

**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра охорони праці, промислової та цивільної безпеки**

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 (РТФ, ІТС)

з дисципліни «Охорона праці та цивільний захист»

Тема роботи:

**«Визначення санітарно-захисних зон
радіотехнічних об'єктів (РТО)»**

Укладач: канд. техн. наук, доцент Каштанов Сергій Федорович
Затверджено на засіданні кафедри ОПЦБ протокол № 1 від 30.08.2018 р.

Теоретичні положення

Державний облік і реєстрація РТО

Контроль за дотриманням гранично допустимих рівнів ЕМП здійснюється спеціалістами установ санітарно-епідеміологічної служби МОЗ України на стадії проектування, реконструкції і експлуатації РТО.

Державний облік і реєстрацію РТО, які є джерелами електромагнітних випромінювань, здійснюють санітарно-епідеміологічні станції.

Обліку і реєстрації підлягають всі РТО, які випромінюють електромагнітну енергію в навколишнє середовище.

Розділ проекту РТО "Заходи по охороні навколишнього середовища" повинен містити результати розрахунку меж санітарно-захисної зони, зони обмеження забудови, а також вихідні дані, використані при виконанні цих розрахунків.

Розрахунок рівнів ЕМП слід проводити в межах, які охоплюють висоти існуючої і проекрованої забудови з урахуванням рельєфу місцевості.

При наявності кількох джерел випромінювання, в тому числі тих, що працюють в різних радіочастотних діапазонах, рівень ЕМП, що створюються всіма джерелами на межі санітарно-захисної зони, повинен відповідати наступній вимозі:

$$\frac{E_1}{E_{ГДР1}} + \frac{E_2}{E_{ГДР2}} + \dots + \frac{E_n}{E_{ГДРn}} + \frac{ГПЕ_1}{ГПЕ_{ГДР1}} + \frac{ГПЕ_2}{ГПЕ_{ГДР2}} + \dots + \frac{ГПЕ_n}{ГПЕ_{ГДРn}} = 1$$

де: E_n - напруженість електричної складової ЕМП, створеного 1-м, 2-м, ..., n-м джерелом у діапазоні частот $30 \text{ кГц} < f < 300 \text{ МГц}$;

$E_{ГДРn}$ - гранично допустимий рівень напруженості електричної складової ЕМП для 1-го, 2-го ... n-го джерела у діапазоні частот $30 \text{ кГц} < f < 300 \text{ МГц}$;

$ГПЕ_n$ - густина потоку енергії ЕМП, створеного 1-м, 2-м, ..., n-м джерелом у діапазоні частот $300 \text{ МГц} < f < 300 \text{ ГГц}$;

$ГПЕ_{ГДРn}$ - гранично допустимий рівень густини потоку енергії ЕМП для 1-го, 2-го.. n-го джерела, що працює у діапазоні частот $300 \text{ МГц} < f < 300 \text{ ГГц}$;

На території, призначеній для забудови, значення повинні бути меншими, а в межах санітарно-захисної зони - більшими за одиницю.

При проектуванні житлової забудови або окремих житлових будинків у місцях розташування РТО контроль за дотриманням нормативних величин на території проєктованого будівництва здійснюється з допомогою розрахункового та інструментального методів визначення рівнів ЕМП. за методиками, затвердженими МОЗ України.

При проектуванні житлової забудови або окремих житлових будинків у місцях розташування РТО контроль за дотриманням нормативних величин на території проєктованого будівництва здійснюється з допомогою розрахункового та інструментального методів визначення рівнів ЕМП. за методиками, затвердженими МОЗ України.

Санітарні паспорти РТО.

Згідно вимог ДСНіП №239-96 „Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань”, кожен РТО, який випромінює в навколишнє середовище електромагнітну енергію, повинен мати санітарний паспорт, що містить такі дані:

- найменування;
- адресу;
- рік введення в експлуатацію;
- відомості про реконструкцію;
- ситуаційний план з позначенням меж санітарно-захисної зони і зони обмеження забудови;
- потужність кожного передавача і їх кількість;
- місця розміщення антен і напрямки їх випромінювання;
- коефіцієнт підсилення антени;
- висоту розташування фазового центру кожної антени;
кут напрямку максимального випромінювання кожної антени
- (нижнього променя);
- робочі частоти (діапазон частот);
- тип модуляції;
- коефіцієнт втрат у антенно-фідерному тракті на передачу;
- діаграми спрямованості антен в горизонтальній та вертикальній площинах;
- час і режим роботи на випромінювання;
- матеріали розрахунків розподілу рівнів ЕМП на території, яка прилягає до РТО;
- результати вимірювань рівнів ЕМП із зазначенням використаних вимірювальних приладів (тип, номер приладу, дата держперевірки);
- висновки спеціаліста санітарно-епідеміологічної служби за результатами обстеження об'єкта;
- рекомендації щодо нормалізації електромагнітної обстановки (при необхідності);

- результати використання приписів санітарно-епідеміологічної служби;
- дата обстеження.

