

Додаток 4
до Методики розрахунків
електромагнітної сумісності
для присвоєння радіочастот
радіоелектронним засобам
радіомовної служби
(пункт 7 розділу V)

ПРОГНОЗУВАННЯ НАПРУЖЕНОСТІ ПОЛЯ
для наземних служб і трас в діапазоні частот від 30 МГц до 3 000 МГц
на трасах “точка — зона”

1. Прогнозування значень напруженості поля за експериментальними графіками, наведеними в Рекомендації ITU-R P.1546

1.1. Експериментальні графіки в Рекомендації ITU-R P.1546, отримані шляхом статистичного аналізу експериментальних даних, є графіками залежності медіанного значення напруженості поля на заданій відстані від передавача, яка перевищує 50 % місць для ефективної випромінюваної потужності (є.в.п.) передавача 1 кВт і визначених номінальних значень робочих параметрів РЕЗ.

1.2. Для проведення розрахунків відповідно до Рекомендації ITU-R P.1546 треба визначити вихідні значення таких робочих параметрів:

частота — f , МГц;

відсоток часу — p , %;

відстань між передавачем і приймачем — d , км;

висота передавальної і приймальної антен, відповідно h_1 та h_2 , м.

1.3. У розрахунках треба враховувати такі умови і рекомендації:

криві для суходільних трас побудовані на основі даних, отриманих у двох умовах помірного клімату;

криві для морських трас побудовані на основі даних, отриманих у регіонах Середземного та Північного морів;

умови поширення радіохвиль в окремих регіонах світу можуть суттєво відрізнятися;

точний прогноз для різних регіонів можна отримати, враховуючи відповідні поправки;

в автоматизованих розрахунках треба використовувати таблиці напруженості поля, які розробляються Бюро радіозв'язку МСЄ.

1.4. Експериментальні графіки, представлені в Рекомендації ITU-R P.1546, побудовані для таких номінальних значень робочих параметрів:

номінальні значення частоти: 100 МГц, 600 МГц та 2 000 МГц;

номінальні значення відсотка часу: 50 %, 10 % та 1 %;

номінальні значення висоти передавальної антени (h_1): 10, 20, 37.5, 75, 150, 300, 600 та 1 200 м.

Під час визначення параметра h_1 треба враховувати такі припущення:

1) для суходільних трас довжиною менше за 15 км за відсутності даних про рельєф місцевості h_1 визначається так:

$$h_1 = h_a \text{ (м)}, \text{ для } d \leq 3 \text{ км}, \quad (1)$$

$$h_1 = h_a + (h_{eff} - h_a) \frac{(d - 3)}{12} \text{ (м)}, \text{ для } 3 \text{ км} \leq d \leq 15 \text{ км}, \quad (2)$$

де: h_a — висота антени над землею;

h_{eff} — ефективна висота антени, яка відповідає висоті антени над висотою рельєфу місцевості, усередненій для значень відстані в діапазоні від 3 км до 15 км в напрямку приймальної антени;

2) для суходільних трас довжиною менше за 15 км, за наявності даних про рельєф місцевості, h_1 визначається так:

$$h_1 = h_b, \text{ м}, \quad (3)$$

де: h_b — ефективна висота антени, яка відповідає висоті антени над висотою рельєфу місцевості, усередненій для значень відстані в діапазоні $0,2d \div d$ км в напрямку приймача;

3) для суходільних трас, довших за 15 км, h_1 обирається рівною h_{eff} ;

4) для морських трас h_1 визначається як фактична висота антени над поверхнею моря;

5) номінальне значення висоти приймальної антени (h_2) обирається рівним репрезентативній висоті наземного покриву навколо місця розташування антени (не менше ніж 10 м); для суходільних трас і різних категорій місцевості репрезентативна висота наземного покриву (h_{rep}) має такі значення:

20 м — для району міста;

30 м — для району міста зі щільною забудовою;

10 м — для передмістя та для морських трас;

6) номінальні значення d наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Номінальні значення відстані поширення радіохвиль, км, використані під час побудови експериментальних графіків

1	10	19	60	110	200	425	650
2	11	20	65	120	225	450	675
3	12	25	70	130	250	475	700
4	13	30	75	140	275	500	725
5	14	35	80	150	300	525	750
6	15	40	85	160	325	550	775
7	16	45	90	170	350	575	800
8	17	50	95	180	375	600	900
9	18	55	100	190	400	625	1000

1.5. Якщо значення робочого параметра не збігається з одним із номінальних значень, значення напруженості поля треба розраховувати шляхом лінійної інтерполяції або екстраполяції значень, отриманих для номінальних значень робочих параметрів.

