибірквість РО (при використанні всеспрямованих антен);

наявність зони обслуговування РО, параметри якої можуть погіршуватися внаслідок впливу радіозавад від декількох джерел одночасно;

низька частотна вибірквість приймача.

Розрахунок ЕМС РО рухомої служби проводиться відповідно до пункту 1 додатка 1 до цієї Методики.

У розрахунках ЕМС РО враховуються тип сценарію створення взаємних радіозавад РО, яких вважають потенційно конфліктуючими, види радіозавад, канали можливого проникнення радіозавад (основний і неосновні) і негативні явища, які визначають у частотному відборі конфліктуючого РО.

7. Забезпечення ЕМС РО оцінюється перевіркою виконання узагальненого енергетичного критерію ЕМС РО, який визначається за формулою:

$$\frac{P_c}{P_3} \geq A(\Delta f), \quad (1)$$

де: P_c – потужність корисного сигналу на вході приймача;

P_3 – потужність радіозавади на вході приймача (для групових сценаріїв – сумарний рівень радіозавади на вході приймача);

$A(\Delta f)$ – захисне відношення приймача-рецептора радіозавади.

Під час перевірки виконання визначеного критерію ЕМС РО враховуються такі параметри:

відсоток часу, протягом якого спостерігається погіршення зв'язку внаслідок впливу радіозавад і невиконання умов ЕМС РО ($p\%$);

відсоток місць, у яких не виконуються умови ЕМС РО;

припустима напруженість поля сигналу радіозавади на межі зони обслуговування (у разі потреби);

напруженість поля корисного сигналу, яка забезпечує належну якість функціонування абонентського кінцевого обладнання у зоні обслуговування БС (у разі потреби).

Розрахунок ЕМС РО рухомої служби

8. ЕМС РО рухомої служби розраховуються відповідно до пункту 1 додатка 1 до цієї Методики.

9. Показники, за якими перевіряються виконання умов ЕМС розраховуються окремо для кожного з визначених сценаріїв створення взаємних радіозавад РО.

10. У розрахунках ЕМС РО рухомої служби визначаються такі показники ЕМС:

рівень корисного сигналу на вході приймача;

рівні сигналів на вході приймача-рецептора радіозавади від усіх потенційних джерел радіозавад, які вважаються потенційно небезпечними для нового частотного присвоєння, відповідно до визначеного сценарію створення взаємних радіозавад;

рівень сигналу передавача РО, для якого виконується присвоєння радіочастот у сценаріях, де планове РО вважають потенційним джерелом радіозавад іншому діючому РО;

сумарний рівень радіозавад від декількох джерел радіозавад на вході досліджуваного приймача (у разі аналізування групових сценаріїв).

У розрахунках показників ЕМС РО враховуються значення відсотка часу, протягом якого повинні виконуватися прогнозовані значення наведених показників ЕМС.

11. Під час дослідження дуельних сценаріїв створення взаємних радіозавад РО проєктується і попередньо аналізується профіль траси між джерелом і рецептором радіозавади. У групових сценаріях профіль траси проєктується окремо для кожної пари “джерело-рецептор” радіозавади, але у розрахунках ЕМС визначається сукупний вплив усіх джерел радіозавад на досліджуваний приймач.

Для побудови профілю траси використовуються стандартизовані цифрові або топографічні карти географічного району, де планується розміщення нового РО.

Попередній аналіз профілю траси здійснюється з урахуванням характеристик щодо просторової орієнтації та ДСА досліджуваного РО, а також типу місцевості, над якою проходить траса.

За наслідками попереднього аналізу профілю траси проводиться класифікація типу траси і обирається метод розрахунку показника, який характеризує умови поширення радіохвиль на трасі визначеного типу.

12. Побудова профілю здійснюється з урахування такого:

1) використовуючи дані щодо географічних координат розміщення РО і топографічні позначки, на обраній карті визначаються точки розташування РО, задіяні у сценарії, що розглядається;

2) профіль траси будується у вертикальній площині вздовж лінії, що з'єднує точки розташування РО, з використанням даних про рельєф місцевості та характеристики антен;

3) на побудованому профілі траси електричні центри антен з'єднують прямою лінією (лінією прямої видимості);

4) якщо лінія прямої видимості перекрита топографічними об'єктами місцевості (горби, будівлі, щільні засадження тощо) із заданими висотами підвісу антен, зв'язок може бути нестабільним або відсутнім;

5) якщо лінія прямої видимості не зачіпає топографічних перешкод на трасі, проводиться уточнюючий аналіз для прогнозування переважаючих механізмів поширення радіохвиль на трасі відповідного типу;

6) для уточнюючого аналізу навколо лінії прямої видимості окреслюється еліпсоїд Френеля (першу зону Френеля), верхівки якого повинні збігатися з електричними центрами передавальної та приймальної антен;

7) радіус першого еліпсоїда Френеля у точці між передавачем і приймачем розраховується за формулою, наведеною у Рекомендації ITU-R P.526:

$$R_{Fn} = 550 \sqrt{\frac{n d_1 d_2}{(d_1 + d_2) f}}, \text{ м, (2)}$$

де: f – частота, МГц;

d_1 і d_2 – відстань від передавача і приймача до точки, в якій розраховуються радіус еліпсоїда, відповідно, км;

n – порядковий номер еліпсоїда.

8) якщо у першій зоні Френеля (в окремих випадках у 60% першої зони Френеля) немає топографічних перешкод, вважається, що радіохвилі розповсюджуються по лінії прямої видимості;

9) за наявності топографічних перешкод у першій зоні Френеля траса вважається частково або повністю закритою і поширення радіохвиль може відбуватися за рахунок дифракції радіохвиль;

10) дифракція радіохвиль може мати місце і у тих випадках, де спостерігається викривлення лінії прямої видимості з-за негативної атмосферної рефракції.

13. Під час аналізування сценаріїв, в яких досліджуване РО рухомого радіозв'язку, запланований до введення в експлуатацію, є базовою або рухомою станцією мережі радіозв'язку, будується контур зони обслуговування БС. У сценаріях, де досліджується вплив на приймач рухомої станції, зазначена БС повинна бути для неї обслуговуючою.

Контур зони обслуговування БС будується на підставі розрахунку 36 значень потужності випромінювання по напрямках з дискретним кроком 10° відносно точки встановлення БС, при цьому враховується таке:

рівень корисного сигналу повинен забезпечувати належну якість функціонування рухомих станцій протягом щонайменше 50% часу в усій зоні обслуговування, яка покриває щонайменше 50% місць;

потенційні джерела радіозавад, які потрапили у розрахункову зону, можуть створювати неприпустимі радіозавади на вході приймача рухомої станції, що може призвести до звуження контуру зони обслуговування БС і невиконання мінімальних вимог до покриття.

14. Рівень корисного сигналу на вході приймача розраховується за формулою:

$$P_c = P_{c.\text{прд}} - L_{\text{заг.с}}, \text{ дБВт}, (3)$$

де: $P_{c.\text{прд}}$ – потужність передавача джерела корисного сигналу, дБВт;

$L_{\text{заг.с}}$ – загальні втрати поширення радіохвиль між джерелом і рецептором корисного сигналу.

У разі відсутності даних щодо характеристик передавача корисного сигналу рівень корисного сигналу на вході приймача обирається рівним граничній чутливості приймача.

У разі потреби рівень корисного сигналу на вході приймача може бути розраховано за алгоритмом і експериментальними графіками прогнозування напруженості поля, наведеними у Рекомендації ITU-R P.1546.

15. Рівень радіозавади на вході приймача від одного джерела радіозавади розраховується за формулою:

$$P_z = P_{z.\text{прд}} - L_{\text{заг.з}}, \text{ дБВт}, (4)$$

де: $P_{z.\text{прд}}$ – потужність передавача джерела радіозавади, дБВт;

$L_{\text{заг.с}}$ – загальні втрати поширення радіохвиль між джерелом і рецептором радіозавади.

16. У розрахунках рівнів радіозавад на вході приймача від одного або декількох джерел враховуються наслідки частотного відбору потенційно небезпечного (щодо створення радіозавад) ITU-R P.1546, визначені канали можливого проникнення радіозавад і негативні явища, які можуть мати місце у тому або іншому сценарії створення взаємних радіозавад РО.

Радіозавади в основних і неосновних каналах прийому розраховуються відповідно до пункту 2 додатка 2 до цієї Методики, з урахуванням положень пункту 6 цього розділу.

У розрахунках інтермодуляційних завад у приймачі використовується схема розрахунку поправки E'_{h_2} , наведена у пункті 3 додатка 3 до цієї Методики.

17. Сумарний рівень радіозавад від декількох джерел на вході приймача-рецептора радіозавади (іноді – їх нелінійне поєднання) розраховується за формулою:

$$E_{\Sigma \text{зав}} = \sum_{i=1}^n 10^{NFS_i/10}, \quad (5)$$

Показник NFS у місці встановлення приймача є значенням напруженості поля, яку створює одне джерело радіозавади, та скоригованим відповідно до цього сценарію і характерних умов взаємодії досліджуваних РО. Значення показника розраховується за формулою:

$$NFS = E_3 + A_{cor} - B - C, \quad (6)$$

де: E_3 – напруженість поля сигналу радіозавади у точці розташування приймача-рецептора радіозавади, дБмкВ/м;

A_{cor} – скориговане значення захисного відношення, яке відповідає конкретному сценарію взаємодії конфліктуючого РО і визначено з урахуванням типу взаємодіючих сигналів і рознесення їхніх несучих частот, дБ;

B – коефіцієнт, який враховує реальні умови і особливості розповсюдження радіохвиль та характеристики місця розташування джерела і рецептора радіозавади відповідно до цього сценарію взаємодії РО, дБ;

C – коефіцієнт, який враховує властивості приймальної антени (поляризацію, підсилюючі властивості у заданому напрямку тощо), дБ.

18. У сценаріях, де досліджується вплив одного або декількох джерел радіозавад на приймач рухомої станції мережі мобільного зв'язку, яка знаходиться у межах зони покриття обслуговуючої БС, необхідно додатково розрахувати показник UFS. Значення показника UFS розраховується за формулою:

$$UFS = 10 \times \lg(10^{E_{\min}/10} + \sum_{i=1}^n 10^{NFS_i/10}), \quad (7)$$

де: $E_{\min}$ – мінімальна напруженість поля, розрахована, виходячи з необхідності забезпечення функціонування приймача із заданою якістю в умовах відсутності на його вході радіозавад, крім природних і індустріальних шумів.

У розрахунках значення $E_{\min}$ обирається таким, що дорівнює медіанному значенню напруженості поля, розрахованому з умови необхідності забезпечення належної якості зв'язку в 50% місць протягом 50% часу.

19. У розрахунках EMC РО, розміщених на локальному об'єкті, використовується схема проведення розрахунків EMC РО, яка наведена у розділі 1 розрахунків EMC РО, розміщених на локальному об'єкті, та інтермодуляційних завад третього порядку в приймачі додатка 2 до цієї Методики.

Розрахунок енергетичних втрат передавання в лінії радіозв'язку

20. Енергетичні втрати передавання у лінії радіозв'язку визначаються характеристиками апаратурних елементів лінії (фільтрами, фідерами, антенами і

властивостями середовища поширення радіохвиль (станом середовища, атмосферними явищами тощо)).

21. Відповідно до положень Рекомендації ITU-R P.341 для різних перетинів лінії радіозв'язку розрізняють:

загальні втрати лінії радіозв'язку – $L_{\text{заг}}$;

базові (основні) втрати лінії радіозв'язку – L_b ;

втрати, додаткові до втрат поширення радіохвиль у вільному просторі; системні втрати.

Значення втрат у різних перетинах лінії радіозв'язку оцінюються у логарифмічних одиницях, дБ.

Під час розрахунків ЕМС РО визначаються базові і загальні втрати лінії радіозв'язку.

22. Розрахунок загальних втрат лінії радіозв'язку між джерелом і рецептором корисного сигналу проводиться за формулою:

$$L_{\text{заг.с}} = L_{\text{а.прд}} - G_{\text{прд}}(\varphi_{\text{прм}}) + L_b - G_{\text{прм}}(\varphi_{\text{прд}}) + L_{\text{а.прм}}, \text{ дБ}, (8)$$

де: $L_{\text{а.прд}}$ і $L_{\text{а.прм}}$ – втрати в антені передавача і приймача відповідно з урахуванням ослаблення у фідерах і фільтрах, дБ;

$G_{\text{прд}}(\varphi_{\text{прм}})$ – коефіцієнт підсилення антени передавача у напрямку приймача, дБ;

$G_{\text{прм}}(\varphi_{\text{прд}})$ – коефіцієнт підсилення антени приймача у напрямку передавача, дБ;

L_b – базові втрати лінії радіозв'язку.

23. Розрахунок загальних втрат у лінії радіозв'язку між джерелом і рецептором радіозавади проводиться за формулою:

$$L_{\text{заг.з}} = L_{\text{а.прд.з}} - G_{\text{прд.з}}(\varphi_{\text{прм}}) + L_b - G_{\text{прм}}(\varphi_{\text{прд.з}}) + L_{\text{а.прм}} + \text{XPD} + \text{FDR}, \text{ дБ}, (9)$$

де: $L_{\text{а.прд.з}}$ і $L_{\text{а.прм}}$ – втрати в антенах передавача сигналу радіозавади і в антенах приймача-рецептора радіозавади з урахуванням ослаблення у фідерах і фільтрах;

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

$G_{\text{прм}}(\varphi_{\text{прд.з}})$ – коефіцієнт підсилення антени приймача, на який впливає сигнал радіозавади, у напрямку передавача, що створює радіозавади;

FDR – коефіцієнт частотної вибіркості приймача, який визначає ступінь ослаблення радіозавади через різні несучі частоти корисного сигналу і сигнал радіозавади та різну ширину смуги пропускання приймача і смуги випромінювання передавача;

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

24. Розрахунок базових втрат лінії радіозв'язку у різних типах середовищ передбачає моделювання трас поширення радіохвиль і/або прогнозування рівня сигналу (напруженості поля сигналу) на заданій відстані від

передавача, а також прогнозування зміни рівня сигналу залежно від ситуації на трасі (в середовищі) за відомими експериментально отриманими даними.