Для реєстрації результатів поточного санітарного нагляду можна використовувати журнал-додаток до санітарного паспорта, в якому слід вказувати:

- назву об'єкта і його адресу;
- дату державного обліку об'єкта;
- ситуаційний план із позначенням меж санітарно-захисної зони і зони обмеження забудови;
- результати контролю рівнів ЕМП і висновки спеціаліста санітарно-епідеміологічної служби;
- результати виконання приписів;
- дату проведення контролю та інші необхідні відомості.

Санітарний паспорт складається по замовленню адміністрації РТО установами санітарно-епідеміологічної служби, що пройшли атестацію по фізичним факторам у Комітеті з питань гігієнічного регламентування МОЗ України, підписується адміністрацію РТО та представниками санітарно-епідеміологічної служби. Паспорт і журнал додаток зберігаються на об'єкті і пред'являються спеціалістам санітарно-епідеміологічної служби за приписом у встановленому порядку.

Термін дії паспорта встановлюється 5 років. При реконструкції РТО, та при інших змінах, що можуть впливати на зміну електромагнітної обстановки, санітарний паспорт переоформлюється достроково.

Адміністрація РТО у встановленому порядку на стадії проектування нового об'єкта або його реконструкції повинна надавати архітектурно-планувальному управлінню області або міста погоджений з санітарно-епідеміологічною службою області або міста витяг із санітарного паспорта у вигляді ситуаційного плану з позначенням меж санітарно-захисної зони і зони обмеження забудови з відповідною пояснювальною запискою.

Вимірювання рівнів ЕМП, розрахунок санітарно-захисних зон і зон обмеження забудови повинні провадитись за методиками, затвердженими МОЗ України (або МОЗ СРСР, тимчасово, до їх перевидання в Україні).

Особливості нормування ЕМП радіочастотного діапазону для населення.

Для населення ГДР ЕМП радіочастотного діапазону та промислової частоти нормуються відповідно до вимог ДСНіП №239-96 „Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань”.

Гранично допустимі рівні ЕМП ($E_{гд}$, В/м) для населення в діапазоні частот $30 \text{ кГц} < f < 300 \text{ МГц}$ (крім телебачення) представлені в таблиці 1.

Гранично допустимі рівні ЕМП ($E_{гд}$, В/м) які створюються телевізійними радіостанціями в діапазоні частот від 48 до 1000 МГц, визначаються за формулою:

$$E_{гд} = 21f^{-0,37}; \quad (1)$$

де: f (МГц) - частота телевізійного каналу.

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів для населення в діапазоні частот $300 \text{ МГц} < f < 300 \text{ ГГц}$, а саме гранично допустимий рівень густини потоку енергії (ГПЕ) не повинен перевищувати $2,5 \text{ мкВт/см}^2$.

$$\text{ГПЕ}_{\text{ГДР}} = 2,5 \text{ мкВт/см}^2 \quad (1-1)$$

Таблиця 1. Гранично допустимі рівні електромагнітних полів для населення (крім телебачення, згідно з ДСНіП №239-96)

Діапазон частот	Діапазон довжин хвиль	ГДР(Е _{ГДР})
30 ...300 кГц	10...1 км	25 В/м
0,3 ...3 МГц	1...0,1 км	15 В/м
3 ... 30 МГц	100...10м	$3 \lg \lambda$., В/м*
30 ... 300 МГц	10...1 м	3В/м

*Примітка: λ (м)- довжина хвилі.

Методика попереднього розрахунку інтенсивності ЕМП

Методика попереднього розрахунку інтенсивності опромінювання залежить від типу випромінювача та від того, в якій зоні випромінювача (ближній, проміжній, дальній) знаходиться розрахункова точка.

Спочатку визначають межі зон випромінювача ЕМП.

Для ізотропних випромінювачів: ближня зона (зона індукції) випромінювача знаходиться від нього на відстані

$$r_{\text{б.з.}} \leq \frac{\lambda}{2\pi}; \quad (2)$$

проміжна зона «Френеля» знаходиться в межах

$$\frac{\lambda}{\pi} \geq r_{\text{з.ф}} \geq \frac{\lambda}{2\pi}; \quad (3)$$

дальня зона знаходиться від випромінювача на відстані

$$r_{\text{д.з.}} \geq \frac{\lambda}{\pi} \text{ (на практиці приймається } r_{\text{д.з.}} \geq \lambda \text{)}. \quad (4)$$

Для параболічних круглих спрямованих випромінюючих антен

$$r_{\text{б.з.}} \leq \frac{D^2}{4\lambda}; r_{\text{д.з.}} \geq \frac{D^2}{\lambda}, \quad (5)$$

де: D - максимальний розмір (діаметр) розкриву антени.

Для інших типів спрямованих випромінюючих антен

$$r_{\text{б.з.}} \leq \frac{L_1 \cdot L_2}{4\lambda}; r_{\text{д.з.}} \geq \frac{L_1 \cdot L_2}{\lambda}, \quad (6)$$

де: L_1 і L_2 - максимальні розміри розкриву антени.

Далі визначають, в якій зоні знаходиться розрахункова точка і для даної зони розраховується напруженість електричної складової ЕМП (Е, В/м) або густина потоку енергії ЕМП (ГПЕ, Вт/м²) в залежності від частотного діапазону роботи випромінювача.

