

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Адміністрації Державної
служби спеціального зв'язку
та захисту інформації України
26 жовтня 2021 року № 635

МЕТОДИКА

розрахунку електромагнітної сумісності для присвоєння радіочастот
радіоелектронним засобам супутникових служб радіозв'язку

I. Загальні положення

1. Методику розрахунку електромагнітної сумісності для присвоєння радіочастот радіоелектронним засобам супутникових служб радіозв'язку (далі – Методика) розроблено відповідно до частини першої статті 41 Закону України “Про радіочастотний ресурс України”.

2. Ця Методика встановлює порядок проведення розрахунків умов електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів (далі – РЕЗ) супутникових служб радіозв'язку у смугах радіочастот загального користування.

II. Терміни та визначення понять

Нижче подано терміни та визначення позначених ними понять, вжиті у цій Методиці:

еквівалентна шумова температура супутникової лінії – шумова температура на виході приймальної антени земної станції, яка відповідає потужності радіочастотного шуму, що створює сумарний шум на виході супутникової лінії, за винятком шуму, створюваного радіозавадами від супутникових ліній, які використовують інші супутники, і шуму від наземних систем;

зона обслуговування космічної станції – зона на поверхні Землі, яка є частиною зони покриття космічної станції, у межах якої відповідальна за супутникову мережу або систему Адміністрація зв'язку України має право вимагати забезпечення погоджених умов захисту;

контур ефективного підсилення антени (керованого супутникового променю) – обвідна лінія контурів підсилення антени, що є результатом переміщення точки прицілювання керованого супутникового променя в межах ефективної зони прицілювання;

координатійна 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, розподіленій у двох напрямках, за

межами якої рівень допустимих завад не буде перевищено і, таким чином, проведення координат 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, розподілених в двох напрямках, за межами якого рівень допустимих завад не буде перевищено і, таким чином, проведення координат 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 система радіозв'язку – будь-яка група земних станцій або космічних станцій, які використовують космічний радіозв'язок з певною метою;

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

Міжнародний інформаційний циркуляр частот (супутникові служби) (далі – МІЦЧ) – інформаційний документ МСЕ, в якому згідно з положеннями Регламенту радіозв'язку один раз на два тижні оприлюднюють інформацію про супутникові мережі держав-членів МСЕ на різних етапах їх реєстрації у Міжнародному довідковому реєстрі частот (попередні публікації, запити на координат супутникових мереж тощо);

Міжнародний довідковий реєстр частот (далі – 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;

міжнародна координат частотних присвоєнь – процедура досягнення декількома Адміністраціями зв'язку угоди про порядок сумісного використання радіочастотного ресурсу;

необхідна ширина смуги — ширина смуги радіочастот, за певних умов достатня для цього класу випромінювання для забезпечення передавання повідомлень з необхідною швидкістю і якістю;

норми частотно-територіального рознесення – відстані між антенами різних РЕЗ з фіксованим рознесенням між їхніми центральними радіочастотами в смугах випромінювання, дотримання яких забезпечує взаємну роботу РЕЗ за умов відсутності радіозавад;

радіомовна супутникова служба – служба радіозв'язку, в якій сигнали, передані чи ретрансльовані космічними станціями, призначені для безпосереднього прийому населенням;

ретранслятор (у супутниковому радіозв'язку) – обладнання, яке є складовою частиною космічної станції і прийняті сигнали передає після посилення та деякої заданої обробки;

супутник, що відбиває, – супутник, призначений для відбиття сигналів радіозв'язку;

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

супутникова мережа – супутникова система або частина супутникової системи, що складається тільки з одного супутника і діючих разом з ним земних станцій;

супутникова лінія – радіолінія між передавальною земною станцією і приймальною земною станцією, яка утворена за допомогою одного супутника. Супутникова лінія містить у собі одну лінію “Земля-космос” (лінія вгору) і одну лінію “космос-Земля” (лінія вниз);

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

ширина займаної смуги – ширина такої смуги радіочастот, за нижньою і верхньою межами якої кожна середня випромінювана потужність дорівнює визначеному відсотку $\beta/2$ усієї середньої потужності цього випромінювання (якщо в Рекомендації ITU-R не вказане інше для відповідного класу випромінювання, значення $\beta/2$ варто брати рівним 0,5 %).

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

III. Скорочення та позначки

Нижче подано позначки та скорочення, вжиті у цій Методиці:

ГСО	– геостаціонарна орбіта;
ДСА	– діаграма спрямованості антени;
ЕМО	– електромагнітне оточення;
ЕМС	– електромагнітна сумісність;
МСЕ	– Міжнародний союз електрозв'язку;
НГСО	– негеостаціонарна орбіта;
РЕЗ	– радіоелектронний засіб;
РМСС	– радіомовна супутникова служба;
РР	– Регламент радіозв'язку;
РЧР	– радіочастотний ресурс;
ФСС	– фіксована супутникова служба;
ITU-R	– Сектор радіозв'язку.

IV. Принципи координації супутникових мереж у позапланових смугах радіочастот

1. 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 (далі – АЗ) з метою досягнення необхідних умов ЕМС.

2. 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 1 до цієї Методики наведено основні етапи розрахунку ЕМС, визначені у додатку 8 до РР. Крім того, враховуються нормативні документи ІТУ-R, що визначають норми для радіозавад та описують методики розрахунку ЕМС у позапланових смугах радіочастот, у тому числі Резолюції та Рекомендації ІТУ-R щодо координації з метою досягнення необхідних умов ЕМС та запобігання виникненню радіозавад.

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

1. 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 МСЄ (Україна розташована у Районі 1 МСЄ).

2. З метою гарантування всім державам-членам МСЄ рівного доступу до радіочастотного спектра РМСС МСЄ розроблено та ухвалено 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) і пов’язаний з ним План для фідерних ліній радіомовної супутникової служби (додаток 30А 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).

3. 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 4 500 МГц до 4800 МГц, від 6 725 МГц до 7 025 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 4 500 до 4 800 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 6 725 до 7 025 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 завад на основі критерію “несуча корисного сигналу/завада” (С/І), а також методику розрахунку значень “відношення/несуча корисного сигналу/шум” (С/Ν).

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

1. 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 2 та 3 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.

2. 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.

3. Цю Методику розрахунку умов ЕМС між земними станціями та РЕЗ 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 координаційної зони використовують на підставі додатка 7 до РР.

4. 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 завад” для трас довжиною близько 100 км, коли дифракційне поле стає дуже слабким;

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

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

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 хвилеводу, явища відбиття/рефракції, екранування і поглинання в газах, вид (1);

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

5. 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 завади 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 завади 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 Департаменту
розвитку електронних комунікацій
Адміністрації Держспецзв’язку

Василь МЕКЕНЧЕНКО