1.6. Прогнозування базових втрат поширення радіохвиль за експериментальними графіками, наведеними в Рекомендації ITU-R P.1546-5, здійснюється за такими етапами (серед визначених етапів є такі, які виконуються лише у разі відповідності визначених умов етапу, умовам досліджуваного сценарію).

Етап 1. Визначаються тип траси поширення радіохвиль: суходільна, морська (над холодним або теплим морем) або змішана. Для змішаних трас визначають типи субтрас.

Етап 2. Визначаються вихідні значення робочих параметрів, для яких треба здійснити прогнозування значення напруженості поля, перелік яких визначено у пункті 1.2 розділу 1 цього додатка.

Етап 3. Якщо вихідне значення параметра p збігається з одним із номінальних значень, визначених у пункті 1.4 розділу 1 цього додатка, для прогнозування напруженості поля використовується графік, побудований для цього номінального значення p .

Якщо вихідне значення параметра p не збігається з одним із номінальних значень, визначаються пари номінальних значень p_{inf} і p_{sup} , для чого використовують нижченаведені рекомендації.

Якщо виконано умови $1\% < p < 10\%$, нижнє (p_{inf}) і верхнє (p_{sup}), номінальне значення p обирається рівними 1% і 10% відповідно. Якщо значення параметра p в межах від 10% до 50% , нижнє номінальне значення p_{inf} обирається рівним 10% , а верхнє p_{sup} 50% відповідно. Підсумкове значення напруженості поля для вихідного значення параметра p треба розраховувати шляхом лінійної інтерполяції (екстраполяції) відповідно до процедури етапу 10.

Коли вихідне значення p менше 1% або більше 50% , у розрахунках підсумкового значення напруженості поля процедуру інтерполяції треба замінити екстраполяцією.

Етап 4. Якщо вихідне значення параметра f збігається з одним із номінальних значень, визначених у пункті 1.4 розділу 1 цього додатка, для прогнозування напруженості поля використовують графік, побудований для цього номінального значення f .

Якщо вихідне значення параметра f не збігається з одним із номінальних значень, визначають пари номінальних значень f_{inf} і f_{sup} , аналогічно до процедури етапу 3. Підсумкове значення напруженості поля для вихідного значення параметра f треба розраховувати шляхом лінійної інтерполяції (екстраполяції) відповідно до процедури етапу 9.

Етап 5. Якщо вихідне значення параметра d збігається з одним із номінальних значень, визначених в таблиці 1, для прогнозування напруженості поля використовують графік, побудований для цього номінального значення d .

Якщо вихідне значення параметра d не збігається з одним із номінальних значень, визначаються пари номінальних значень d_{inf} і d_{sup} , аналогічно до процедури етапів 3 і 4. Підсумкове значення напруженості поля для вихідного значення параметра d треба розраховувати шляхом лінійної інтерполяції (екстраполяції) відповідно до процедури етапу 8.6.

Етап 6. Для визначеного типу траси поширення радіохвиль виконуються процедури етапів 7 — 10.

Етап 7. Для нижнього номінального значення параметра p виконуються процедури етапів 8 і 9.

Етап 8. За відповідним графіком для нижнього номінального значення f_{inf} визначається напруженість поля, яка перевищує 50 % місць для вихідних значень параметрів h_1 і d з урахуванням значення h_2 і процедур етапів 8.1 — 8.4.

Етап 8.1. Якщо вихідне значення параметра $h_1 > 10$ м і збігається з одним із номінальних значень, визначених у пункті 1.4 розділу 1 цього додатка, значення напруженості поля визначається за відповідним графіком, наведеним в Рекомендації ITU-R P.1546-5.