Якщо визначається інтенсивність ЕМП у діапазоні частот $30 \text{ кГц} < f < 300 \text{ МГц}$, у якому нормується напруженість E , то без урахування спотворення поля поблизу розрахункової точки від сторонніх предметів:

- напруженість E для ближньої зони лінійного ізотропного випромінювача може бути визначена за наступною формулою:

$$E_{bl} = I \cdot l / (2\pi \cdot \omega \cdot \varepsilon \cdot r^3); \quad (7)$$

де: I - сила струму в провіднику (антені), А;

l - довжина провідника (антени), м;

ω - кругова частота поля, ($\omega = 2\pi f$);

ε - діелектрична проникність середовища, Ф/м;

$\varepsilon = \varepsilon_R \cdot \varepsilon_0$;

ε_R - відносна діелектрична проникність середовища (для повітря $\varepsilon_R = 1$);

ε_0 - діелектрична проникність вакууму, $1/(36 \cdot \pi) \cdot 10^{-9}$ Ф/м;

r - відстань від джерела випромінювання до розрахункової точки, м;

- напруженість E для дальньої зони ізотропного або спрямованого випромінювача може бути визначена за формулою:

$$E_d = \sqrt{30 \cdot P \cdot G} / r \quad (8)$$

де: P - потужність випромінювання; Вт;

G - коефіцієнт підсилення антени (для ізотропного випромінювача $G=1$);

r - відстань від джерела випромінювання до розрахункової точки, м.

Якщо визначається інтенсивність ЕМП у діапазоні частот $300 \text{ МГц} < f < 300 \text{ ГГц}$, у який нормується ГПЕ, то для ізотропних та направлених випромінювачів, без урахування спотворення поля поблизу розрахункової точки від сторонніх предметів і впливу землі, можуть бути використані наступні формули:

для ближньої зони - (спрямований випромінювач)

$$ГПЕ_{bl} = 3 \cdot P / S; \quad (9)$$

для проміжної зони Френеля) – (спрямований випромінювач)

$$ГПЕ_{з.ф.} = 3P / S(r_{bl} / r^2); \quad (10)$$

для дальньої зони - (спрямований або ізотропний випромінювач)

$$ГПЕ_d = P G / (4 \pi r^2 L_z); \quad (11)$$

де: P - потужність випромінювання; Вт (у разі імпульсного режиму випромінювання використовується середня потужність випромінювання $P_{сер}$, Вт, яка визначається за наступною формулою

$$P_{сер} = P_{им} \cdot \tau / T, \quad (12)$$

де $P_{им}$ - потужність випромінювання в імпульсі, Вт);

τ - тривалість імпульсу, с;
 T - період повторення імпульсів, с;
 S - площа випромінювання антени, м²;
 r - відстань від джерела випромінювання до розрахункової точки, м;
 G - коефіцієнт підсилення антени (для ізотропних випромінювачів $G=1$);
 L_z - затухання (послаблення) ЕМП на шляху його розповсюдження.

Реальне середовище, у котрому можливо опромінення людей ЕМП, завжди відмінно від вільного повітряного простору і в першу чергу тим, що на деяких кінцевих відстанях від випромінюючої антени знаходяться: земля, виробничі будинки, різноманітне устаткування, прилади і самі люди. Всі вони мають електродинамічні властивості, що відмінні від властивостей повітряного середовища, і таким чином суттєво впливають на поширення електромагнітних хвиль у цьому середовищі, відбиваючи, преломляючи і поглинаючи їх.

Для того щоб врахувати вплив землі на поширення електромагнітних хвиль над нею, у відповідності з теорією розповсюдження електромагнітних хвиль, вводиться коефіцієнт F , що враховує зміну поля в точці прийому за рахунок складання прямого та відбитого електромагнітного поля:

$$ГПЕ = \frac{P \cdot G}{4\pi r^2 L_z} \cdot F^2. \quad (14)$$

Коефіцієнт F у загальному випадку є складною періодичною функцією багатьох змінних і використовувати його для інженерних розрахунків у загальному виді досить важко. Проте для найбільш поширених на практиці окремих випадків, у разі виконання відповідних умов, формула для знаходження коефіцієнта F значно спрощується.

I. При дифузійному відбитті від негладкої поверхні землі (при великій висоті нерівностей, зокрема трав'яного покриву), відбиття безпосередньо в напрямку на точку спостереження, особливо при вертикальній поляризації хвилі, невелике і умови поширення наближаються до умов у вільному просторі ($F=1$).

II. При відбитті від гладкої, рівної поверхні землі, коли виконується критерій Релея $h < \frac{\lambda}{8 \cdot \sin \gamma}$ - висота нерівностей поверхні землі, γ - кут між падаючим променем і поверхнею землі, існують 4 різні формули для визначення ГПЕ з урахуванням впливу землі:

1) для великих γ і $r \leq \frac{4h_a h_c}{\lambda}$ (де h_a - висота антени над поверхнею землі, h_c - висота розрахункової точки спостереження, λ - довжина хвилі, r - відстань) у точках максимумів функції F :

$$ГПЕ_0 = \frac{P \cdot G}{4\pi \cdot r^2} (1+R)^2, \quad (15)$$

де: $R=f(\sigma; \epsilon')$ - коефіцієнт відбиття радіохвиль від землі;

σ - питома провідність середовища;

ϵ' - дійсна частина комплексної діелектричної проникненості середовища.