25. Прояв різних механізмів поширення радіохвиль на трасі відповідного типу залежить від кліматичних умов, частоти, розглядуваного відсотка часу, довжини і топографічних характеристик траси.

На трасах у реальному середовищі одночасно можуть проявлятися декілька механізмів поширення радіохвиль.

26. Переважаючий механізм поширення радіохвиль для траси відповідного типу визначається з урахуванням такого:

1) у реальному середовищі залежно від задіяної ділянки смуги частот 29 – 3000 МГц діють такі механізми поширення радіохвиль:

поширення радіохвиль у вільному просторі (під яким розуміється однорідне безмежне непоглинаюче середовище, значення відносної діелектричної та магнітної проникності якого дорівнюють одиниці);

поширення радіохвиль в умовах прямої видимості, довжину якої між станціями-кореспондентами з антенами висотою h_1 і h_2 обчислюються за формулою:

$$d_{LoS}(\text{км}) = 3,57 \sqrt{h_1^2(\text{м}) + h_2^2(\text{м})}, \quad (10)$$

дифракція радіохвиль (яка спостерігається на закритих ($d_{LoS} \ll d$) і напівзакритих ($d_{LoS} \approx d$) трасах, або може бути наслідком негативної атмосферної рефракції на трасах прямої видимості);

тропосферне розсіювання радіохвиль;

аномальне поширення радіохвиль (внаслідок рефракції, через штучні хвильоводи тощо);

2) через неоднорідний стан земної атмосфери у реальному середовищі спостерігаються явища, які впливають на поширення радіохвиль:

гідрометеорне розсіювання і поглинання радіохвиль;

рефракція радіохвиль;

відбиття радіохвиль від об'єктів місцевості;

3) для оцінювання впливу тропосфери на поширення радіохвиль використовуються експериментальні дані про фізико-хімічні властивості газів і парів води;

4) під час проходження радіохвилями нижніх шарів атмосфери з різною щільністю виникає явище атмосферної рефракції радіохвиль та викривлення траєкторії поширення радіохвиль у вертикальній площині, ступінь якого змінюється у часі через коливання атмосферного тиску, температури і вологості. Кількісною мірою заломлення радіохвиль є наведений коефіцієнт заломлення або індекс (градієнт) атмосферної рефракції N ;

5) для трас з дифракцією радіохвиль характерна наявність двох областей (зон) поширення:

освітленої зони (від передавача до об'єкта, що закриває трасу);

затіненої/напівзатіненої зони (за об'єктом у напрямку приймача);

6) у неоднорідному середовищі внаслідок випаровування води і насичення тропосфери її парами трапляються випадки утворення штучних атмосферних хвильоводів (переважно над водною поверхнею).

У Рекомендації ITU-R P.1058 наведено перелік типових об'єктів, які можуть відбивати радіохвилі, і характеристики їхньої відбиваючої здатності.

27. У розрахунках базових втрат лінії радіозв'язку для визначеного механізму поширення радіохвиль і траси відповідного типу використовуються положення таких Рекомендацій ITU-R:

у розрахунках базових втрат поширення радіохвиль у вільному просторі – положення Рекомендації ITU-R P.525;

у розрахунках базових втрат поширення радіохвиль на трасах прямої видимості – положення Рекомендації ITU-R P.530;

у розрахунках базових втрат поширення радіохвиль на трасах з дифракцією радіохвиль – положення Рекомендації ITU-R P.526;

у розрахунках базових втрат поширення радіохвиль між близько розташованого РО і РО локальних радіомереж, які працюють у смузі частот від 300 МГц до 100 ГГц – положення Рекомендації ITU-R P.1411;

у розрахунках базових втрат поширення радіохвиль між РО, розташованими всередині приміщень і РО локальних зонових радіомереж, які працюють у смузі частот 0,9 ГГц – 100 ГГц, – положення Рекомендації ITU-R P.1238.

28. Формули для розрахунку базових втрат лінії радіозв'язку, які характеризують різні механізми поширення радіохвиль на трасах відповідного типу, наведені у пункті 1 додатка 3 до цієї Методики.

Для прогнозування втрат поширення радіохвиль між джерелом і рецептором корисного сигналу використовуються графіки для 50% часу і 50% місць розташування. Під час прогнозування базових втрат поширення радіохвиль між джерелом і рецептором радіозавод використовуються графіки для 10% часу і 50% місць розташування.

29. Для отримання більш точних результатів прогнозування базових втрат лінії радіозв'язку між джерелом і рецептором радіозаводи виконується з урахуванням положень Рекомендації ITU-R P.452.

Розрахунки базових втрат лінії радіозв'язку між джерелом і рецептором радіозаводи, які відповідають положенням вищезазначеної рекомендації, наведено у пункті 4 додатка 3 до цієї Методики.

30. Коефіцієнт частотної вибіркості приймача розраховується графічним або спрощеним методом.

Метод графічного розрахунку коефіцієнта частотної вибіркості приймача використовується у тому випадку, коли відомі стандартизовані характеристики спектральної маски випромінювань передавача і АЧХ вхідного фільтра приймача.

У розрахунках коефіцієнта частотної вибіркості приймача графічним методом використовуються положення, викладені у пункті 1 додатка 4 до цієї Методики.

Якщо характеристики спектральної маски випромінювань передавача і АЧХ вхідного фільтра приймача не відомі, коефіцієнт частотної вибіркості

приймача розраховуються спрощеним методом відповідно до пункту 2 додатка 4 цієї Методики.

31. Значення коефіцієнта додаткового послаблення XPD розраховується за формулою:

$$XPD = a_{\text{ант}(r)} - 10 \lg \left(1 + 10^{\frac{a_{\text{ант}(r)} - a_{\text{ант}(k)}}{10}} \right), \text{ дБ}, \quad (11)$$

де: $a_{\text{ант}(r)}$ і $a_{\text{ант}(k)}$ – сумарне ослаблення сигналу в антенах з різною поляризацією, дБ,

індекси r і k визначають тип поляризації (H – горизонтальна, V – вертикальна).

Замість розрахованого значення показника XPD можуть використовуватися такі експериментально отримані значення:

у разі горизонтальної поляризації антени рецептора радіозавади і вертикальної поляризації антени джерела радіозавади XPD дорівнює мінус 3 дБ (незалежно від величини коефіцієнта підсилення антени);

у разі горизонтальної антени рецептора радіозавади і кругової поляризації антени джерела радіозавади XPD дорівнює від мінус 16 дБ до мінус 20 дБ (залежно від величини коефіцієнта підсилення антени);

у разі вертикальної поляризації антени рецептора радіозавади і горизонтальної поляризації антени джерела радіозавади XPD дорівнює від мінус 16 дБ до мінус 20 дБ (залежно від величини коефіцієнта підсилення антени);

у разі вертикальної антени рецептора радіозавади і кругової поляризації антени джерела радіозавади XPD дорівнює мінус 3 дБ (незалежно від величини коефіцієнта підсилення антени);

у разі кругової поляризації антени рецептора радіозавади і горизонтальної поляризації антени джерела радіозавади XPD дорівнює мінус 3 дБ (незалежно від величини коефіцієнта підсилення антени);

у разі кругової поляризації антени рецептора радіозавади і вертикальної поляризації антени джерела радіозавади XPD дорівнює мінус 3 дБ (незалежно від величини коефіцієнта підсилення антени);

у разі кругової поляризації антени рецептора радіозавади і кругової поляризації антени джерела радіозавади XPD дорівнює мінус 16 дБ (у разі різного напрямку обертання вектора поляризації), у протилежному випадку – $XPD = 0$ дБ.

Врахування характеристик спрямованості антен у розрахунках ЕМС РО рухомої служби радіозв'язку

32. У розрахунках ЕМС РО використовуються стандартизовані значення коефіцієнта підсилення антени, які визначені у специфікації на відповідний тип антенного обладнання. Якщо специфікації немає, значення коефіцієнта підсилення антени розраховується за відомими характеристиками ДСА і параметрами, які характеризують конструктивні особливості антени.

33. Під час визначення коефіцієнта підсилення антени у заданому напрямку використовуються такі дані:

- діаграма спрямованості антени у горизонтальній площині;
- діаграма спрямованості антени у вертикальній площині;
- кут азимуту максимального випромінювання (прийому);
- кут нахилу (кут місця) максимального випромінювання (прийому);
- поляризація сигналу випромінювання (прийому).

34. Коефіцієнт підсилення антени у довільному напрямку (в напрямку точки спостереження) розраховується за формулою:

$$G(\theta, \varphi) = G_0 \times \sqrt{F(\theta)^2 + F(\varphi)^2}, \quad (12)$$

де: $G(\theta, \varphi)$ – коефіцієнт підсилення антени у напрямку точки спостереження;

G_0 – коефіцієнт підсилення антени у напрямку максимального випромінювання;

$F(\varphi)$ – нормоване значення діаграми спрямованості антени у горизонтальній площині у напрямку точки спостереження;

$F(\theta)$ – нормоване значення діаграми спрямованості антени у вертикальній площині у напрямку точки спостереження;

φ – горизонтальний кут діаграми спрямованості антени для заданої точки спостереження;

θ – вертикальний кут діаграми спрямованості антени для заданої точки спостереження.

35. Розрахунок горизонтального φ та вертикального θ кутів ДСА для заданої точки спостереження проводиться з урахуванням характеристик місця розташування (координат точки встановлення) антен відповідно до схем розрахунку горизонтального та вертикального кутів ДСА для заданої точки спостереження, викладених у пункті 1 додатка 5 до цієї Методики. У розрахунках враховується, що антени передавача і приймача можуть бути встановлені на неоднорідній місцевості.

Під час визначення горизонтального кута ДСА (φ) для заданої точки спостереження використовуються такі дані:

- напрямок “північ”;
- азимут максимального випромінювання;
- напрямок випромінювання, для якого здійснюється обчислення.

Під час визначення вертикального кута ДСА (θ) для заданої точки спостереження використовуються такі дані:

- висота антен над рівнем моря;
- висота підйому антен у точках А і В;
- відстань між проекціями точок А і В на лінії рівня “моря”;
- кут місця головної пелюстки ДСА;
- кут місця у напрямку А – В.

36. Для слабо спрямованих антен ($G < 10\text{дБ}$), що мають спрямованість, відмінну від спрямованості півхвильового вібратора, ширина ДСА якого у вертикальній площині становить 84° , а у горизонтальній площині 40° , коефіцієнт

підсилення антени визначається порівнянням ширини пелюсток ДСА антени, яка задіяна у розрахунках, і ширини ДСА цього півхвильового вібратора.

37. Коефіцієнт підсилення середньо спрямованої антени ($10 \text{ дБ} < G < 25 \text{ дБ}$) розраховується за наближеною формулою:

$$G \approx \frac{30 \cdot 10^3}{2\theta_{0,5\rho} \cdot 2\varphi_{0,5\rho}}, \quad (13)$$

де: $\theta_{0,5\rho}$ – ширина ДСА у вертикальній площині (град.);

$\varphi_{0,5\rho}$ – ширина ДСА у горизонтальній площині (град.).

Отримане значення виражається у логарифмічних одиницях.

38. Для визначення коефіцієнта підсилення панельної антени (антенної решітки) використовуються характеристики діаграми спрямованості і параметри антени, яка побудована на основі пласкої прямокутної синфазної лінійної решітки.

Коефіцієнт підсилення антенної решітки розраховується за формулою:

$$G = 20 \cdot \lg(m \cdot n \cdot (1 - \cos kl)) \text{ , дБ}, \quad (14)$$

де: $k = 2\pi/\lambda$;

λ – довжина хвилі, м;

m – кількість рядків на антенній решітці;

n – кількість вібраторів у рядку;

l – довжина плеча вібратора, м.

39. У розрахунках об'єктової ЕМС РО замість значень коефіцієнта підсилення антени використовуються значення щільності потоку потужності поля антени у ближній зоні, яке характеризує поле антени у ближній зоні.

40. Для опису спрямованих властивостей антен у ближній зоні визначаються межі ближньої і перехідної зони.

41. Для антен апертурного типу значення відстані до межі початку дальньої зони у напрямку головного випромінювання розраховується за формулою:

$$R_{\text{дз}} = \frac{2H^2}{\lambda}, \quad (15)$$

де: $R_{\text{дз}}$ – відстань від центра антени до межі початку дальньої зони, м;

H – висота апертури антени (діаметр), м;

λ – довжина хвилі, м.

42. Для реальних антен, які використовуються у системах стільникового радіозв'язку (розміром не більше $(5 - 6)\lambda$), відстань до межі дальньої зони для напрямку неосновного (бокового) випромінювання обирається рівною $R_{\text{дз}} = 10\lambda$.