Якщо вихідне значення параметра h_1 лежить у межах від 10 м до 1 200 м і не збігається з одним із визначених номінальних значень параметра h_1 , визначаються пари номінальних значень h_{inf} і h_{sup} , аналогічно до процедури етапів 3 і 4. У цьому разі значення напруженості поля розраховується за формулою:

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \frac{\lg(h_1 / h_{inf})}{\lg(h_{sup} / h_{inf})} \text{ дБмкВ/м}, \quad (4)$$

де: $h_{inf} = 600$ м, якщо $h_1 > 1\,200$ м. В іншому разі — найближче номінальне значення h_{eff} менше за h_1 ;

$h_{sup} = 1\,200$ м, якщо $h_1 < 1\,200$ м. В іншому разі — найближче номінальне значення h_{eff} більше за h_1 ;

E_{inf} — значення напруженості поля на заданій відстані для h_{inf} ;

E_{sup} — значення напруженості поля на заданій відстані для h_{sup} .

Етап 8.2. Для суходільних і змішаних трас, якщо вихідне значення параметра h_1 лежить в межах від 0 до 10 м, у розрахунках значення напруженості поля треба враховувати значення відстані до видимого обрису $d_H(h)$, яке обчислюється за формулою:

$$d_H(h_1) = 4,1\sqrt{h_1}, \quad (5)$$

де: h_1 — вихідне значення висоти антени передавача, м.

Етап 8.2.1. Якщо для вихідного значення параметра d виконується нерівність $d < d_H(h_1)$, значення напруженості поля визначається за відповідним графіком для відстані $d_H(10)$ і значення $h_1=10$ м з додаванням поправки ΔE :

$$E = E_{10}(d_H(10)) + \Delta E = E_{10}(d_H(10)) + E_{10}(d) - E_{10}(d_H(h_1)), \text{ дБмкВ/м}, \quad (6)$$

де: $E_{10}(d)$ — значення напруженості поля на відстані d для $h_1=10$ м, що визначається за відповідним графіком;

$E_{10}(d_H(h_1))$ — значення напруженості поля на відстані $d_H(h_1)$, що визначається за графіком для номінального значення $h_1=10$ м.

Етап 8.2.2. Якщо для вихідного значення параметра d виконується умова $d \geq d_H(h_1)$, значення напруженості поля розраховується за формулою:

$$E = E_{10}(d_H(10) + d - d_H(h_1)), \text{ дБмкВ/м} \quad (7)$$

Треба враховувати, що якщо виконується умова $d_H(10) + d - d_H(h_1) > 1\,000$ км, значення напруженості поля розраховується за такою формулою:

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \frac{\lg(d / d_{inf})}{\lg(d_{sup} / d_{inf})}, \quad (8)$$

де: d_{inf} — передостаннє значення d у таблиці 1 цього додатка;

d_{sup} — останнє значення d у таблиці 1 цього додатка;

E_{inf} — значення напруженості поля для d_{inf} , дБмкВ/м;

E_{sup} — значення напруженості поля для d_{sup} , дБмкВ/м.

Етап 8.3. Для морських трас і значення $h_1 \geq 1$ м у розрахунках значення напруженості поля треба враховувати значення відстані, на якій морська траса має просвіт у тій частині першої зони Френеля, радіус якої дорівнює $0,6 R_{F1}$ для реального значення h_1 і значення $h_2 = 10$ м:

$$D_{06} = D_{h1}(f, h_1, h_2) = \frac{D_f \cdot D_h}{D_f + D_h}, \quad (9)$$

де: $D_f = 0,0000389 f h_1 h_2$;

$$D_h = 4,1(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2});$$

$$h_2 = 10 \text{ м.}$$

Якщо $d > D_{h1}$, додатково розраховується значення відстані, на якій морська траса має просвіт у тій частині першої зони Френеля, радіус якої дорівнює $0,6 R_{F1}$, для значення $h_1 = 20$ м і значення $h_2 = 10$ м, використовуючи вищенаведену формулу.

У такому разі значення напруженості поля для морської траси розраховується за однією з нижченаведених формул і визначених умов:

$$E = E_{\max}, \text{ дБмкВ/м, якщо } d \leq D_{h1}, \quad (10)$$

$$E = E_{D_{h1}} + (E_{D_{20}} - E_{D_{h1}}) \frac{\lg(d / D_{h1})}{\lg(D_{20} / D_{h1})}, \text{ дБмкВ/м, якщо } D_{h1} < d < D_{20}, \quad (11)$$

$$E = E'(1 - F_s) + E''F_s, \text{ дБмкВ/м, якщо } d \geq D_{20}, \quad (12)$$

де: $E_{\max}$ — максимальне значення напруженості поля для вихідного значення відстані d , $E_{\max} = E_{free} + E_{sea}$, дБмкВ/м;