2) для $\gamma \leq 3^\circ$ і $r \leq \frac{4h_a h_c}{\lambda}$ в точках максимумів функції F

$$\Gamma_{ПЕ\delta} = \frac{P \cdot G}{\pi \cdot r^2}; \quad (16)$$

3) для малих γ і $\frac{4h_a h_c}{\lambda} \leq r \leq \frac{18h_a h_c}{\lambda}$

$$\Gamma_{ПЕ\delta} = \frac{P \cdot G}{\pi \cdot r^2} \sin^2 \left(\frac{2\pi h_a h_c}{\lambda r} \right)^2; \quad (17)$$

4) для малих γ і $r \geq \frac{18h_a h_c}{\lambda}$

$$\Gamma_{ПЕ\delta} = \pi P \cdot G \left(\frac{2h_a h_c}{\lambda r^2} \right)^2. \quad (18)$$

Приведені вище формули дозволяють робити розрахунок інтенсивності ЕМП у заданій точці вільного простору з урахуванням впливу землі з задовільною точністю.

Спроби розрахунку інтенсивності ЕМП з урахуванням впливу довільно розташованих поблизу розрахункової точки сторонніх предметів (радіоконтрастних середовищ), а також розрахунку інтенсивності ЕМП з урахуванням паразитного випромінювання поки що не призвели до задовільних результатів.

Найкращим методом оцінки інтенсивності ЕМП в цих випадках все ще залишається метод вимірювання.

У разі застосування вище розглянутих методів розрахунку інтенсивності ЕМП джерел ЕМВ на РТО для визначення меж санітарно-захисних зон, необхідно враховувати той факт, що у більшості випадків, межа санітарно-захисної зони РТО, як правило, знаходиться поза межами дальньої зони випромінювання джерел ЕМВ, розташованих на території РТО, і це, безумовно, значно спрощує проведення необхідних розрахунків.

Методика визначення розмірів санітарно-захисних зон РТО

Основні вихідні дані:

- загальна кількість джерел ЕМВ та їх розташування на території РТО;
- технічні параметри джерел випромінювання (максимальна потужність, частота, вид модуляції сигналу, ізотропне або направлене ЕМВ, безперервне або переривчасте ЕМВ, параметри антен тощо);
- режими роботи радіотехнічного обладнання на РТО (одночасно або роздільно у часі тощо);
- план розташування житлових та інших будівель і споруд поряд з місцем розташування РТО.

Загальний порядок визначення меж санітарно-захисної зони РТО:

- розрахувати межу (радіус) дальньої зони випромінювання для всіх джерел ЕМВ, що використовуються на РТО /див. формули 4, 5 та 6/ та

впевнитися у тому, що ця межа (радіус) не перевищує відстань до найближчих житлових будівель та інших споруд;

- згідно з вимогами ДСНіП №239-96 „Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань” визначити гранично допустимі рівні (ГДР) ЕМП для всіх джерел ЕМВ, що використовуються на РТО /див. табл.1, формули (1) та (1-1)/;

- з урахуванням отриманих значень ГДР ЕМП та вихідних даних визначити межу (радіус) санітарно-захисної зони /див. формули (8) та (11)/;

*** Примітки:**

1. При наявності кількох одночасно працюючих джерел ЕМВ, в тому числі тих, що працюють в різних радіочастотних діапазонах, рівень ЕМП, що створюються всіма джерелами ЕМВ на межі санітарно-захисної зони, повинен відповідати наступній вимозі

$$\frac{E_1}{E_{ГДР1}} + \frac{E_2}{E_{ГДР2}} + \dots + \frac{E_n}{E_{ГДРn}} + \frac{ГПЕ_1}{ГПЕ_{ГДР1}} + \frac{ГПЕ_2}{ГПЕ_{ГДР2}} + \dots + \frac{ГПЕ_n}{ГПЕ_{ГДРn}} = 1$$

2. При експлуатації на РТО лише одного джерела ЕМВ, рівень ЕМП, що створюється на межі санітарно-захисної зони, повинен відповідати одній з наступних вимог (визначається частотним діапазоном роботи джерела ЕМВ):

А) частотний діапазон $1 \text{ кГц} < f < 300 \text{ МГц}$

$$\frac{E_1}{E_{ГДР1}} = 1$$

В) частотний діапазон $300 \text{ МГц} < f < 300 \text{ ГГц}$

$$\frac{ГПЕ_1}{ГПЕ_{ГДР1}} = 1$$

3. Коефіцієнт підсилення антени необхідно визначати з урахуванням існуючої діаграми спрямованості даної антени.

Завдання № 1

Визначити межу (радіус) санітарно-захисної зони РТО.

РТО – базова станція стільникового мобільного зв'язку.