43. Відстань до межі ближньої зони антени розраховується за формулою:

$$R_{\text{бз}} = \frac{H^2}{4\lambda}, \quad (16)$$

Значення відстані до дальньої межі перехідної зони розраховується за формулою:

$$R_{\text{пз}} = \frac{0,6H^2}{\lambda}, \quad (17)$$

44. У розрахунках значення щільності потоку потужності поля антени у ближній зоні враховується, якщо вона змінюється залежно від напрямку.

У напрямку головного випромінювання максимальна щільність потоку потужності розраховується за формулою:

$$S_{\text{бз}} = \frac{16 \cdot \eta \cdot P_{\text{прд}}}{\pi \cdot L^2}, \quad (18)$$

де: $S_{\text{бз}}$ – щільність потоку потужності у ближній зоні, Вт/м²;

$P_{\text{прд}}$ – потужність передавача на вході антени, Вт;

η – т.зв. ефективність апертури антени, тобто відношення ефективної площі апертури до фізичної площі антени (знаходиться у межах 0,5 – 0,75).

45. Для будь якої точки перехідної зони значення щільності потоку потужності розраховується за формулою:

$$S_{\text{пз}} = \frac{S_{\text{бз}} R_{\text{бз}}}{R}, \quad (19)$$

де: R – відстань від геометричного центру антени до точки спостереження, м;

$S_{\text{пз}}$ – щільність потоку потужності у перехідній зоні, Вт/м².

46. Значення щільності потоку потужності у дальній зоні розраховується за формулою:

$$S_{\text{дз}} = \frac{P_{\text{прд}} \cdot G(\theta, \varphi)}{4 \cdot \pi \cdot R^2}, \quad (20)$$

де: $S_{\text{дз}}$ – щільність потоку потужності у дальній зоні, Вт/м².

47. Для циліндричної моделі антени еквівалентна опосередкована по простору щільність потоку потужності визначається розподілом загальної вхідної потужності антени по поверхні уявного циліндра, що охоплює всю довжину антени.

Для вертикальної колінеарної симетричної та спрямованої антен щільність потоку потужності у будь-якій точці спостереження розраховується за формулою:

$$S = \frac{P_{\text{прд}}}{2 \cdot \pi \cdot RH}, \quad (21)$$

де: $P_{\text{прд}}$ – потужність передавача на вході антени, Вт;

R – відстань від антени, м;

H – висота апертури антени, м.

48. Для антен секторного типу щільність потоку потужності у секторі визначається кутовою долею циліндричної поверхні, що займає сектор, та розраховується за формулою:

$$S_{\text{сектор}} = \left(\frac{180^\circ}{\theta} \right) \frac{P_{\text{прд}}}{\pi \cdot RH}, \quad (22)$$

де: θ – ширина основної пелюстки діаграми спрямованості секторної антени у горизонтальній площині, град.

49. Щільність потоку потужності і напруженість поля у точці спостереження визначається за формулою:

$$E = S + 145.8, (23)$$

де: E – напруженість поля, дБмкВ/м.

50. Припускаючи, що потужність, яку випромінює антена у ближній зоні, розподілена у циліндричному об'ємі навколо електричної осі антени з площею поперечного перетину, яка дорівнює площі апертури антени, коефіцієнт підсилення антени розраховується за формулою:

$$G = \frac{4\pi R^2}{L}, (24)$$

де: R – відстань від антени до точки спостереження, м;

L – площа апертури антени, м².

51. Якщо антена має прямокутну апертуру, для розрахунку коефіцієнта підсилення антени у ближній зоні використовуються експериментальні графіки, наведені у пункті 2 додатка 5 до цієї Методики. За наведеними графіками визначають поправку ΔG_{63} до коефіцієнта підсилення антени у напрямку максимального випромінювання G_0 для ближньої зони.

З урахуванням поправки ΔG_{63} коефіцієнт підсилення антени у ближній зоні G_{63} розраховується за формулою:

$$G_{63} = G_0 - \Delta G_{63}, (25)$$

де G_0 – коефіцієнт підсилення антени у напрямку головного випромінювання.

52. Якщо антени конфліктуючого РО, розміщеного на локальному об'єкті, рознесені у просторі (горизонтально, вертикально, змішано тощо), у розрахунках об'єктової ЕМС РО враховується додаткове послаблення (розв'язку) радіохвиль за рахунок просторового рознесення антен.

53. Значення додаткового послаблення радіохвиль між антенами, рознесеними у вертикальній площині у ближній зоні L_v , дБ, розраховується за формулою:

$$L_v = 28 + 40 \lg(H_{\text{верт}} / \lambda), (26)$$

де: $H_{\text{верт}}$ – вертикальне рознесення між найближчими точками випромінювання антен, м;

λ – довжина хвилі, м.

Графіки залежності додаткового послаблення радіохвиль між антенами, розміщеними на локальному об'єкті і рознесені у просторі наведено у пункті 3 додатка 5 до цієї Методики.

54. Для слабоспрямованих антен за умови, що $R/\lambda > 10$, додаткове послаблення, яке виникає за рахунок горизонтального рознесення антен L_r , дБ у ближній зоні, розраховується за формулою:

$$L_r = 22 + 20 \lg \frac{R_{\text{гор}}}{\lambda} - (G_{\text{прд}} + G_{\text{прм}}), (27)$$

де: R – відстань по горизонталі між антенами, м;
 $G_{\text{прд}}$, $G_{\text{прм}}$ – коефіцієнт підсилення антени передавача і приймача відповідно.

Якщо зазначені умови не виконуються, складові $G_{\text{прд}}$, $G_{\text{прм}}$ у наведеній формулі не враховуються.

Графіки залежності додаткового послаблення радіохвиль між антенами, розміщеними на локальному об'єкті і рознесені у просторі наведено у пункті 3 додатка 5 до цієї Методики.

55. У разі змішаного рознесення антен (кутове або одночасно горизонтальне та вертикальне) величина додаткового послаблення розраховується за формулами:

$$L_{\text{пр}} = \frac{L_{\text{в}} \cdot H_{\text{верт}} + L_{\text{г}} \cdot R_{\text{гор}}}{H_{\text{верт}} + R_{\text{гор}}}, \text{ дБ}, (28)$$

$$L_{\text{пр}} = (L_{\text{в}} - L_{\text{г}}) \times \frac{\Theta}{90} + L_{\text{г}}, \text{ дБ}, (29)$$

де: $L_{\text{в}}$, $L_{\text{г}}$ – вертикальна та горизонтальна розв'язка антен відповідно, дБ;
 $H_{\text{верт}}$, $R_{\text{гор}}$ – вертикальне та горизонтальне рознесення антен, м;
 Θ – кут змішаного рознесення, град.

Визначення величини захисного відношення приймача

56. Значення захисного відношення визначаються у логарифмічних одиницях.

57. Під час оцінки ЕМС РО використовуються значення захисного відношення по частоті $A(\Delta f)$ для конкретного сценарію створення взаємних радіозавад РО.

58. Захисні відношення $A_{\text{дон}}$ визначаються аналітичним або експериментальним шляхом.

59. Експериментальне визначення величини захисного відношення проводиться вимірюванням мінімально допустимого рівня корисного радіосигналу і максимально припустимого рівня радіозавади на вході радіоприймача за умови забезпечення необхідної якості функціонування РО.

Опис експериментальної установки для визначення величини захисного відношення наведено у додатку 6 до цієї Методики.

60. Під час визначення захисних відношень і умов ЕМС РО враховується специфіка впливу на основний канал прийому позаканальних радіозавад і радіозавад, які попадають в основний канал. Вплив позаканальних радіозавад зазвичай слабкіший внаслідок фільтрації у підсилювачах проміжної частоти приймача.

61. Якщо несуча частота сигналу радіозавади не збігається із частотою прийому корисного сигналу (позаканальні радіозавади), значення захисного відношення зменшується на величину коефіцієнта частотної вибіркової приймача. У цьому випадку у розрахунках загальних втрат у лінії радіозв'язку

між джерелом і рецептором радіозавади за формулою, наведеною у пункті 23 цього розділу, коефіцієнт частотної вибіркості FDR не враховується.

III. Проведення розрахунків ЕМС для присвоєння радіочастот РО засобам радіомовної служби

Розрахунок ЕМС РО радіомовної служби радіозв'язку

62. Розрахунок ЕМС РО радіомовної служби радіозв'язку складається із шести послідовних етапів:

- 1) попереднє оцінювання електромагнітного оточення в районі планування нового частотного присвоєння;
- 2) попереднє визначення рівня якості, який має бути забезпечений під час функціонування окремих поодиноких або сукупності РО у попередньо оціненому електромагнітному оточенні;
- 3) визначення сценаріїв створення взаємних радіозавад РО у районі планування нового частотного присвоєння;
- 4) визначення характеристик РО для проведення розрахунків ЕМС РО;
- 5) розрахунок ЕМС РО відповідно до визначених сценаріїв створення взаємних радіозавад;
- 6) оцінка забезпечення ЕМС РО за наслідками проведених розрахунків.

63. Попереднє оцінювання електромагнітного оточення в районі планування нового частотного присвоєння проводиться шляхом територіального і частотного відбору потенційних джерел радіозавад.

Територіальний відбір потенційних джерел радіозавад здійснюється на підставі визначення конфігурації і радіусу зони відбору для досліджуваної станції та її побудови. Параметри зони відбору визначаються відповідно до положень Рекомендацій сектору радіозв'язку МСЄ та спеціальних міжнародних угод. У розрахунках ЕМС РО радіомовної служби радіус зони відбору зазвичай обирають від 500 км до 800 км (для СЧ – НЧ діапазону значення радіуса в межах від 5000 км до 10000 км) із центром у точці встановлення опори передавальної антени РО радіомовлення, для якого планують нове присвоєння.

Частотний відбір конфліктуючих РО здійснюється шляхом ідентифікації і селекції діючих і статусних присвоєнь та планованих виділень у побудованій зоні відбору. Під час частотного відбору конфліктуючих РО враховують усі можливі види радіозавад, канали їх проникнення і негативні явища, які можуть призвести до погіршення якості прийому програм від планованої станції або діючих радіомовних/телевізійних станцій. Під час частотного відбору конфліктуючих РО використовують частотні критерії потенційно небезпечних радіозавад, визначені в додатку 7 до цієї Методики.

Усі РО з діючими та/або статусними присвоєннями, та/або планованими виділеннями, які потрапили у простір, обмежений контуром зони відбору, та відповідають умовам, визначеним в додатку 7 до цієї Методики, вважаються небезпечними щодо створення радіозавад і обираються для подальшого аналізування ЕМС.

За наслідками попереднього оцінювання оточення радіозавад формується впорядкована вибірка РО – потенційних джерел радіозавад у зоні відбору, для якої будуть проведені подальші розрахунки показників ЕМС.

64. Попереднє визначення рівня якості, який має бути забезпечений у процесі функціонування окремих поодиноких РО або їх сукупності, здійснюється на підставі базових вимог щодо якості функціонування РО з урахуванням технічних характеристик РО та електромагнітного оточення в районі планування нового частотного присвоєння. За потреби визначаються допуски на погіршення показників якості функціонування РО (якості каналів радіозв'язку) через можливий вплив радіозавад, створюваних іншими РО, що потрапили в зону відбору або були обрані.

Під час визначення показників якості функціонування РО радіомовної служби радіозв'язку треба користуватися положеннями таких Рекомендацій сектору радіозв'язку (ITU-R): ITU-R SM.1135, ITU-R BT.500, ITU-R BT.1306, ITU-R BT.1691, ITU-R BS.1284.

65. Сценарій створення взаємних радіозавад для РО, які потрапили в зону відбору, визначається за наслідками попередньої оцінки виявлених радіозавад.

Сценарії створення взаємних радіозавад РО радіомовної служби поділяються на дуельні (парні), групові та комплексні групові. У дуельних сценаріях досліджується вплив одного джерела радіозавади на один приймач. У групових сценаріях досліджується вплив сукупності джерел радіозавад на один приймач. Під час аналізування комплексних групових сценаріїв оцінюють вплив на приймачі сукупності взаємопов'язаних джерел радіозавад (характерно для сценаріїв за участю РО цифрового мовлення з метою визначення впливу РО однієї мережі на РО іншої мережі).

Тип досліджуваного сценарію обирається з урахуванням умов розгортання, характеристик спрямованості антен, територіального рознесення і просторової орієнтації планованого РО і діючих РО.

Розрізняють дуельні, групові і комплексні сценарії двох типів:

"РАДІОЗАВАДИ НАМ", де досліджується вплив усіх діючих РО, що потрапили в зону відбору, на приймачі, які обслуговуються станцією, для якої планують нове частотне присвоєння;

"РАДІОЗАВАДИ ВІД НАС", де досліджується вплив планованої станції на приймачі, які потрапили в зону відбору і обслуговуються діючими станціями радіомовної служби, розташованими в межах зони відбору.

66. Розрахунки ЕМС РО радіомовної служби під час здійснення нових частотних присвоєнь РО проводяться відповідно до пунктів 69 – 86 цього розділу і додатка 8 до цієї Методики.

У розрахунках ЕМС РО враховується тип сценарію створення взаємних радіозавад, види радіозавад, канали можливого проникнення радіозавад, які визначаються під час частотного відбору конфліктуючих РО, зазначених у пункті 64 цього розділу.

67. Забезпечення ЕМС РО оцінюється шляхом перевірки виконання умови сумісності РО за наведеним нижче критерієм:

$$E_c = E_{\min}, (1)$$

$$E_c - E_{зав} = A, (2)$$

де: E_c – напруженість поля сигналу;

$E_{зав}$ – напруженість поля радіозавад;

E_{min} – мінімальна використовувана напруженість поля;

A – потрібне захисне відношення.