E_{free} — напруженість поля у вільному просторі (для е.в.п. = 1 кВт),
 $E_{free} = 106,9 - 20 \lg(d)$;

E_{sea} — посилення, яке виникає на морських трасах,
 $E_{sea} = 2,38 \{1 - \exp(-d/8,94)\} \lg(50/p)$;

$E_{D_{h1}}$ — максимальне значення $E_{\max}$ для відстані D_{h1} , дБмкВ/м;

$$E_{D_{20}} = E_{10}(D_{20}) + (E_{20}(D_{20}) - E_{10}(D_{20})) \lg(h_1/10)/\lg(20/10), \quad (13)$$

де: $E_{10}(d)$ — напруженість поля за графіком для номінального значення $h_1 = 10$ м, інтерпольована для відстані d ;

$E_{20}(d)$ — напруженість поля за графіком для номінального значення $h_1 = 20$ м, інтерпольована для відстані d ;

$$E' = E_{10}(d) + (E_{20}(d) - E_{10}(d)) \lg(h_1/10)/\lg(20/10), \quad (14)$$

де: E'' — напруженість поля на відстані d , розрахована за формулою, визначеною для етапу 8.2;

$$F_s = (d - D_{20})/d \quad (15)$$

Етап 8.4. Якщо параметр h_1 має від'ємне значення, у розрахунках значення напруженості поля треба враховувати вплив дифракції на поширення радіохвиль, яка викликана найближчими природними перешкодами.

У такому разі розрахунки виконуються припускаючи, що $h_1 = 0$, враховуючи поправку C_{k1} до підсумкового значення напруженості поля, яка розраховується за формулою:

$$C_{k1} = 6,03 - J(v), \quad (16)$$

де: $J(v)$ — дифракційні втрати, які розраховуються за формулою або визначаються за графіком, наведеними в Рекомендації ITU-R P.526, враховуючи, що для цього випадку значення параметра v розраховують за формулою $v = K_v \theta_{eff2}$, для $v > -0,7806$ $J(v) = 0$;

$$\theta_{eff2} \text{ — ефективний кут просвіту місцевості, } \theta_{eff2} = \arctg\left(\frac{-h_1}{9000}\right);$$

K_v — коефіцієнт, який має такі значення:

$$K_v = 1,35 \text{ — для } f = 100 \text{ МГц;}$$

$$K_v = 3,31 \text{ — для } f = 600 \text{ МГц;}$$

$$K_v = 6,00 \text{ — для } f = 2\,000 \text{ МГц.}$$

Етап 8.5. Якщо вихідне значення h_2 не збігається з одним з номінальних значень, визначених у пункті 1.4 розділу 1 цього додатка, до прогнозованого значення напруженості поля треба додати поправку, що розраховується відповідно до пункту 2.1 розділу 2 цього додатка.

Етап 8.6. Якщо вихідне значення d не збігається з одним із номінальних значень, повторюється процедура етапів 8.1 — 8.4 для верхнього номінального значення d_{sup} .

Підсумкове значення напруженості поля для вихідного значення d розраховують за формулою:

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \frac{\lg(d / d_{inf})}{\lg(d_{sup} / d_{inf})}, \text{ дБмкВ/м,} \quad (17)$$

де: d_{inf} — найближче номінальне значення відстані, яке менше за d , км;
 d_{sup} — найближче номінальне значення відстані, яке більше за d , км.

Етап 9. Якщо вихідне значення параметра f не збігається з номінальними, визначеними у пункті 1.4 розділу 1 цього додатка, повторюється процедура етапу 8 для верхнього номінального значення f_{sup} .

Підсумкове значення напруженості для вихідного значення параметра f розраховують за формулою:

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \frac{\lg(f / f_{inf})}{\lg(f_{sup} / f_{inf})}, \text{ дБмкВ/м,} \quad (18)$$

де: f — робоча частота РЕЗ, МГц;
 f_{inf} — нижня номінальна частота, МГц;
 f_{sup} — верхня номінальна частота, МГц;
 E_{inf} — значення напруженості поля для f_{inf} , дБмкВ/м;
 E_{sup} — значення напруженості поля для f_{sup} , дБмкВ/м.