Вихідні дані:

- тип джерела ЕМВ: *спрямована випромінююча антена (СВА)*;
- кількість джерел ЕМВ на РТО: $N = 1$;
- частота ЕМВ: $f_{EMB} = 900 \text{ МГц}$;
- потужність джерела ЕМВ: $P = 30 \text{ Вт}$;
- коефіцієнт підсилення антени: $G = 11 \text{ дБ}$;
- максимальні розміри розкриття антени: $L_1 = 0,31 \text{ м}$, $L_2 = 0,28 \text{ м}$.;

- відстань до найближчих житлових будівель та інших споруд $\Gamma_{жбс}$ не перевищує 52 м.

Порядок виконання:

1. Розрахувати межу (радіус) дальньої зони випромінювання $\Gamma_{дз}$ джерела ЕМВ РТО (див. формулу 6) та впевнитися у тому, що межа (радіус) не перевищує відстань до найближчих житлових будівель та інших споруд $\Gamma_{жбс}$.

2. Згідно з вимогами ДСНіП №239-96 визначити гранично допустимий рівень (ГДР) ЕМП для джерела ЕМВ.

3. Розрахувати межу (радіус) санітарно-захисної зони $\Gamma_{сзз}$.

4. За результатами розрахунків заповнити таблицю 2.

Таблиця 2.

$\Gamma_{дз}$	$\Gamma_{жбс}$	ГДР ЕМП	$\Gamma_{сзз}$
$\Gamma_{дз} =$	52 м.	$\Gamma_{ПЕГДР} =$	$\Gamma_{сзз} =$

Завдання № 2

Визначити межу (радіус) санітарно-захисної зони РТО.

РТО – базова станція стільникового мобільного зв'язку.

Вихідні дані:

- тип джерел ЕМВ: *спрямовані випромінюючі антени (СВА)*;

- кількість джерел ЕМВ на РТО: $N = 2$;

- робоча частота 1-го джерела ЕМВ: $f_{ЕМВ} = 900$ МГц;

- потужність 1-го джерела ЕМВ, Вт: $P = 40$ Вт;

- коефіцієнт підсилення антени 1-го джерела ЕМВ: $G = 10$ дБ;

- максимальні розміри розкриву антени 1-го джерела ЕМВ: $L_1 = 0,31$ м, $L_2 = 0,28$ м.;

- робоча частота 2-го джерела ЕМВ: $f_{ЕМВ} = 1800$ МГц;

- потужність 2-го джерела ЕМВ, Вт: $P = 30$ Вт;

- коефіцієнт підсилення антени 2-го джерела ЕМВ: $G = 12$ дБ;

- максимальні розміри розкриву антени 2-го джерела ЕМВ: $L_1 = 0,16$ м, $L_2 = 0,14$ м.;

- відстань до найближчих житлових будівель та інших споруд $\Gamma_{жбс}$ не перевищує 63 м.

Порядок виконання:

1. Розрахувати межу (радіус) дальньої зони випромінювання окремо для кожного з джерел ЕМВ, що використовуються на РТО /див. формулу 6/ та впевнитися у тому, що ця межа (радіус) не перевищує відстань до найближчих житлових будівель та інших споруд /заповнити таблицю 3/.

Таблиця 3.

№ джерела ЕМВ	$\Gamma_{дз}$	$\Gamma_{жбс}$
1 джерело ЕМВ	$\Gamma_{дз} =$	63 м.
2 джерело ЕМВ	$\Gamma_{дз} =$	

2. Згідно з вимогами ДСНіП №239-96 визначити гранично допустимий рівень (ГДР) ЕМП для кожного з джерел ЕМВ.

3. Розрахувати межу (радіус) санітарно-захисної зони $r_{сзз}$ для наступних умов експлуатації РТО:

А) Робота тільки 1-го джерела ЕМВ.

Б) Робота тільки 2-го джерела ЕМВ.

С) Одночасна робота обох (1-го та 2-го) джерел ЕМВ.

4. За результати розрахунків заповнити таблицю 4.

Таблиця 4.

Режим експлуатації РТО	ГДР ЕМВ	$r_{сзз}$	$r_{жбс}$
1. Робота тільки 1-го джерела ЕМВ	$\Gamma_{ПЕГДР1} =$	$r_{сзз1} =$	63 м.
2. Робота тільки 2-го джерела ЕМВ	$\Gamma_{ПЕГДР2} =$	$r_{сзз2} =$	
3. Одночасна робота обох (1-го та 2-го) джерел ЕМВ.	$\Gamma_{ПЕГДР\Sigma12} =$	$r_{сзз\Sigma12} =$	

Завдання № 3

Визначити межу (радіус) санітарно-захисної зони РТО.
РТО – базова станція УКВ радіозв'язку.