Якщо для конкретного досліджуваного сценарію вищезазначена умова не виконується, радіозавади вважаються неприпустимими, а умови ЕМС такими, що не забезпечуються.

Розрахунки ЕМС РО радіомовної служби

68. Під час розрахунку ЕМС РО радіомовної служби по черзі розраховуються рівні радіозавад між усіма станціями, відібраними за територіальною і частотною ознаками, відповідно до пункту 66 цього розділу. У першу чергу виконуються розрахунки для дуельних сценаріїв "РАДІОЗАВАДИ від НАС", в другу чергу – розрахунки для дуельних сценаріїв "РАДІОЗАВАДИ НАМ" (якщо не вказано інше).

Для аналізу групових сценаріїв використовують результати розрахунків, отримані для дуельних сценаріїв, здійснюючи відбір і сортування найбільш небезпечних радіозавад та розрахунки сумарного рівня радіозавад досліджуваному РО.

69. Під час проведення розрахунків ЕМС РО аналогового радіомовлення проводяться дослідження дуельних і групових сценаріїв між усіма РО, що потрапили в зону відбору.

70. У процесі дослідження ЕМС РО цифрового радіомовлення додатково досліджують групові та комплексні групові сценарії для таких випадків:

сукупний вплив на досліджуваний приймач усіх станцій, що входять до складу мережі;

вплив досліджуваної станції на приймач іншої мережі;

сукупний вплив станцій однієї мережі на приймачі іншої мережі.

У розрахунках враховується, що для цифрового наземного телебачення DVB-T визначено:

1) види ЕМ:

ЕМ1 – одночастотна мережа з великою зоною обслуговування;

ЕМ2 – одночастотна мережа з малими зонами обслуговування;

ЕМ3 – одночастотна мережа з малими зонами обслуговування для умов міста;

ЕМ4 – напівзакрита одночастотна мережа з малими зонами обслуговування;

2) конфігурації ЕКП:

ЕКП 1 – конфігурація для фіксованого прийому;

ЕКП 2 – конфігурація для прийому на портативне обладнання зовні приміщення або для прийому на портативне обладнання всередині приміщення з більш низькою якістю покриття, або для рухомого прийому;

ЕКП 3 – конфігурація для прийому на портативне обладнання всередині приміщення з більш високою якістю покриття.

Для цифрового наземного звукового радіомовлення T-DAB визначено 2 види ЕМ та 2 ЕКП:

- 1) ЕМ5 – для ЕКП 4, де ЕКП 4 – конфігурація для рухомого прийому;
- 2) ЕМ6 – для ЕКП 5, де ЕКП 5 – конфігурація для прийому на портативне обладнання всередині приміщення.

Характеристики ЕКП і ЕМ визначені в Регіональній угоді(*) яка стосується планування цифрової наземної радіомовної служби в Районі 1 (частинах Району 1, розташованих на захід від меридіана 170 град.сх.д. й на північ від паралелі 40 град.пд.ш., за винятком території Монголії) та в Ісламській Республіці Іран у смугах частот 174-230 МГц і 470-862 МГц від 16.06.2006 (далі – Регіональна угода "Женева-06").

71. Безпосередньо перед проведенням розрахунків визначені в заяві характеристики планованого РО вводяться в базу даних, на підставі чого перевіряється доступність для планування заявленого:

- каналу;
- частотного блоку;
- частоти;
- смуги радіочастот.

Критерієм їх доступності є належність до діапазонів частот служби радіомовлення в РР МСЕ та плані розподілу і користування радіочастотним спектром в Україні, для заявлених РО радіомовлення.

У разі отримання негативних результатів перевірки вважається, що частотне присвоєння не може бути здійснене, і заявка не обробляється.

72. За даними географічних характеристик щодо місця розташування планованого РО на електронній карті перевіряється точність координат фактичного місця розташування антенної опори планованої станції. Критерієм перевірки точності вказаних географічних координат є їх відповідність заявленій адресі і реєстру опор. Для перевірки географічних координат використовується тривимірна система координат для позиціонування на Землі (WGS84 (World Geodetic System 1984)).

73. У разі отримання позитивних результатів перевірки переходять до розрахунків ЕМС планованого і діючих РО, що потрапили в зону відбору, відповідно до обраного сценарію, зазначеного у пункті 66 цього розділу.

Для отримання більш точних результатів під час прогнозування радіозавад враховуються усі діючі присвоєння і виділення в межах зони відбору, а також усі можливі канали проникнення радіозавад в приймачі, а саме:

- 1) для РО телебачення оцінюють:
 - вплив радіозавад у сумісних каналах;
 - вплив радіозавад у суміжних каналах;
 - вплив радіозавад по дзеркальних каналах;
 - вплив радіозавад прийому телевізійних каналів від гетеродинів приймачів радіомовлення;
- 2) для РО звукового мовлення оцінюють:
 - вплив радіозавад по дзеркальних частотах;

вплив радіозавад на суміжних частотах;

вплив радіозавад, які виникають через перекриття каналів телебачення та радіочастот звукового мовлення.

Умови, за якими класифікують радіозавади за частотною ознакою, визначені в додатку 7 до цієї Методики.

74. Під час проведення розрахунків ЕМС РО радіомовної служби визначаються такі параметри ЕМС:

- 1) відстань між досліджуваною станцією і станцією, що їй заважає (окремо для кожного з джерел радіозавад), та азимут відносно джерела радіозавади;
- 2) напруженість поля радіозавади $E_{заві}$ у відповідній точці на контурі зони обслуговування досліджуваної станції, приймачі якої вважаються рецепторами радіозавад від діючих станцій, окремо для кожної із станцій, що заважає (якщо потрібно, окремо для кожного із значень зміщення несучої частоти передавача планованої станції).

Для діючих станцій радіозавади прогнозуються з урахуванням реальної зони впевненого прийому (зони обслуговування), а для планованої станції – з урахуванням теоретичної зони обслуговування, побудованої для мінімального медіанного значення напруженості поля E_{med} ;

- 3) підсумкове значення захисного відношення досліджуваної станції відносно досліджуваного джерела радіозавад – A ;

- 4) сумарна напруженість поля радіозавад $E_{\Sigma зав}$ від декількох джерел у відповідній точці на контурі зони обслуговування досліджуваної станції, приймачі якої вважаються рецепторами радіозавад від діючих станцій;

- 5) мінімальна використовувана напруженість поля – E_{min} ;

- 6) використовувана напруженість поля – $E_{вик}$;

- 7) радіус зони обслуговування планованої станції – R .

Для визначення значень E_{min} , E_{med} і $E_{заві}$ використовуються:

пункт 1 додатка 9 до цієї Методики – для прогнозування напруженості поля для земних хвиль на частотах у діапазоні від 10 кГц до 30 МГц (відповідно до Рекомендації ІТУ-R Р.368);

пункт 2 додатка 9 до цієї Методики – для прогнозування напруженості поля для іоносферних (просторових) хвиль на частотах у діапазоні від 150 кГц до 1700 кГц (відповідно до положень Рекомендації ІТУ-R Р.1147);

додаток 10 до цієї Методики – для прогнозування напруженості поля для наземних служб і трас у діапазоні частот від 30 МГц до 4000 МГц (відповідно до положень Рекомендації ІТУ-R Р.1546-6);

Регіональна угода "Женева-06";

Спеціальна угода СЕРТ "Заключні Акти багатосторонньої зустрічі СЕРТ для смуги частот 1452–1479,5 МГц" для наземного цифрового радіомовлення (T-DAB) (далі – Спеціальна угода СЕРТ (T-DAB));

Регіональна угода стосовно використання діапазону частот від 87,5 МГц до 108 МГц для ЧМ звукового радіомовлення в Районі 1 та в частині Району 3 ("Женева 84") (далі – Регіональна угода "Женева-84");

Регіональна угода стосовно використання діапазонів частот середніх хвиль в Районах 1 і 3, та довгих хвиль в Районі 1 ("Женева-75") (далі – Регіональна угода "Женева-75").

Розрахунок виконується окремо для кожного з визначених сценаріїв створення взаємних радіозавад РО.

75. Під час прогнозування радіозавад враховуються такі умови:

у діапазоні метрових хвиль для телебачення і монофонічного ДВЧ ЧМ мовлення напруженість поля тропосферних радіозавад прогнозується для відсотка часу $p = 10\%$ і відсотка місць $L = 50\%$;

для стереофонічного ДВЧ ЧМ мовлення та телебачення в діапазоні дециметрових хвиль напруженість поля тропосферних радіозавад прогнозується для відсотка часу $p = 1\%$ і відсотка місць $L = 50\%$;

для телебачення і ДВЧ ЧМ мовлення напруженість поля постійно діючих радіозавад прогнозується для значень відсотка часу $p = 50\%$ і відсотка місць $L = 50\%$.

76. Процедура розрахунку ЕМС РО радіомовної служби налічує чотири послідовних етапи:

1) аналіз дуельних сценаріїв "РАДІОЗАВАДИ ВІД НАС" діючим приймачам;

2) аналіз групових сценаріїв радіозавад діючим приймачам;

3) аналіз дуельних сценаріїв по типу "РАДІОЗАВАДИ НАМ";

4) аналіз групових сценаріїв по типу "РАДІОЗАВАДИ НАМ".

77. На першому етапі досліджуються випадки можливого виникнення "РАДІОЗАВАД ВІД НАС" діючим приймачам, для чого формують впорядковану вибірку результатів розрахунків параметрів ЕМС за всіма дуельними сценаріями можливого виникнення радіозавад між РО, що потрапили в зону відбору, враховуючи результати територіального і частотного відбору потенційно конфліктуючих РО. Селекцію і сортування радіозавад в отриманій вибірці виконують за максимальним значенням $E_{заві}$.

На підставі аналізу отриманої вибірки визначаються потенційно небезпечні випадки виникнення радіозавад у проаналізованих сценаріях. Ознакою небезпеки радіозавади вважають умову $E_{заві} > E_{\min}$, (3)

За цієї умови допустимий рівень перевищення одного значення іншим визначається з урахуванням положень пункту 68 цього розділу.

Якщо у відповідному дуельному сценарії погіршення умов прийому через вплив радіозавад не перевищує допустимого значення, рівень радіозавад вважають прийнятним.

Якщо вищевказана умова не виконується, визначається можливість зміни технічних характеристик станції, для якої планують нове присвоєння, після чого проводять повторне аналізування радіозавад у рамках першого етапу.

У разі невиконання умов ЕМС для скоригованих характеристик станції частотне присвоєння вважається таким, яке здійснити неможливо.

78. На другому етапі дослідження сценарію "РАДІОЗАВАДИ ВІД НАС" для радіозавад із сформованої раніше вибірки додатково проводяться аналізування групових сценаріїв, в яких оцінюється вплив обраної сукупності

радіозавад (як правило, найбільших за рівнем) на досліджуваний приймач для двох випадків:

без урахування планованої станції як джерела радіозавади;

з урахуванням планованої станції як джерела радіозавади.

Сумарний рівень радіозавад $E_{\Sigma\text{зав}}$ розраховується методом додавання потужності для кожної з 36 відкладених з дискретним кроком 10° за азимутальними напрямками точок на контурі зони обслуговування станції, приймачі якої вважають рецепторами радіозавад.

Якщо умови прийому у реальній зоні обслуговування досліджуваної станції для обох випадків істотно не відрізняються (припустимо різницю визначають відповідно до положень Рекомендацій ITU-R або спеціальних міжнародних угод), рівень радіозавад вважається прийнятним. В іншому разі вважають, що умови ЕМС не виконуються. У разі потреби проводиться повторний розрахунок ЕМС для скоригованих технічних характеристик планованої станції відповідно до процедури етапу 2. За отриманими наслідками ухвалюється остаточне рішення щодо ЕМС досліджуваних РО.

Для оцінювання сукупного впливу джерел радіозавад у сценаріях створення взаємних радіозавад РО цифрового мовлення, визначених у пункті 70 цієї Методики, використовується процедура, визначена положеннями таких спеціальних угод:

Регіональна угода "Женева-06";

Спеціальна угода СЕРТ (Т-ДАВ).

79. На третьому етапі проводиться аналізування дуельних сценаріїв типу "РАДІОЗАВАДИ НАМ" для сформованої вибірки потенційно небезпечних РО. Для цього проводяться розрахунки параметрів ЕМС, визначених у пункті 74 цієї Методики, окремо для кожної пари "приймач – джерело радіозавад" для РО, що потрапили в зону відбору, побудовану відповідно до пункту 63 цього розділу.

За результатами розрахунків виконуються селекція і ранжування потенційно небезпечних радіозавад аналогічно до процедури, визначеної у пункті 77 цього розділу.

80. На четвертому етапі для обраних радіозавад додатково аналізуються групові сценарії типу "РАДІОЗАВАДИ НАМ", за результатом якого оцінюється погіршення умов та зміни зони гарантованого прийому планованої станції через сукупний вплив декількох обраних джерел радіозавад.

Для оцінки погіршення умов прийому будується контур теоретичної зони обслуговування планованої станції, точки якого визначаються шляхом розрахунку E_{med} , та обчислюється радіус зони за відповідними азимутальними напрямками, взятими з дискретністю 10. В окремих випадках параметри зони планованої станції визначаються за відомими значеннями E_{min} .

Для побудованої теоретичної зони обслуговування планованої станції за результатами розрахунку сукупного впливу радіозавад визначаються параметри зони гарантованого прийому, в якій повинні виконуватися вимоги якісного прийому.