Етап 9.1. Для морських трас, якщо вихідне значення $f < 100$ МГц, значення напруженості поля розраховується за формулами:

$$E = E_{max}, \text{ дБмкВ/м, для } d \leq d_f, \quad (19)$$

$$E = E_{d_f} + (E_{d_{600}} - E_{d_f}) \frac{\lg(d / d_f)}{\lg(d_{600} / d_f)}, \text{ дБмкВ/м, для } d > d_f, \quad (20)$$

де: E_{max} — максимальне значення напруженості поля, дБмкВ/м;

E_{d_f} — максимальне значення напруженості поля на відстані d_f ,
дБмкВ/м;

d_{600} — відстань, на якій траса має просвіт в 0,6 першої зони Френеля на частоті 600 МГц, яка розраховується за формулами:

$$d_{600} = D_{06(f)} = \frac{D_{600} \cdot D_h}{D_{600} + D_h}, \text{ км}, \quad (21)$$

де: $D_{600} = 0,02334 h_1 h_2$;

$$D_h = 4,1(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2});$$

h_1, h_2 — висота передавальної і приймальної антен над гладкою поверхнею Землі;

d_f — відстань, на якій траса має просвіт в 0,6 зони Френеля на частоті f ,
де $d_f = 0,0000389 f h_1 h_2$;

E_{d600} — значення напруженості поля на відстані d_{600} .

Етап 10. Якщо вихідне значення p не збігається з одним із номінальних значень, визначених у пункті 1.4 розділу 1 цього додатка, повторюється процедура етапів 8 і 9 для верхнього номінального значення p_{sup} .

Підсумкове значення напруженості поля для вихідного значення p розраховується за формулою:

$$E = E_{sup} \frac{Q_{inf} - Q_p}{Q_{inf} - Q_{sup}} + E_{inf} \frac{Q_p - Q_{sup}}{Q_{inf} - Q_{sup}}, \text{ дБмкВ/м}, \quad (22)$$

де: p — значення відсотка часу, для якого виконують прогнозування;

p_{inf} — нижнє номінальне значення p ;

p_{sup} — верхнє номінальне значення p ;

E_{inf} — значення напруженості поля для p_{inf} ;

E_{sup} — значення напруженості поля для p_{sup} ;

$Q_p = Q_i (p/100)$;

$Q_{inf} = Q_i (p_{inf}/100)$;

$Q_{sup} = Q_i (p_{sup}/100)$;

$Q_i(x)$ — обернена додаткова функція кумулятивного нормального розподілу (див. Рекомендацію ITU-R P.1546-4).

Етап 11. Прогнозування для змішаної траси виконується шляхом послідовного застосування процедури етапів 6 — 10 до кожної із субтрас.

У розрахунках треба враховувати такі рекомендації:

1) якщо змішана траса одночасно включає ділянки холодного і теплого моря, під час визначення напруженості поля для морської ділянки траси $E_{sea}(d)$ використовуються графіки для теплого моря;

2) значення h_1 треба розраховувати, враховуючи, що висота поверхні моря визначається аналогічно до суходолу;

3) одне й те саме значення h_1 треба використовувати як для розрахунку значення напруженості поля для суходільної ділянки траси $E_{land}(d)$, так і для морської ділянки траси $E_{sea}(d)$;

4) якщо виконується умова $h_1 < 3$ м, у розрахунках параметра $E_{land}(d)$ можна використовувати дійсне значення h_1 , тоді як у розрахунках параметра $E_{sea}(d)$ треба використовувати тільки значення $h_1 = 3$ м.

Підсумкове значення напруженості поля на заданій відстані від передавача для змішаної траси розраховується за формулами:

$$E_{mixed} = (1 - A_i) \cdot E_{land}(d_{total}) + A_i \cdot E_{sea}(d_{total}), \text{ дБмкВ/м}, \quad (23)$$

де: A_i — коефіцієнт інтерполяції для змішаної траси, $A_i = A_0(F_{sea})^V$;

$A_0(F_{sea})$ — базовий коефіцієнт інтерполяції, який розраховується відповідно до методики, викладеної в Рекомендації ITU-R P.1546-5;

$$F_{sea} = \frac{d_{sT}}{d_T}, \quad (24)$$

$$V = \max \left[1, 0; 1, 0 + \frac{\Delta}{40, 0} \right], \quad (25)$$

$$\Delta = \sum_{n=1}^{N_s} E_{sn}(d_T) \frac{d_{sn}}{d_{sT}} - \sum_{m=1}^{M_l} E_{lm}(d_T) \frac{d_{lm}}{d_{lT}}, \quad (26)$$