Вихідні дані:

- тип джерел ЕМВ: *лінійні ізотропні випромінювачі (ІВ)*;
- кількість джерел ЕМВ на РТО: $N = 4$;
- робоча частота 1-го джерела ЕМВ: $f_{ЕМВ} = 30$ МГц;
- потужність 1-го джерела ЕМВ: $P = 60$ Вт;
- коефіцієнт підсилення антени 1-го джерела ЕМВ: $G = 1$.
- робоча частота 2-го джерела ЕМВ: $f_{ЕМВ} = 38$ МГц;
- потужність 2-го джерела ЕМВ: $P = 55$ Вт;
- коефіцієнт підсилення антени 2-го джерела ЕМВ: $G = 1$.
- робоча частота 3-го джерела ЕМВ: $f_{ЕМВ} = 92$ МГц;
- потужність 3-го джерела ЕМВ: $P = 40$ Вт;
- коефіцієнт підсилення антени 3-го джерела ЕМВ: $G = 1$.
- робоча частота 4-го джерела ЕМВ: $f_{ЕМВ} = 157$ МГц;
- потужність 4-го джерела ЕМВ: $P = 80$ Вт;
- коефіцієнт підсилення антени 4-го джерела ЕМВ: $G = 1$;
- відстань до найближчих житлових будівель та інших споруд не перевищує 100 м.

Порядок виконання:

1. Розрахувати межу (радіус) дальньої зони випромінювання окремо для кожного з джерел ЕМВ, що використовуються на РТО /див. формули 4/ та впевнитися у тому, що ця межа (радіус) не перевищує відстань до найближчих житлових будівель та інших споруд /заповнити таблицю 5.

Таблиця 5.

№ джерела ЕМВ	$\Gamma_{дз}$	$\Gamma_{жбс}$
1 джерело ЕМВ	$\Gamma_{дз} =$	100 м.
2 джерело ЕМВ	$\Gamma_{дз} =$	
3 джерело ЕМВ	$\Gamma_{дз} =$	
4 джерело ЕМВ	$\Gamma_{дз} =$	

2. Згідно з вимогами ДСНіП №239-96 визначити гранично допустимий рівень (ГДР) ЕМП для кожного з джерел ЕМВ.

3. Розрахувати межу (радіус) санітарно-захисної зони $\Gamma_{сзз}$ для наступних умов експлуатації РТО:

- А) Робота тільки 1-го джерела ЕМВ.
- Б) Робота тільки 2-го джерела ЕМВ.
- В) Робота тільки 3-го джерела ЕМВ.
- Г) Робота тільки 4-го джерела ЕМВ.
- Д) Одночасна робота 2-х (1-го та 2-го) джерел ЕМВ.
- Е) Одночасна робота 2-х (3-го та 4-го) джерел ЕМВ.
- К) Одночасна робота 3-х (1-го, 2-го та 3-го) джерел ЕМВ.
- Л) Одночасна робота 3-х (2-го, 3-го та 4-го) джерел ЕМВ.
- М) Одночасна робота 4-х (1-го, 2-го, 3-го та 4-го) джерел ЕМВ.

4. За результати розрахунків заповнити таблицю 6.

Таблиця 6.

Режим експлуатації РТО	ГДР ЕМВ	$\Gamma_{сзз}$	$\Gamma_{жбс}$
1	2	3	100 м.
А) Робота тільки 1-го джерела ЕМВ	$E_{ГДР1} =$	$\Gamma_{сзз1} =$	
Б) Робота тільки 2-го джерела ЕМВ	$E_{ГДР2} =$	$\Gamma_{сзз2} =$	
В) Робота тільки 3-го джерела ЕМВ	$E_{ГДР3} =$	$\Gamma_{сзз3} =$	
Г) Робота тільки 4-го джерела ЕМВ	$E_{ГДР4} =$	$\Gamma_{сзз4} =$	
Д) Одночасна робота 2-х (1-го та 2-го) джерел ЕМВ.	$E_{ГДР\Sigma 12} =$	$\Gamma_{сзз\Sigma 12} =$	
Е) Одночасна робота 2-х (3-го та 4-го) джерел ЕМВ.	$E_{ГДР\Sigma 34} =$	$\Gamma_{сзз\Sigma 34} =$	

<i>Продовження таблиці 6</i>		
1	2	3
К) Одночасна робота 3-х (1-го, 2-го та 3-го) джерел ЕМВ.	$E_{ГДР\Sigma 123} =$	$\Gamma_{с33\Sigma 123} =$
Л) Одночасна робота 3-х (2-го, 3-го та 4-го) джерел ЕМВ.	$E_{ГДР\Sigma 234} =$	$\Gamma_{с33\Sigma 234} =$
М) Одночасна робота 4-х (1-го, 2-го, 3-го та 4-го) джерел ЕМВ.	$E_{ГДР\Sigma 1234} =$	$\Gamma_{с33\Sigma 1234} =$

Завдання № 4

Визначити межу (радіус) санітарно-захисної зони РТО.
РТО – базова станція ВЧ радіозв'язку.

Вихідні дані:

- тип джерел ЕМВ: : *спрямовані випромінюючі антени (СВА)*;;
- кількість джерел ЕМВ на РТО: $N = 2$;
- робоча частота 1-го джерела ЕМВ: $f_{ЕМВ} = 800$ МГц;
- потужність 1-го джерела ЕМВ: $P = 44$ Вт;
- коефіцієнт підсилення антени 1-го джерела ЕМВ: $G = 14$ дБ;
- максимальні розміри розкриву антени 1-го джерела ЕМВ: $L_1 = 0,38$ м, $L_2 = 0,36$ м.;
- робоча частота 2-го джерела ЕМВ: $f_{ЕМВ} = 2,7$ ГГц;
- потужність 2-го джерела ЕМВ: $P = 50$ Вт;
- коефіцієнт підсилення антени 2-го джерела ЕМВ: $G = 17$ дБ;
- максимальні розміри розкриву антени 1-го джерела ЕМВ: $L_1 = 0,12$ м, $L_2 = 0,10$ м.;
- відстань до найближчих житлових будівель та інших споруд не перевищує 40 м.