Якщо за результатами розрахунку сукупного впливу обраних джерел радіозавад на прийом у побудованій зоні обслуговування досліджуваної станції

критичного погіршення умов якісного прийому не спостерігається та/або побудований контур зони планованої станції істотно не змінюється (міру припустимого погіршення умов прийому обирають), вважається, що рівень радіозавад є прийнятним, а умови ЕМС РО такими, що виконуються. В іншому разі вважається, що проводити присвоєння недоцільно.

Для оцінювання сукупного впливу джерел радіозавад у сценаріях створення взаємних радіозавад РО цифрового мовлення, визначених у пункті 70 цього розділу, використовується процедура, визначена положеннями спеціальних угод, наведених у пункті 78 цього розділу.

81. Значення напруженості поля радіозавади $E_{заві}$ (яка враховує відповідне захисне відношення) у визначеній точці на контурі зони обслуговування станції розраховується за формулою:

$$E_{заві} = E_{зі} + A, \quad (4)$$

де: $E_{зі}$ - напруженість поля, що створюється передавачем і-ї станції джерела радіозавади у визначеній точці.

Значення $E_{зі}$ розраховується за формулою:

$$E_{зі} = E(p\%, L\%) + P_{зав}, \text{ дБмкВ/м}, \quad (5)$$

де: $E(p\%, L\%)$ - значення напруженості поля, визначене відповідно до пункта 82 цього розділу;

$P_{зав}$ - ефективна випромінювана потужність (є.в.п) передавача станції-джерела радіозавади, значення якої розраховується за формулою, наведеною у пункті 85 цього розділу.

82. Підсумкове значення захисного відношення по кожній із станцій, які заважають, визначається на основі положень Рекомендацій ITU-R BT.655, ITU-R BT.1368, ITU-R BT.2033, ITU-R BS.1660, ITU-R BS.412, ITU-R BS.1615 та спеціальних міжнародних угод, визначених у пункті 74 цього розділу.

У розрахунках значень захисних відношень можна використовувати положення додатка 11 до цієї Методики.

83. Сумарний рівень радіозавад у визначеній точці на контурі зони обслуговування розраховується за формулою:

$$E_{\Sigma зав} = 10 \times \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{E_{заві} / 10} \right), \text{ дБ}, \quad (6)$$

84. Параметр $E_{\min}$ визначається виходячи з умов забезпечення належної якості прийому та зазвичай надається у табличній формі для фіксованих значень імовірності (%) охоплення місць:

1) для цифрових систем мовлення:

95% – для фіксованого прийому (телебачення і звукове мовлення);

95% – для портативного прийому всередині і зовні приміщень (телебачення і звукове мовлення);

95% – (для телебачення) і 99% – (для звукового мовлення) для прийому під час руху;

2) для РО аналогового мовлення 50% – для телебачення і радіомовлення для будь-яких умов прийому.

85. Ефективну потужність випромінювання P передавача станції – джерела корисного сигналу або радіозавади розраховують за формулою:

$$P = P_{\text{прд}} + G - I_{\text{ф}} \times k_l - L_{\text{сум}}, \text{ дБ}, (7)$$

де: $P_{\text{прд}}$ – потужність передавача на вході фідера, дБкВт;

G – коефіцієнт підсилення антени по потужності відносно півхвильового вібратора, дБ;

$I_{\text{ф}}$ – довжина фідера, м;

k_l – коефіцієнт втрат у фідері на погонний метр, дБ/м;

$L_{\text{сум}}$ – втрати в суматорі (за його наявності), дБ.

Значення коефіцієнта втрат у фідері залежить від типу кабелю і робочої частоти та, як правило, надається у специфікаціях на відповідний тип фідера.

86. Відповідно до положень Рекомендацій ITU-R і спеціальних угод, визначених у пункті 74 цього розділу, використовується напруженість поля $E_{\text{вик}}$, яка враховує сумісний вплив кількох джерел на умови прийому в зоні обслуговування досліджуваної станції, розраховується шляхом поєднання окремих значень $E_{\text{зав}_i}$ з додаванням так званого сумарного поправочного коефіцієнта місцеположень.

IV. Проведення розрахунків ЕМС для присвоєння радіочастот РО засобам фіксованої служби

Процедура розрахунку ЕМС РО фіксованої служби

87. Розрахунок ЕМС РО фіксованої служби складається із шести послідовних етапів, а саме:

- 1) попереднє оцінювання ЕМО в районі планування нового частотного присвоєння;
- 2) попереднє оцінювання належної якості функціонування окремих РО або сукупності РО у визначеній ЕМО;
- 3) визначення сценаріїв створення взаємних радіозавад РО у районі планування нового частотного присвоєння;
- 4) визначення характеристик РО для проведення розрахунків ЕМС РО;
- 5) розрахунок ЕМС РО відповідно до визначених сценаріїв створення взаємних радіозавад;
- 6) оцінка забезпечення ЕМС РО за наслідками проведених розрахунків.

88. ЕМО у районі планування нового частотного присвоєння попередньо оцінюється шляхом територіального і частотного відбору потенційно несумісних РО.

Під час аналізування ЕМС РО дуплексного радіозв'язку оцінка ЕМО проводиться у два етапи. На першому етапі оцінюються випадки можливого виникнення радіозавад від діючих РО новому РО. На другому етапі розглядаються випадки, коли новий РО може бути джерелом радіозавад діючим РО.

Територіальний відбір потенційно несумісних РО проводиться на підставі визначення параметрів (форми, діаметра або радіуса) і побудови контура розрахункової зони відбору. Параметри розрахункової зони визначаються залежно від типу та сценарію розгортання планованого РО.

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

Під час планування систем дуплексного радіозв'язку побудову контура розрахункової зони виконують окремо для кожної із станцій залежно від типу досліджуваного сценарію.

Частотний відбір конфліктуючих РО виконують шляхом ідентифікації і селекції діючих (або планованих) частотних присвоєнь РО, які потрапили в розрахункову зону. У частотному відборі конфліктуючих РО враховують усі можливі види радіозавад, канали проникнення радіозавад і негативні явища (інтермодуляція, блокування тощо), які можуть призвести до погіршення якості функціонування діючих РО та/або нового РО.

За наслідками попереднього оцінювання завадової обстановки формується впорядкована вибірка потенційно небезпечних джерел радіозавад, які підлягають подальшому дослідженню.

89. Попереднє оцінювання якості функціонування окремих РО або їх сукупності виконують на підставі базових вимог до якості функціонування РО і якості зв'язку, з урахуванням технічних характеристик досліджуваних РО та ЕМО в районі планування частотного присвоєння. У разі потреби визначаються допуски на погіршення показників якості функціонування РО (якості зв'язку) через можливий вплив потенційних джерел радіозавад, які створюються іншими РО, що потрапили в розрахункову зону.

Критерієм попереднього оцінювання якості функціонування РО є припустиме відношення потужності сигналу до рівня потужності шумів на вході приймача РО, за якого забезпечується належне та безперебійне функціонування РО і передавання повідомлень із заданою імовірністю безпомилкового прийому.

У визначенні показників якості функціонування РО фіксованої служби необхідно використовувати рекомендації і нормативні значення показників, визначені в додатку 12 до цієї Методики.

90. Сценарій взаємодії для нового планованого РО і РО, які потрапили в розрахункову зону, визначають за наслідками попередньої оцінки виявлених радіозавад у районі планування нового частотного присвоєння.

Сценарії створення взаємних радіозавад РО фіксованої служби і РО інших радіослужб поділяють на парні і групові. У парних сценаріях досліджується вплив однієї ненавмисної радіозавади (одного РО) на один рецептор (іншого РО). У групових сценаріях досліджують вплив сукупності джерел радіозавад (декількох РО) на один рецептор.

При цьому враховуються умови розгортання, характеристики спрямованості антен, територіальне рознесення і просторова орієнтація планованого і діючих РО.

Під час визначення типу сценарію створення взаємних радіозавад РО, який буде досліджуватися, використовуються такі сценарії:

- 1) дуельні сценарії досліджують у таких випадках:
якщо оцінюють вплив нового присвоєння на діючі;
за високої просторової вибіркості РО (з використанням гостроспрямованих антен);

у разі високої частотної вибіркової приймача, за рахунок якої знижується вплив радіозавад на прийом корисного сигналу в неосновних каналах;

у разі високої захищеності приймача щодо блокування і інтермодуляції (використання високоякісних фільтрів і новітньої елементної бази);

2) групові сценарії досліджують у таких випадках:

оцінка впливу сукупності діючих присвоєнь на нове;

низька просторова вибірковість РО (у разі використання антен з круговою спрямованістю);

наявність зони обслуговування РО, параметри якої можуть погіршуватися внаслідок впливу радіозавад від декількох джерел одночасно;

низька частотна вибірковість приймача.

91. Розрахунок ЕМС РО фіксованої служби проводиться відповідно до пункту 1 додатка 13 до цієї Методики.

У розрахунках ЕМС РО враховуються тип сценарію створення взаємних радіозавад РО, яких вважають потенційно конфліктуючими, види радіозавад, канали можливого проникнення радіозавад (основний і неосновні) і негативні явища, які визначають у частотному відборі конфліктуючих РО.

Умови виникнення радіозавад в основному і неосновних каналах прийому, а також умови виникнення інших негативних явищ, які можуть погіршити якість функціонування РО, наведені в пунктах 2.2, 2.4 – 2.9 пункту 2 додатка 13 до цієї Методики.

92. Забезпечення ЕМС РО оцінюється перевіркою виконання узагальненого енергетичного критерію ЕМС РО, який визначається за формулою:

$$\frac{P_c}{P_3} \geq A(\Delta f), \quad (1)$$

де:

P_c – потужність корисного сигналу на вході приймача;

P_3 – потужність радіозавади на вході приймача (для групових сценаріїв – сумарний рівень радіозавади на вході приймача);

$A(\Delta f)$ – захисне відношення приймача-рецептора радіозавади.

Під час перевірки виконання визначеного критерію ЕМС РО враховуються такі параметри:

відсоток часу, протягом якого спостерігається погіршення зв'язку внаслідок впливу радіозавад і невиконання умов ЕМС РО (р %);

відсоток місць, у яких не виконуються умови ЕМС РО;

припустима напруженість поля сигналу радіозавади на межі зони обслуговування (у разі потреби);

напруженість поля корисного сигналу, яка забезпечує належну якість функціонування кінцевого обладнання у зоні обслуговування БС (у разі потреби).

Розрахунок ЕМС РО фіксованої служби

93. ЕМС РО фіксованої служби розраховується відповідно до пункту 1 додатка 13 до цієї Методики.

94. Показники, за якими перевіряється виконання умов ЕМС, відповідно до узагальненого енергетичного критерію розраховуються окремо для кожного з визначених сценаріїв створення взаємних радіозавад РО.

95. У розрахунках ЕМС РО фіксованої служби визначаються такі показники ЕМС:

рівень корисного сигналу на вході приймача;

рівні сигналів на вході приймача-рецептора радіозавади від усіх потенційних джерел радіозавад, які вважаються потенційно небезпечними для нового частотного присвоєння, відповідно до визначеного сценарію створення взаємних радіозавад;

рівень сигналу передавача РО, для якого виконується присвоєння радіочастот у сценаріях, де планований РО вважають потенційним джерелом радіозавад іншим діючим РО;

сумарний рівень радіозавад на вході досліджуваного приймача від декількох джерел радіозавад (у разі аналізування групових сценаріїв);

показник деградації порогу чутливості приймача-рецептора радіозавади (у разі використання методу гармонізованих обчислень).

У розрахунках показників ЕМС РО обов'язково враховуються значення відсотка часу, протягом якого повинні виконуватися прогнозовані значення вищенаведених показників ЕМС.

96. Під час дослідження дуельних сценаріїв створення взаємних радіозавад РО проєктується і попередньо аналізується профіль траси між джерелом і рецептором радіозавади. У групових сценаріях профіль траси проєктується окремо для кожної пари “джерело-рецептор” радіозавади, але у розрахунках ЕМС визначається сукупний вплив усіх джерел радіозавад на досліджуваний приймач.

Для побудови профілю траси використовуються стандартизовані цифрові або топографічні карти географічного району, де планується розміщення нового РО.

Попередній аналіз профілю траси виконується з урахуванням характеристик щодо просторової орієнтації та ДСА досліджуваних РО, а також типу місцевості, над якою проходить траса.

За наслідками попереднього аналізу профілю траси проводиться класифікація типу траси і обирається метод розрахунку показника, який характеризує умови поширення радіохвиль на трасі визначеного типу.

97. Побудова профілю виконується з урахування такого:

1) використовуючи дані щодо географічних координат розміщення РО і топографічні позначки, на обраній карті визначаються точки розташування РО, задіяні у сценарії, що розглядається;

2) профіль траси будується у вертикальній площині вздовж лінії, що з'єднує точки розташування РО, з використанням даних про рельєф місцевості та характеристики антен;

3) на побудованому профілі траси електричні центри антен з'єднуються прямою лінією (лінією прямої видимості);

4) якщо лінія прямої видимості перекрита топографічними об'єктами місцевості (горби, будівлі, щільні засадження тощо) із заданими висотами підвісу антен, зв'язок може бути нестабільним або відсутнім;

5) якщо лінія прямої видимості не зачіпає топографічних перешкод на трасі, проводиться уточнювальний аналіз для прогнозування переважаючих механізмів поширення радіохвиль на трасі відповідного типу;

6) для уточнювального аналізу навколо лінії прямої видимості окреслюється еліпсоїд Френеля (перша зона Френеля), верхівки якого повинні збігатися з електричними центрами передавальної та приймальної антен;

7) радіус першого еліпсоїда Френеля у точці між передавачем і приймачем розраховується за формулою, наведеною у Рекомендації ITU-R P.526:

$$R_{Fn} = 550 \sqrt{\frac{n d_1 d_2}{(d_1 + d_2) f}}, \text{ м, (2)}$$

де: f – частота, МГц;

d_1 і d_2 – відстань від передавача і приймача до точки, в якій розраховуються радіус еліпсоїда, км;

n – порядковий номер еліпсоїда.