де: N_s — загальна кількість морських і берегових ділянок;

n — порядковий номер морської ділянки, $n = 1, 2, \dots, N_s$;

M_l — загальна кількість суходільних ділянок;

m — порядковий номер суходільної ділянки траси, $m = 1, 2, \dots, M_l$;

d_{sn} — довжина морської ділянки траси n , км;

d_{lm} — довжина суходільної ділянки траси m , км;

$d_{sT} = \sum_{n=1}^{N_s} d_{sn}$ — загальна довжина морських ділянок траси;

$d_{lT} = \sum_{m=1}^{M_l} d_{lm}$ — загальна довжина суходільних ділянок траси;

$d_T = d_{sT} + d_{lT}$ — довжина всієї траси;

$E_{sn}(d_T)$ — значення напруженості поля для відстані d_T , якщо вся траса проходить над морем;

$E_{lm}(d_T)$ — значення напруженості поля для відстані d_T , якщо вся траса проходить над суходолом;

d_{total} — довжина змішаної траси;

$E_{land}(d_{total})$ і $E_{sea}(d_{total})$ — напруженість поля для суходільної і морської ділянки траси відповідно.

Етап 11.1. Якщо змішана траса перетинає дві і більше різнотипних ділянок, напруженість поля на заданій відстані від передавача розраховується за формулою:

$$E_{mixed} = \sum_i \frac{d_i}{d_{total}} E_i(d_{total}), \quad (27)$$

де: $E_i(d_{total})$ — напруженість поля для траси в зоні i ;
 d_i — довжина траси в зоні i .

Етап 11.2. Якщо в цьому сценарії є сполучення трьох або декількох ділянок на змішаній трасі, в яких є тільки одна межа між суходолом і морем або між суходолом і береговою зоною, напруженість поля на заданій відстані від передавача розраховується за формулою:

$$E_{mixed} = (1 - A_i) \cdot \frac{\sum_{i=1}^{n_l} d_i E_{land,i}}{d_{lt}} + A_i \cdot \frac{\sum_{j=1}^{n_s} d_j E_{sea,j}}{d_{st}}, \quad (28)$$

де: $E_{land,i}$ і $E_{sea,j}$ — напруженість поля для i -ї суходільної і j -ї морської ділянки траси відповідно;
 d_i , d_j — довжина траси в зонах i та j ;
 d_{lt} — довжина всієї суходільної ділянки траси;
 d_{st} — довжина всієї морської ділянки траси.

Етап 12. Для суходільних трас або у разі розташування приймальної антени на суходільній ділянці змішаної траси, за наявності даних для розрахованого значення напруженості поля визначають поправку на кут просвіту місцевості, яка розраховується відповідно до процедури, наведеної у пункті 2.2 розділу 2 цього додатка.

Етап 13. За наявності даних про рельєф місцевості в розрахунках значення напруженості поля треба враховувати поправку на тропосферне розсіювання радіохвиль. У цьому разі прогнозоване значення напруженості поля розраховується відповідно до процедури, описаної у пункті 2.3 розділу 2 цього додатка.

Етап 14. Якщо треба отримати значення напруженості поля для значення відсотка місць (L %), що відрізняється від номінального значення $L=50$ %, використовується процедура, описана в пункті 2.4 розділу 2 цього додатка.

Етап 15. У разі потреби розраховане значення напруженості поля (з урахуванням усіх необхідних поправок) обмежується максимально можливим значенням, яке розраховується за формулами:

1) для морських трас:

$$E_{max} = E_{free} + E_{sea}, \text{ дБмкВ/м}, \quad (29)$$

де: E_{free} — напруженість поля у вільному просторі (для е.в.п. = 1 кВт), де
 $E_{free} = 106,9 - 20 \lg(d)$;