Порядок виконання:

1. Розрахувати межу (радіус) дальньої зони випромінювання окремо для кожного з джерел ЕМВ, що використовуються на РТО /див. формулу 5/ та впевнитися у тому, що ця межа (радіус) не перевищує відстань до найближчих житлових будівель та інших споруд /заповнити таблицю 7/.

Таблиця 7.

№ джерела ЕМВ	$\Gamma_{дз}$	$\Gamma_{жбс}$
1 джерело ЕМВ	$\Gamma_{дз} =$	40 м.
2 джерело ЕМВ	$\Gamma_{дз} =$	

2. Згідно з вимогами ДСНіП №239-96 визначити гранично допустимий рівень (ГДР) ЕМП для кожного з джерел ЕМВ.

3. Розрахувати межу (радіус) санітарно-захисної зони $\Gamma_{с33}$ для наступних умов експлуатації РТО:

А) Робота тільки 1-го джерела ЕМВ.

- Б) Робота тільки 2-го джерела ЕМВ.
 С) Одночасна робота обох (1-го та 2-го) джерел ЕМВ.
 4. За результати розрахунків заповнити таблицю 8.

Таблиця 8.

Режим експлуатації РТО	ГДР ЕМВ	$\Gamma_{сзз}$	$\Gamma_{жбс}$
1. Робота тільки 1-го джерела ЕМВ	$\Gamma_{ПЕГДР1} =$	$\Gamma_{сзз1} =$	40 м.
2. Робота тільки 2-го джерела ЕМВ	$\Gamma_{ПЕГДР2} =$	$\Gamma_{сзз 2} =$	
3. Одночасна робота обох (1-го та 2-го) джерел ЕМВ.	$\Gamma_{ПЕГДР\Sigma 12} =$	$\Gamma_{сзз\Sigma 12} =$	

Завдання № 5

Визначити межу (радіус) санітарно-захисної зони РТО.
 РТО – базова станція КВЧ радіозв'язку.

Вихідні дані:

- тип джерел ЕМВ: : *параболічні круглі спрямовані випромінюючі антени (ПКСВА);;*

- кількість джерел ЕМВ на РТО: $N = 2$;
- робоча частота 1-го джерела ЕМВ: $f_{ЕМВ} = 26$ ГГц;
- потужність 1-го джерела ЕМВ: $P = 3$ Вт;
- коефіцієнт підсилення антени 1-го джерела ЕМВ: $G = 21$ дБ;
- максимальний розмір (діаметр) розкриву антени: $D = 0,24$ м;
- робоча частота 2-го джерела ЕМВ: $f_{ЕМВ} = 33$ ГГц;
- потужність 2-го джерела ЕМВ: $P = 2,4$ Вт;
- коефіцієнт підсилення антени 2-го джерела ЕМВ: $G = 24$ дБ;
- максимальний розмір (діаметр) розкриву антени: $D = 0,18$ м;
- відстань до найближчих житлових будівель та інших споруд не перевищує 33 м.

Порядок виконання:

1. Розрахувати межу (радіус) дальньої зони випромінювання окремо для кожного з джерел ЕМВ, що використовуються на РТО /див. формулу 5/ та впевнитися у тому, що ця межа (радіус) не перевищує відстань до найближчих житлових будівель та інших споруд /заповнити таблицю 7/.

Таблиця 7.

№ джерела ЕМВ	$\Gamma_{дз}$	$\Gamma_{жбс}$
1 джерело ЕМВ	$\Gamma_{дз} =$	33 м.
2 джерело ЕМВ	$\Gamma_{дз} =$	

2. Згідно з вимогами ДСНіП №239-96 визначити гранично допустимий рівень (ГДР) ЕМП для кожного з джерел ЕМВ.

3. Розрахувати межу (радіус) санітарно-захисної зони $\Gamma_{сзз}$ для наступних умов експлуатації РТО:

- А) Робота тільки 1-го джерела ЕМВ.

- Б) Робота тільки 2-го джерела ЕМВ.
 С) Одночасна робота обох (1-го та 2-го) джерел ЕМВ.
 4. За результати розрахунків заповнити таблицю 8.

Таблиця 8.

Режим експлуатації РТО	ГДР ЕМВ	$\Gamma_{сзз}$	$\Gamma_{жбс}$
1. Робота тільки 1-го джерела ЕМВ	$\Gamma_{ПЕГДР1} =$	$\Gamma_{сзз1} =$	33 м.
2. Робота тільки 2-го джерела ЕМВ	$\Gamma_{ПЕГДР2} =$	$\Gamma_{сзз2} =$	
3. Одночасна робота обох (1-го та 2-го) джерел ЕМВ.	$\Gamma_{ПЕГДР\Sigma12} =$	$\Gamma_{сзз\Sigma12} =$	

Завдання № 6

Визначити межу (радіус) санітарно-захисної зони РТО.
 РТО – радіопередавальна телевізійна станція.