8) якщо у першій зоні Френеля (в окремих випадках у 60 % першої зони Френеля) немає топографічних перешкод, вважається, що радіохвилі розповсюджуються по лінії прямої видимості;

9) за наявності топографічних перешкод у першій зоні Френеля траса вважається частково або повністю закритою і поширення радіохвиль може відбуватися за рахунок дифракції радіохвиль;

10) дифракція радіохвиль може мати місце і в тих випадках, де спостерігається викривлення лінії прямої видимості через негативну атмосферну рефракцію.

98. Рівень корисного сигналу на вході приймача розраховується за формулою:

$$P_c = P_{c.\text{прд}} - L_{\text{заг.с}}, \text{ дБВт, (3)}$$

де: $P_{c.\text{прд}}$ – потужність передавача джерела корисного сигналу, дБВт;

$L_{\text{заг.с}}$ – загальні втрати поширення радіохвиль між джерелом і рецептором корисного сигналу.

У разі відсутності даних щодо характеристик передавача корисного сигналу рівень корисного сигналу на вході приймача обирається рівним граничній чутливості приймача.

У разі потреби рівень корисного сигналу на вході приймача може бути розраховано за алгоритмом і експериментальними графіками прогнозування напруженості поля, наведеними у Рекомендації ITU-R P.1546.

99. Рівень радіозавади на вході приймача від одного джерела радіозавади розраховується за формулою:

$$P_z = P_{z.\text{прд}} - L_{\text{заг.з}}, \text{ дБВт, (4)}$$

де: $P_{з.прд}$ – потужність передавача джерела радіозавади, дБВт;

$L_{заг.с}$ – загальні втрати поширення радіохвиль між джерелом і рецептором радіозавади, дБ.

100. У розрахунках рівнів радіозавад на вході приймача від одного або декількох джерел враховуються наслідки частотного відбору потенційно небезпечних (щодо створення радіозавад) РО, визначені канали можливого проникнення радіозавад і негативні явища, які можуть мати місце у тому або іншому сценарії створення взаємних радіозавад РО.

Радіозавади в основних і неосновних каналах прийому розраховуються відповідно до рекомендацій, викладених у пункті 2 додатка 13 до цієї Методики, з урахуванням положень пункту 107 цього розділу.

У розрахунках інтермодуляційних завад у приймачі використовується схема розрахунку поправки E'_{h_2} , наведена у додатку 14 до цієї Методики.

101. Сумарний рівень радіозавад від декількох джерел на вході приймача-рецептора радіозавади (іноді – їх нелінійне поєднання) розраховується за формулою:

$$E_{\Sigma зав} = \sum_{i=1}^n 10^{NFS_i / 10} \quad (5)$$

Показник NFS у місці встановлення приймача є значенням напруженості поля, яку створює одне джерело радіозавади, та скоригований відповідно до цього сценарію і характерних умов взаємодії досліджуваних РО. Значення показника розраховується за формулою:

$$NFS = E_з + A_{cor} - B - C, \quad (6)$$

де: $E_з$ – напруженість поля сигналу радіозавади в точці розташування приймача-рецептора радіозавади, дБмкВ/м;

A_{cor} – скориговане значення захисного відношення, яке відповідає конкретному сценарію взаємодії конфліктуючих РО і визначено з урахуванням типу взаємодіючих сигналів і рознесення їхніх несучих частот, дБ;

B – коефіцієнт, який враховує реальні умови і особливості розповсюдження радіохвиль та характеристики місця розташування джерела і рецептора радіозавади відповідно до цього сценарію взаємодії РО, дБ;

C – коефіцієнт, який враховує властивості приймальної антени (поляризацію, підсилюючі властивості у заданому напрямку тощо), дБ.

102. Під час проведення частотних присвоєнь для РО фіксованої служби, які працюють у дуплексному режимі, враховується, що планований РО може бути одночасно як рецептором, так і джерелом радіозавад для інших діючих РО.

Для аналізу сценаріїв, де нове присвоєння вважається джерелом можливих радіозавад для вже діючих РО, використовують процедуру, описану в пунктах 100–108 цього розділу. При цьому рецепторами радіозавад вважають усі приймачі діючих РО, в розрахункову зону яких потрапляє планований РО.

103. За наслідками розрахунків ЕМС приймається рішення щодо виконання умов ЕМС РО за критерієм, визначеним у пункті 97 цього розділу.

Якщо умови ЕМС не виконуються, розглядають можливість забезпечення ЕМС РО накладання в обмежень на технічні характеристики планованого РО.

Якщо визначені обмеження не забезпечують його повноцінне функціонування, частотне присвоєння вважається неможливим.

104. Якщо показники ЕМС РО розраховуються за методом гармонізованих обчислень (далі – НСМ), розрахунок рівнів сигналів радіозавад і корисних сигналів, а також оцінку можливих каналів проникнення радіозавад у приймачі виконують за формулами, визначеними у пунктах 98 – 101 цього розділу.

Відповідно до алгоритму НСМ для значення рівня радіозавади на вході приймача розраховується показник деградації порогу чутливості (далі – TD) досліджуваного приймача-рецептора радіозавади, який визначає міру необхідного збільшення мінімального рівня корисного сигналу на вході приймача у разі зниження рівня його граничної чутливості внаслідок впливу радіозавад від одного або декількох джерел.

Значення параметра TD розраховується за формулою:

$$TD = 10 \lg(1 + 10^{(P_3 - N_0)/10}), \text{ дБ}, (7)$$

де: N_0 – рівень шуму приймача на його вході, дБВт;

P_3 – загальна потужність радіозавад на вході приймача, дБВт.

Рівень шуму приймача розраховується за формулою:

$$N_0 = kT\Delta F, (8)$$

де: k – постійна Больцмана, $k = 1,38 \times 10^{-23}$;

T – абсолютна шумова температура;

ΔF – смуга частот, у якій визначається потужність шуму.

Чутливість приймача для необхідного значення відношення сигнал/шум (h^2) розраховується за формулою:

$$P_{\text{чут}} = kT\Delta Fh^2(T_A/T + \text{Ш} - 1), (9)$$

де: T_A – абсолютна шумова температура антени;

ΔF – ефективна шумова смуга пропускання;

$\text{Ш} = T/T_0$ – так званий температурний коефіцієнт шуму, який враховує відмінність температури приймача від так званої стандартної температури $T_0 = 293^\circ\text{K}$;

h^2 – необхідне відношення сигнал/шум на вході приймача (по потужності).

За розрахованим значенням параметра TD коригується гранична чутливість приймача, яка порівнюється зі значенням рівня корисного сигналу на вході приймача, розрахованим за формулою, наведеною в пункті 98 цього розділу. За наслідками порівняння приймаються рішення щодо можливості сумісної експлуатації досліджуваних РО.

Якщо енергетичний потенціал радіолінії перевищує скориговане значення порогу чутливості, вважається, що умови ЕМС РО виконані.

Вплив планованого РО на діючі досліджується за аналогічною процедурою.

Розрахунок енергетичних втрат передавання в лінії радіозв'язку

105. Енергетичні втрати передавання у лінії радіозв'язку визначаються характеристиками апаратурних елементів лінії (фільтрами, фідерами, антенами і властивостями середовища поширення радіохвиль (станом середовища, атмосферними явищами тощо)).

106. Відповідно до положень Рекомендації ITU-R P.341 для різних перетинів лінії радіозв'язку розрізняють:

загальні втрати лінії радіозв'язку – $L_{\text{заг}}$;

базові (основні) втрати лінії радіозв'язку – L_b ;

втрати, додаткові до втрат поширення радіохвиль у вільному просторі; системні втрати.

Значення втрат у різних перетинах лінії радіозв'язку оцінюються у логарифмічних одиницях, дБ.

Під час розрахунків ЕМС РО визначаються базові і загальні втрати лінії радіозв'язку.

107. Загальні втрати лінії радіозв'язку між джерелом і рецептором корисного сигналу розраховуються за формулою:

$$L_{\text{заг.с}} = L_{\text{а.прд}} - G_{\text{прд}}(\varphi_{\text{прм}}) + L_b - G_{\text{прм}}(\varphi_{\text{прд}}) + L_{\text{а.прм}}, \text{ дБ}, (10)$$

де: $L_{\text{а.прд}}$ і $L_{\text{а.прм}}$ – втрати в антені передавача і приймача, з урахуванням ослаблення у фідерах і фільтрах, дБ;

$G_{\text{прд}}(\varphi_{\text{прм}})$ – коефіцієнт підсилення антени передавача у напрямку приймача, дБ;

$G_{\text{прм}}(\varphi_{\text{прд}})$ – коефіцієнт підсилення антени приймача у напрямку передавача, дБ;

L_b – базові втрати лінії радіозв'язку.

108. Загальні втрати в лінії радіозв'язку між джерелом і рецептором радіозавади розраховуються за формулою:

$$L_{\text{заг.з}} = L_{\text{а.прд.з}} - G_{\text{прд.з}}(\varphi_{\text{прм}}) + L_b - G_{\text{прм}}(\varphi_{\text{прд.з}}) + L_{\text{а.прм}} + \text{XPD} + \text{FDR}, \text{ дБ}, (11)$$

де: $L_{\text{а.прд.з}}$ і $L_{\text{а.прм}}$ – втрати в антенах передавача сигналу радіозавади і в антенах приймача-рецептора радіозавади з урахуванням ослаблення у фідерах і фільтрах;

$G_{\text{прд.з}}(\varphi_{\text{прм}})$ – коефіцієнт підсилення антени передавача, що створює радіозавади у напрямку приймача, на який спрямовано сигнал радіозавади;

$G_{\text{прм}}(\varphi_{\text{прд.з}})$ – коефіцієнт підсилення антени приймача, на який впливає сигнал радіозавади, у напрямку передавача, що створює радіозавади;

FDR – коефіцієнт частотної вибірконості приймача, який визначає ступінь ослаблення радіозавади через різні несучі частоти корисного сигналу, сигнал радіозавади та різну ширину смуги пропускання приймача і смуги випромінювання передавача;

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

109. Розрахунок базових втрат лінії радіозв'язку у різних типах середовищ передбачає моделювання трас поширення радіохвиль і/або прогнозування рівня сигналу (напруженості поля сигналу) на заданій відстані від передавача, а також прогнозування зміни рівня сигналу залежно від ситуації на трасі (в середовищі) за відомими експериментально отриманими даними.

110. Прояв різних механізмів поширення радіохвиль на трасі відповідного типу залежить від кліматичних умов, частоти, відсотка часу, що розглядається, довжини і топографічних характеристик траси.

На трасах у реальному середовищі одночасно можуть проявлятися декілька механізмів поширення радіохвиль.

111. Переважаючий механізм поширення радіохвиль для траси відповідного типу визначається з урахуванням такого:

1) у реальному середовищі, залежно від використовуваної ділянки смуги частот від 0,1 ГГц до 60 ГГц, діють такі механізми поширення радіохвиль:

поширення радіохвиль у вільному просторі (під яким розуміється однорідне безмежне непоглинаюче середовище, значення відносної діелектричної та магнітної проникності якого дорівнюють одиниці);

поширення радіохвиль в умовах прямої видимості, довжину якої між станціями-кореспондентами з антенами висотою h_1 і h_2 обчислюють за формулою:

$$d_{LoS}(\text{км}) = 3,57 \sqrt{h_1^2(\text{м}) + h_2^2(\text{м})}, \quad (12)$$

дифракція радіохвиль (спостерігається на закритих ($d_{LoS} \ll d$) і напівзакритих ($d_{LoS} \approx d$) трасах, або може бути наслідком негативної атмосферної рефракції на трасах прямої видимості);

тропосферне розсіювання радіохвиль;

аномальне поширення радіохвиль (внаслідок рефракції, через штучні хвильоводи тощо);

2) через неоднорідний стан земної атмосфери в реальному середовищі спостерігаються такі явища, які впливають на поширення радіохвиль:

гідрометеорне розсіювання і поглинання радіохвиль;

рефракція радіохвиль;

відбиття радіохвиль від об'єктів місцевості;

3) для оцінювання впливу тропосфери на поширення радіохвиль користуються експериментальними даними про фізико-хімічні властивості газів і парів води;

4) під час проходження радіохвилями нижніх шарів атмосфери з різною щільністю виникає явище атмосферної рефракції радіохвиль та викривлення траєкторії поширення радіохвиль у вертикальній площині, ступінь якого змінюється у часі через коливання атмосферного тиску, температури і вологості. Кількісною мірою заломлення радіохвиль є приведений коефіцієнт заломлення або індекс (градієнт) атмосферної рефракції N ;

5) для трас з дифракцією радіохвиль характерна наявність двох областей (зон) поширення:

освітленої зони (від передавача до об'єкта, що закриває трасу);
затіненої/напівзатіненої зони (за об'єктом у напрямку приймача);

6) у неоднорідному середовищі внаслідок випаровування води і насичення тропосфери її парами спостерігаються випадки утворення штучних атмосферних хвильоводів (переважно над водною поверхнею);

7) навіть у разі істотного поглинання радіохвиль діапазону від 10 ГГц до 60 ГГц у тропосфері існують “вікна радіопрозорості” – ділянки спектра, в яких поглинання в атмосферних газах є значно меншим порівняно із сусідніми смугами частот гігагерцового діапазону (для прикладу, на частоті близько 22,3 ГГц є пік поглинання, значення якого становить 0,2 дБ/км, тоді як у сусідній смузі частот від 30,5 ГГц до 40 ГГц його значення зменшується до 0,03 дБ/км).