E_{sea} — посилення, яке виникає на морських трасах,

$$E_{sea} = 2,38 \{1 - \exp(-d/8,94)\} \lg(50/p);$$

2) для суходільних і змішаних трас:

$$E_{\max} = E_{free}, \text{ дБмкВ/м} \quad (30)$$

Етап 16. У разі потреби розраховане значення напруженості поля перераховується у базові втрати поширення радіохвиль за формулою:

$$L_b = 139 - E + 20 \lg f, \text{ дБ}, \quad (31)$$

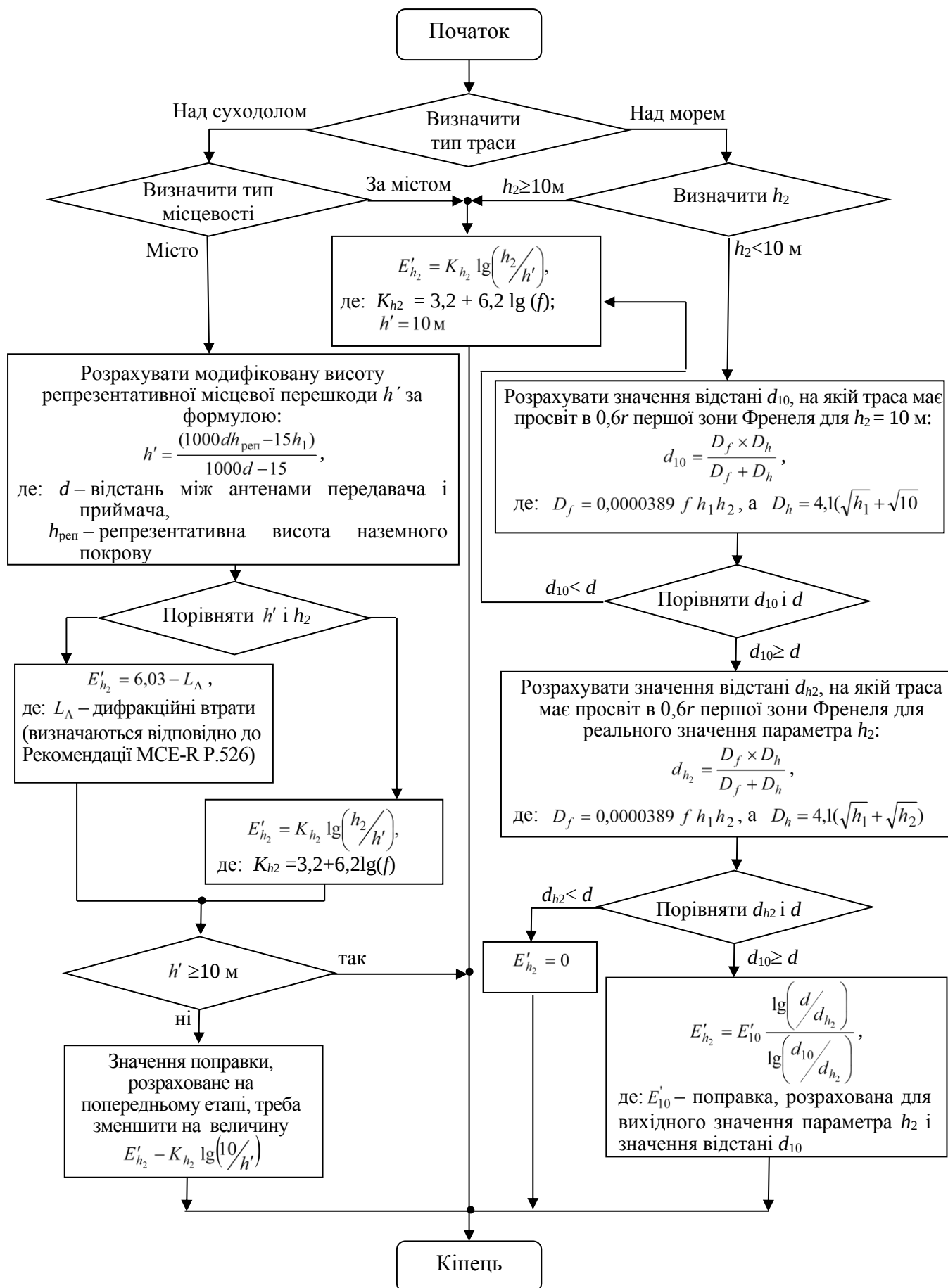
де: L_b — базові втрати під час поширення радіохвиль;

E — прогнозоване значення напруженості поля для вихідних параметрів;

F — робоча частота РЕЗ, МГц.