Вихідні дані:

- тип джерел ЕМВ: *лінійні ізотропні випромінювачі (ІВ)*;
- кількість джерел ЕМВ на РТО: $N = 2$;
- робоча частота 1-го джерела ЕМВ: $f_{ЕМВ} = 48 \text{ МГц} - 230 \text{ МГц}$;
- потужність 1-го джерела ЕМВ: $P = 700 \text{ Вт.}$;
- коефіцієнт підсилення антени 1-го джерела ЕМВ: $G = 1$;
- робоча частота 2-го джерела ЕМВ: $f_{ЕМВ} = 470 \text{ МГц} - 630 \text{ МГц}$;
- потужність 2-го джерела ЕМВ: $P = 400 \text{ Вт.}$;
- відстань до найближчих житлових будівель та інших споруд не перевищує 350 м.

Порядок виконання:

1. Розрахувати межу (радіус) дальньої зони випромінювання окремо для кожного з джерел ЕМВ, що використовуються на РТО /див. формули 4/ та впевнитися у тому, що ця межа (радіус) не перевищує відстань до найближчих житлових будівель та інших споруд /заповнити таблицю 9/.

Таблиця 9.

№ джерела ЕМВ	$\Gamma_{дз}$	$\Gamma_{жбс}$
1 джерело ЕМВ	$\Gamma_{дз} =$	350 м.
2 джерело ЕМВ	$\Gamma_{дз} =$	

2. Згідно з вимогами ДСНіП №239-96 визначити гранично допустимий рівень (ГДР) ЕМП для кожного з джерел ЕМВ.

3. Розрахувати межу (радіус) санітарно-захисної зони $\Gamma_{сзз}$ для наступних умов експлуатації РТО:

- А) Робота тільки 1-го джерела ЕМВ.
- Б) Робота тільки 2-го джерела ЕМВ.

- Д) Одночасна робота 2-х (1-го та 2-го) джерел ЕМВ.
4. За результати розрахунків заповнити таблицю 10.

Таблиця 10.

Режим експлуатації РТО	ГДР ЕМВ	$\Gamma_{\text{сзз}}$	$\Gamma_{\text{жбс}}$
А) Робота тільки 1-го джерела ЕМВ	$E_{\text{ГДР1}} =$	$\Gamma_{\text{сзз1}} =$	350 м.
Б) Робота тільки 2-го джерела ЕМВ	$E_{\text{ГДР2}} =$	$\Gamma_{\text{сзз2}} =$	
В) Одночасна робота 2-х (1-го та 2-го) джерел ЕМВ.	$E_{\text{ГДР}\Sigma 12} =$	$\Gamma_{\text{сзз}\Sigma 12} =$	

Завдання № 7

Розробити програму у форматі EXCEL для розрахунку гранично допустимих рівнів (ГДР) ЕМП, які створюються телевізійними радіостанціями в діапазоні частот від 48 до 1000 МГц і визначаються за формулою (1).

Завдання № 8

Розробити програму у форматі EXCEL для розрахунку меж зон випромінювання джерел ЕМВ (ближня, проміжна /Френеля/, дальня) за формулами (2) – (6).

Завдання № 9

Розробити програму у форматі EXCEL для розрахунку інтенсивності ЕМП у частотному діапазоні $1 \text{ кГц} < f < 300 \text{ МГц}$ за формулами (7) – (8).

Завдання № 10

Розробити програму у форматі EXCEL для розрахунку інтенсивності ЕМП у частотному діапазоні $300 \text{ МГц} < f < 300 \text{ ГГц}$ за формулами (9) – (11).

Завдання № 11

Розробити програму у форматі EXCEL для розрахунку межі санітарно-захисної зони РТО згідно із завданням №1.

Завдання № 12

Розробити програму у форматі EXCEL для розрахунку межі санітарно-захисної зони РТО згідно із завданням №2.

Завдання № 13

Розробити програму у форматі EXCEL для розрахунку межі санітарно-захисної зони РТО згідно із завданням №3.

Завдання № 14

Розробити програму у форматі EXCEL для розрахунку межі санітарно-захисної зони РТО згідно із завданням №4.

Завдання № 15

Розробити програму у форматі EXCEL для розрахунку межі санітарно-захисної зони РТО згідно із завданням №5.

Завдання № 16

Розробити програму у форматі EXCEL для розрахунку межі санітарно-захисної зони РТО згідно із завданням №6.

Список літератури

1. Ткачук К. Н., Зацарний В. В., Каштанов С.Ф. та ін. Охорона праці та промислова безпека: навч. посіб. – К.: Лібра, 2010. – 559 с.
2. ДСНіП № 239-96. «Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань».
3. ДСНіП № 476-2002. «Державні санітарні норми і правила під час роботи з джерелами електромагнітних полів».
4. ДСанПін 3.3.6.096-2002. «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів».
5. ГОСТ 12.1.006-84. «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».