У Рекомендації ITU-R P.1058 наведено перелік типових об'єктів, які можуть відбивати радіохвилі, та характеристики щодо їхньої відбиваючої здатності;

8) розсіяння радіохвиль у гідрометеорах (дощ, сніг, туман) може відбуватися у всіх напрямках, через що виникають радіозавади між станціями, для яких в нормальних умовах подібних радіозавад не спостерігається.

112. У розрахунках базових втрат лінії радіозв'язку для визначеного механізму поширення радіохвиль і траси відповідного типу використовуються положення таких Рекомендацій ITU-R:

у розрахунках базових втрат поширення радіохвиль у вільному просторі – положення Рекомендації ITU-R P.525;

у розрахунках базових втрат поширення радіохвиль на трасах прямої видимості – положення Рекомендації ITU-R P.530;

у розрахунках базових втрат поширення радіохвиль на трасах з дифракцією радіохвиль – положення Рекомендації ITU-R P.526.

113. Формули для розрахунку базових втрат лінії радіозв'язку, які характеризують різні механізми поширення радіохвиль на трасах відповідного типу, наведені у пункті 1 додатка 15 до цієї Методики.

Для прогнозування втрат поширення радіохвиль між джерелом і рецептором корисного сигналу використовуються графіки для 50 % часу і 50 % місць розташування. Під час прогнозування базових втрат поширення радіохвиль між джерелом і рецептором радіозавад використовуються графіки для 10 % часу і 50 % місць розташування.

114. Для отримання більш точних результатів прогнозування базових втрат лінії радіозв'язку між джерелом і рецептором радіозавади застосовуються положення Рекомендації ITU-R P.452.

Розрахунки базових втрат лінії радіозв'язку між джерелом і рецептором радіозавади, які відповідають положенням зазначеної Рекомендації, наведено у пункті 4 додатка 15 до цієї Методики.

115. Коефіцієнт частотної вибіркової приймача розраховується графічним або спрощеним методом.

Метод графічного розрахунку коефіцієнта частотної вибіркової приймача використовується тоді, коли відомі стандартизовані характеристики

спектральної маски випромінювання передавача і АЧХ вхідного фільтра приймача.

У розрахунках коефіцієнта частотної вибірконості приймача графічним методом використовуються положення, викладені у пункті 1 додатка 16 до цієї Методики.

Якщо характеристики спектральної маски випромінювання передавача і АЧХ вхідного фільтра приймача не відомі, коефіцієнт частотної вибірконості приймача розраховується спрощеним методом відповідно до пункту 2 додатка 16 до цієї Методики.

116. Значення XPD розраховується за формулою:

$$XPD = a_{\text{ант}(r)} - 10 \lg \left(1 + 10^{\frac{a_{\text{ант}(r)} - a_{\text{ант}(k)}}{10}} \right), \text{ дБ}, (13)$$

де: $a_{\text{ант}(r)}$ і $a_{\text{ант}(k)}$ – сумарне ослаблення сигналу в антенах з різною поляризацією, дБ;

індекси r і k визначають тип поляризації (Н – горизонтальна, V – вертикальна).

Замість розрахованого значення показника XPD можуть використовуватися такі експериментально отримані значення:

у разі горизонтальної поляризації антени рецептора радіозавади і вертикальної поляризації антени джерела радіозавади XPD дорівнює мінус 3 дБ (незалежно від величини коефіцієнта підсилення антени);

у разі горизонтальної антени рецептора радіозавади і кругової поляризації антени джерела радіозавади XPD дорівнює від мінус 16 дБ до мінус 20 дБ (залежно від величини коефіцієнта підсилення антени);

у разі вертикальної поляризації антени рецептора радіозавади і горизонтальної поляризації антени джерела радіозавади XPD дорівнює від мінус 16 дБ до мінус 20 дБ (залежно від величини коефіцієнта підсилення антени);

у разі вертикальної антени рецептора радіозавади і кругової поляризації антени джерела радіозавади XPD дорівнює мінус 3 дБ (незалежно від величини коефіцієнта підсилення антени);

у разі кругової поляризації антени рецептора радіозавади і горизонтальної поляризації антени джерела радіозавади XPD дорівнює мінус 3 дБ (незалежно від величини коефіцієнта підсилення антени);

у разі кругової поляризації антени рецептора радіозавади і вертикальної поляризації антени джерела радіозавади XPD дорівнює мінус 3 дБ (незалежно від величини коефіцієнта підсилення антени);

у разі кругової поляризації антени рецептора радіозавади і кругової поляризації антени джерела радіозавади XPD дорівнює мінус 16 дБ (у разі різного напрямку обертання вектора поляризації), у протилежному випадку – XPD = 0 дБ.

Урахування характеристик спрямованості антен у розрахунках ЕМС РО фіксованої служби

117. Властивості спрямованості антен, які використовують РО фіксованої служби, що працюють у діапазоні частот від 1 ГГц до 60 ГГц, визначаються відповідно до Рекомендації ІТУ-R F.1245.

118. Відповідно до Рекомендації ІТУ-R F.1245 для систем фіксованого зв'язку топології “точка – точка”, які працюють у смугах частот діапазону від 1 ГГц до 60 ГГц і використовують параболічні або рупорно-параболічні антени, ДСА описується так:

1) якщо відношення діаметра параболічної або рупорно-параболічної антени (D) до довжини хвилі (λ) перевищує 100 одиниць, діаграма спрямованості антени описується формулами:

$$G(\varphi) = G_{\max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2, \text{ якщо } 0 < \varphi < \varphi_m, \quad (14)$$

$$G(\varphi) = G_1, \text{ якщо } \varphi_m < \varphi < \max(\varphi_m, \varphi_r), \quad (15)$$

$$G(\varphi) = 29 - 25 \lg \varphi, \text{ якщо } \max(\varphi_m, \varphi_r) < \varphi < 48^\circ, \quad (16)$$

$$G(\varphi) = -13, \text{ якщо } 48^\circ < \varphi < 180^\circ, \quad (17)$$

де: $G_{\max}$ – коефіцієнт підсилення антени відносно ізотропного випромінювача, дБ;

φ – кут відхилення від напрямку максимального випромінювання, град;

$$G_1 = 2 + 15 \lg \left(\frac{D}{\lambda} \right), \quad (18)$$

коефіцієнт підсилення антени в напрямку орієнтації першої бічної пелюстки;

$$\varphi_m = \frac{20\lambda}{D} \sqrt{G_{\max} - G_1}, \quad (19)$$

$$\varphi_r = 12.02 \left(\frac{D}{\lambda} \right)^{-0.6}, \quad (20)$$

2) коли відношення діаметра параболічної або рупорно-параболічної антени (D) до довжини хвилі (λ) менше за 100 одиниць, діаграма спрямованості антени відповідно до Рекомендації ІТУ-R F.1245 може бути описана формулами:

$$G(\varphi) = G_{\max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2, \text{ якщо } 0 < \varphi < \varphi_m, \quad (21)$$

$$G(\varphi) = 39 - 5 \lg \left(\frac{D}{\lambda} \right) - 25 \lg \varphi, \text{ якщо } \varphi_m < \varphi < 48^\circ, \quad (22)$$

$$G(\varphi) = -3 - 5 \lg \left(\frac{D}{\lambda} \right), \text{ якщо } 48^\circ < \varphi < 180^\circ. \quad (23)$$

119. Для систем з топологією “точка – багато точок” (переважно систем розподільного типу), які використовують секторні антени, ДСА описується формулами:

$$G(\varphi) = G_0 - 12 \left(\frac{\theta}{\varphi_3} \right)^2, \text{ якщо } 0 < \theta < \varphi_3, \quad (24)$$

$$G(\varphi) = G_0 - 12 - 10 \lg \left(\frac{\theta}{\varphi_3} \right), \text{ якщо } \varphi_3 < \theta < 90^\circ, \quad (25)$$

$$G(\varphi) = -3 - 5 \lg \left(\frac{D}{\lambda} \right), \text{ якщо } 48^\circ < \varphi < 180^\circ, \quad (26)$$

де: G_0 – максимальне значення коефіцієнта підсилення антени в горизонтальній площині, дБ;

θ – кут випромінювання відносно горизонтальної площини, град;

$$\varphi_3 = \frac{1}{\alpha^2 - 0,818}, \quad (27)$$

$$\alpha = \frac{10^{0,1G_0} + 172,4}{191}. \quad (28)$$

120. Для визначення коефіцієнта підсилення антени в заданому напрямку використовуються такі дані:

діаграма спрямованості антени в горизонтальній площині;

діаграма спрямованості антени у вертикальній площині;

кут азимуту максимального випромінювання (прийому);

кут нахилу (кут місця) максимального випромінювання (прийому);

поляризація сигналу випромінювання (прийому).

121. Коефіцієнт підсилення антени в довільному напрямку (в напрямку точки спостереження) розраховується за формулою:

$$G(\theta, \varphi) = G_0 \times \sqrt{F(\theta)^2 + F(\varphi)^2}, \quad (29)$$

де: $G(\theta, \varphi)$ – коефіцієнт підсилення антени в напрямку точки спостереження;

G_0 – коефіцієнт підсилення антени в напрямку максимального випромінювання;

$F(\varphi)$ – нормоване значення діаграми спрямованості антени у горизонтальній площині в напрямку точки спостереження;

$F(\theta)$ – нормоване значення діаграми спрямованості антени у вертикальній площині в напрямку точки спостереження;

φ – горизонтальний кут діаграми спрямованості антени для заданої точки спостереження;

θ – вертикальний кут діаграми спрямованості антени для заданої точки спостереження.

122. Розрахунок горизонтального φ та вертикального θ кутів ДСА для заданої точки спостереження проводиться з урахуванням характеристик місця розташування (координат точки встановлення) антен відповідно до схем розрахунку горизонтального та вертикального кутів ДСА для заданої точки спостереження, викладених у додатку 17 до цієї Методики. У розрахунках враховується, що антени передавача і приймача можуть бути встановлені на неоднорідній місцевості.

Під час визначення горизонтального кута ДСА (φ) для заданої точки спостереження використовуються такі дані:

напрямок “північ”;

азимут максимального випромінювання;

напрямок випромінювання, для якого виконують обчислення.

Під час визначення вертикального кута ДСА (θ) для заданої точки спостереження використовуються такі дані:

висота антен над рівнем моря;

висота підйому антен у точках А і В;

відстань між проекціями точок А і В на лінії рівня “моря”;

кут місця головної пелюстки ДСА;

кут місця у напрямку А – В.

123. Для слабо спрямованих антен ($G < 10$ дБ), що мають спрямованість, відмінну від спрямованості півхвильового вібратора, ширина ДСА якого у вертикальній площині становить 84° , а у горизонтальній площині 40° , коефіцієнт підсилення антени визначається порівнянням ширини пелюсток ДСА антени, яка задіяна у розрахунках, і ширини ДСА цього півхвильового вібратора.

124. Коефіцієнт підсилення середньоспрямованої антени ($10 \text{ дБ} < G < 25 \text{ дБ}$) розраховується за формулою:

$$G \approx \frac{30 \cdot 10^3}{2\theta_{0,5\rho} \cdot 2\varphi_{0,5\rho}}, \quad (30)$$

де: $\theta_{0,5\rho}$ – ширина ДСА у вертикальній площині, град.;

$\varphi_{0,5\rho}$ – ширина ДСА у горизонтальній площині, град.

Отримане значення виражається у логарифмічних одиницях.

125. Для визначення коефіцієнта підсилення панельної антени (антенної решітки) використовуються характеристики діаграми спрямованості і параметри антени, яка побудована на основі плоскої прямокутної синфазної лінійної решітки.

Коефіцієнт підсилення антенної решітки розраховується за формулою:

$$G = 20 \cdot \lg(m \cdot n \cdot (1 - \cos kl)) \text{ , дБ}, \quad (31)$$

де: $k = 2\pi/\lambda$;

λ – довжина хвилі (м);

m – кількість рядків на антенній решітці;

n – кількість вібраторів у рядку;

l – довжина плеча вібратора (м).

Нормовані діаграми антенних решіток у горизонтальній та вертикальній площинах визначаються як добуток діаграми спрямованості вібратора або елементарного випромінювача та множника системи.

Визначення величини захисного відношення приймача

126. Значення захисного відношення визначають у логарифмічних одиницях.

127. Під час оцінки ЕМС РО використовуються значення захисного відношення по частоті $A(\Delta f)$ для конкретного сценарію створення взаємних радіозавад РО.

128. Захисні відношення $A_{\text{доп}}$ визначають аналітичним або експериментальним шляхом.

129. Для визначення захисних відношень для РО фіксованої служби використовуються положення, викладені в Рекомендаціях ITU-R F.240 та ITU-R F.758.

130. Для окремих типів цифрових РО фіксованої служби значення захисного відношення можуть змінюватися в широкому діапазоні і визначаються відповідно до положень конкретного стандарту, враховуючи застосовувані види модуляції, завадостійкого кодування тощо.

131. Експериментальне визначення величини захисного відношення проводиться вимірюванням мінімально допустимого рівня корисного радіосигналу і максимально допустимого рівня радіозавади на вході радіоприймача за умови забезпечення необхідної якості функціонування РО.

Узагальнена схема експериментальної установки для визначення величини захисного відношення приймача наведено у додатку 18 до цієї Методики.

132. Під час визначення захисних відношень і умов ЕМС РО враховується специфіка впливу на основний канал прийому позаканальних радіозавад і радіозавад, які попадають в основний канал. Вплив позаканальних радіозавад зазвичай слабший внаслідок фільтрації у підсилювачах проміжної частоти приймача.

133. Якщо несуча частота сигналу радіозавади не збігається із частотою прийому корисного сигналу (позаканальні радіозавади), значення захисного відношення зменшується на величину коефіцієнта частотної вибіркості приймача. У цьому випадку в розрахунках загальних втрат у лінії радіозв'язку між джерелом і рецептором радіозавади за формулою, наведеною у пункті 108 цього розділу, коефіцієнт частотної вибіркості FDR не враховується.

V. Проведення розрахунків ЕМС для присвоєння радіочастот РО супутникових служб радіозв'язку

Принципи координації супутникових мереж у позапланових смугах радіочастот

134. Перевантаженість орбітального ресурсу, у тому числі й у позапланових смугах радіочастот, не дає можливості запуску на орбіту супутників і введення в дію радіочастот на космічних станціях, розташованих на цих супутниках, без попереднього проведення координації супутникових мереж (у яких супутники вводять в експлуатацію) з іншими Адміністраціями зв'язку з метою досягнення необхідних умов ЕМС.

135. Координація супутникових мереж у позапланових смугах радіочастот проводиться відповідно до додатка 8 до РР “Методи визначення необхідності координації між геостаціонарними супутниковими мережами, які спільно використовують ті самі смуги частот” (далі – додаток 8 до РР), та інших положеннях РР щодо координації супутникових служб. У додатку 19 до цієї Методики наведено основні етапи розрахунку ЕМС, визначені у додатку 8 до РР. Крім того, враховуються нормативні документи ІТУ-Р, що визначають норми для радіозавод та описують Методики розрахунку ЕМС у позапланових смугах радіочастот, у тому числі Резолюції та Рекомендації ІТУ-Р щодо координації з метою досягнення необхідних умов ЕМС та запобігання виникненню радіозавод.

Принципи частотно-орбітального планування, координації та реєстрації супутникових мереж у планових смугах радіочастот

136. Основним міжнародним документом, що регламентує використання планових і позапланових смуг радіочастот космічними службами, є стаття 5 РР “Розподіл радіочастот”, у якій наведена таблиця розподілу частот для всіх радіослужб за принципом їх розділення за Районами МСЕ (Україна розташована у Районі 1 МСЕ).

137. З метою гарантування всім державам-членам МСЕ рівного доступу до радіочастотного спектра РМСС МСЕ розроблено та ухвалено:

1) радіочастотний План радіомовної супутникової служби (далі – План РМСС) (додаток 30 до РР “Положення для всіх служб і пов’язані з ними Плани та Список для радіомовної супутникової служби у смугах радіочастот від 11,7 ГГц до 12,2 ГГц (у Районі 3), від 11,7 ГГц до 12,5 ГГц (у Районі 1) і 12,2 ГГц до 12,7 ГГц (у Районі 2))” (далі – додаток 30 до РР);

2) План для фідерних ліній радіомовної супутникової служби (додаток 30 А до РР “Положення служб і пов’язані з ними Плани та Список для фідерних ліній радіомовної супутникової служби (від 11,7 ГГц до 12,5 ГГц у Районі 1, від 12,2 ГГц до 12,7 ГГц у Районі 2 і від 11,7 ГГц до 12,2 ГГц у Районі 3) в смугах радіочастот від 14,5 ГГц до 14,8 ГГц і від 17,3 ГГц до 18,1 ГГц у Районах 1 і 3 та від 17,3 ГГц до 17,8 ГГц у Районі 2” (далі – додаток 30А до РР)).

План РМСС для Району 1 МСЕ, до якого входить Україна (смуга радіочастот від 11,7 ГГц до 12,5 ГГц на лінії “космос-Земля”), та План фідерних

ліній радіомовної супутникової служби, у тому самому Районі 1 МСЕ (для України – смуга радіочастот від 17,3 ГГц до 18,1 ГГц на лінії “Земля-космос”) забезпечують для покриття національних територій країн та організації фідерних ліній по 10 частотних каналів із шириною смуги 27 МГц в обох напрямках для кожного національного виділення. Для України виділена орбітальна позиція 38,2° східної довготи (національне виділення UKR06300, яке у межах національної території України має статус РЧР України та може бути реалізовано Україною без проведення процедури координації).

138. Для ФСС у МСЕ розроблено та ухвалено Положення та пов’язаний з ним План фіксованої супутникової служби (далі – План ФСС) (додаток 30В до РР “Положення і пов’язаний з ними План для фіксованої супутникової служби у смугах радіочастот від 4500 МГц до 4800 МГц, від 6725 МГц до 7025 МГц, від 10,70 ГГц до 10,95 ГГц, від 11,20 ГГц до 11,45 ГГц і від 12,75 ГГц до 13,25 ГГц”) (далі – додаток 30В до РР).

Положення додатка 30В до РР застосовують до ФСС у смугах радіочастот:
 від 4500 до 4800 МГц (лінія “космос-Земля”);
 від 10,7 до 10,95 ГГц (лінія “космос-Земля”);
 від 11,20 до 11,45 ГГц (лінія “космос-Земля”);
 від 6725 до 7025 МГц (лінія “Земля-космос”);
 від 12,75 до 13,25 ГГц (лінія “Земля-космос”).

План ФСС містить методику розрахунку ЕМС під час проведення координації національних виділень та частотних присвоєнь супутникових мереж, які заявлені у смугах радіочастот Плану ФСС, для поодиноких та сумарних радіозавад на основі критерію “несуча корисного сигналу/завада” (С/І), а також методику розрахунку значень “відношення/несуча корисного сигналу/шум” (С/Н).

Порядок розрахунку параметрів ЕМС земних станцій із земними станціями та наземними службами інших держав у суміщених смугах радіочастот

139. Будь-яка держава-член МСЕ (Україна в їхньому числі) реалізує процес введення в експлуатацію земних станцій, коли супутникові мережі скоординовані та зареєстровані у МДРЧ. З точки зору планованого географічного розташування земних станцій вони можуть створювати радіозавади наземним службам та земним станціям на території інших (як правило, сусідніх) держав, що потребує у цьому разі проведення окремої координації на основі положень додатка 7 до РР “Методи визначення координаційної зони навколо наземної станції у смугах частот між 100 МГц і 105 ГГц” (далі – додаток 7 до РР). Крім того, положення додатка 7 до РР можуть використовувати країни для оцінки ЕМС між передавальними земними станціями та іншими земними станціями і наземними службами у межах своїх національних територій (на етапі виконання завдань планування внутрішнього розміщення земних станцій космічних служб).

Ця Методика дозволяє проводити координацію земних станцій у разі такої потреби. Методика базується на тому, що в ній визначають відстань навколо земної станції в усіх азимутальних напрямках, за межами якої прогнозовані втрати на трасі можуть перевищувати визначене значення протягом усього часу, крім певного відсотка часу, коли таке перевищення дозволене. Така відстань має назву координаційної відстані та є основним параметром для подальшого обчислення координаційного контура (коли враховують координаційну відстань у всіх азимутальних напрямках).

Через координаційний контур визначають координаційну зону, яка не може перевищувати розміри координаційного контура та географічно входить до його складу. Координаційна зона є ключовим поняттям для розрахунку ЕМС земних станцій відповідно до положень додатка 7 до РР (у додатках 20 та 21 до цієї Методики наведено основні етапи розрахунку ЕМС, визначені у додатку 7 до РР).

У межах координаційної зони необхідне проведення детальної оцінки можливих радіозавад з метою визначення, чи буде скоординована земна станція, що спільно використовує однакову смугу радіочастот із іншими земними станціями або наземними службами, завдавати їм неприпустимих радіозавад.

140. Рівень радіозавад від земних станцій залежить від втрат передавання на трасі розповсюдження радіохвиль. Крім того, враховують такі чинники, як довжина і загальна геометрія траси розповсюдження, властивості діаграми спрямованості антени, кліматичні умови і відсоток часу, протягом якого може бути перевищено рівень втрат під час передавання. Такий механізм виникнення радіозавад у точці прийому дозволить визначити відстань для всіх азимутальних значень від земної станції, за межами якої втрати передавання, як очікується, будуть перевищувати заданий допустимий рівень протягом усього часу. Вважають, що імовірність створення значних радіозавад роботі наземних (або земних) станцій, розташованих поза межами координаційної зони, дуже мала. Разом з координаційним контуром розраховують допоміжні контури, які визначають для менш несприятливих припущень порівняно з тими, які були обрані для визначення координаційного контура.

Якщо земна станція призначена для передавання сигналів різних класів випромінювання, для визначення координаційного контура використовуються ті параметри земної станції, що дають найбільші координаційні відстані у кожній розподіленій смузі радіочастот, яку земна станція, яку координують, буде використовувати разом з наземними службами та/або іншими земними станціями.

Рекомендації щодо визначення координаційних контурів наведено у додатку 7 до РР.

141. Цю Методику розрахунку умов ЕМС між земними станціями та РО наземних служб та іншими земними станціями застосовують для вирішення завдань координації частотних присвоєнь земним станціям.

Усі моделі взаємодії земних станцій і станцій наземних служб наведені в Рекомендації ITU-R SM.1448 і додатка 7 до РР та базуються на тому, що координації підлягають:

земні станції, які працюють у напрямку геостаціонарних космічних станцій;

земні станції, які працюють у напрямку НГСО космічних станцій;

земні станції, які працюють у напрямку як ГСО, так і НГСО космічних станцій;

земні станції, які працюють у смузі радіочастот для двостороннього передавання;

земні станції радіомовної супутникової служби;

рухомі земні станції (крім повітряних рухомих станцій);

повітряні рухомі земні станції та інші земні станції.

Таблиця 1 додатка 7 до РР визначає, для яких моделей взаємодії які методи розрахунку координатної зони використовують на підставі додатка 7 до РР.

142. Основні механізми розповсюдження радіосигналів, на яких побудовані розрахунки ЕМС під час координації земних станцій:

дифракція – за межами прямої видимості в нормальних умовах має значний вплив, коли досить великі рівні сигналів, що приймаються;

тропосферне розсіювання – визначає рівень “фонових радіозавад” для трас довжиною близько 100км, коли дифракційне поле стає дуже слабким;

явище поверхневого “хвильоводу” – найбільш важливий механізм короткострокових радіозавад над водою і плоскими прибережними зонами;

явище відбиття від піднесеного шару і рефракція – може бути істотним на дуже великих відстанях (до 300 км);

рефракція радіохвиль – це явище викривлення траєкторії поширення радіохвиль, що проходять через області з різною щільністю середовища (різними показниками заломлення);

розсіювання на гідрометеорах – може бути джерелом можливих радіозавад між передавачами наземної лінії і приймачем земної станції;

Основні труднощі у прогнозуванні радіозавад (притаманні фактично всім процедурам прогнозування тропосферного розповсюдження) пов’язані з труднощами розробки практичних методів, які охоплюють широкий діапазон відстаней і значень відсотків часу.

У періоди зміни метеорологічних умов можуть виникати ситуації, коли сигнал існує протягом великого відсотка часу що є наслідком впливу багатьох механізмів. Розрахунок втрат на трасі розповсюдження передбачає роздільне прогнозування рівнів радіозавад, призведених різними механізмами розповсюдження до точки на трасі, у якій їх можна об’єднати в загальний прогноз.

Втрати передавання в розповсюдженні сигналу, що можуть створювати неприпустимі радіозавади, варто оцінювати для двох прийнятих механізмів розповсюдження радіохвиль:

загасання сигналу, що може створювати неприпустимі радіозавади, у тропосферному розповсюдженні по трасах, близьких до дуги великого кола, а саме втрати за рахунок тропосферного розсіювання, за рахунок явища поверхневого хвильоводу, явища відбиття/рефракції, екранування і поглинання в газах, вид (1);

загасання сигналу радіозавади за рахунок розсіювання на гідрометеорах, вид (2).

143. Щодо визначення короткостроковості та довгостроковості радіозавад, то визначення координатної відстані базується на припущенні, що ослаблення сигналу земної станції, яка може створювати неприйнятні радіозавади, є монотонно зростаючою функцією відстані. Загасання, необхідне для обмеження рівня радіозавад між передавальною наземною або земною станцією і приймальною наземною чи земною станцією до допустимого значення потужності радіозавади протягом $p\%$ часу, визначають “мінімально необхідними втратами”, які повинні дорівнювати або перевищувати прогнозовані втрати на трасі для всього часу, крім $p\%$ часу (якщо значення p складає невеликий відсоток часу в діапазоні 0,001 % - 1,0 %, то радіозавади розглядають як короткочасні, якщо значення $p \geq 20\%$, то радіозавади розглядають як довгострокові).

При цьому ослаблення, яке необхідно забезпечити між передавачем, який може створювати неприйнятну радіозаваду, і приймачем, який зазнає впливу такої радіозавади, визначають за мінімально допустимими втратами передавання, дБ, протягом $p\%$ часу. Ця величина повинна перевищувати прогнозовані втрати передавання в $(100-p)\%$ часу.

**Директор директорату
електронних комунікацій
та радіочастотного спектра**

Станіслав ПРИБИТЬКО