2. Формули для розрахунку поправок до прогнозованого значення напруженості поля, які застосовуються у різних випадках

2.1. Значення поправки E'_{h_2} , яка враховується, якщо значення висоти приймальної антени h_2 не збігається з номінальним значенням, наведеним у пункті 1.4 розділу 1 цього додатка, розраховується відповідно до схеми, наведеної на рисунку 1 цього додатка.

Рисунок 1 — Схема розрахунку поправки E'_{h_2}

2.2. Уточнююча поправка на кут просвіту місцевості для суходільних трас або у разі розташування приймальної антени на суходільній ділянці змішаної траси розраховується за формулою:

$$E'_\theta = J(v') - J(v), \text{ дБ}, \quad (32)$$

де: $J'(v)$ і $J(v)$ — дифракційні втрати, які розраховуються згідно з Рекомендацією ITU-R P.526, враховуючи, що $v' = 0,036 \sqrt{f}$, а $v = 0,0065 \cdot \theta_{tsa} \cdot \sqrt{f}$.

Значення кута просвіту місцевості розраховується за формулою:

$$\theta_{tsa} = \theta, \text{ град}, \quad (33)$$

де: θ — кут місця для лінії від приймальної антени, що проходить, не зачіпаючи топографічних перешкод, в напрямку передавальної антени на відстань до 16 км, але не виходить за останню.

У розрахунках поправки E'_θ треба враховувати такі рекомендації:

- 1) під час визначення θ і θ_r кривизна поверхні Землі не враховується;
- 2) підсумкове значення θ_{tsa} треба обмежити від $+0,55^\circ$ до $+40,0^\circ$;
- 3) під час побудови експериментальних графіків для суходільної траси враховувалися втрати за рахунок типового екранування приймальної антени місцевості, що плавно закруглюється. Тому у разі малого позитивного кута, типового для положень приймальної антени, поправка на кут просвіту місцевості вважається нульовою;

4) якщо вихідне значення частоти f збігається з одним із номінальних значень, визначених у пункті 1.4 розділу 1 цього додатка, значення поправки E'_θ можна визначити за графіком на рисунку 2 цього додатка.

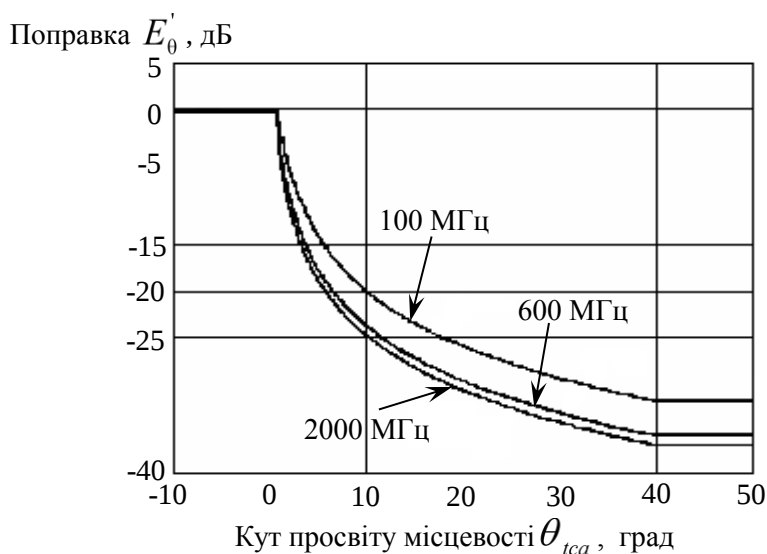


Рисунок 2 — Графіки залежності поправки E'_θ від θ_{tsa} для номінальних значень f : 100 МГц, 600 МГц і 2 000 МГц

2.3. Прогнозоване значення напруженості поля, яке враховує прояв механізму тропосферного розсіювання радіохвиль на трасах з відомим рельєфом місцевості, розраховується двома послідовними кроками.

Крок 1. Розраховується кут розсіювання на трасі θ_s , використовуючи формулу:

$$\theta_s = \frac{180d}{\pi ka} + \theta_{eff} + \theta_r, \text{ град}, \quad (34)$$

де: θ_{eff} — кут просвіту місцевості для передавальної антени в градусах, незалежно від того, яке значення має h_1 , додатне або від'ємне;

θ — кут просвіту місцевості для приймальної антени в градусах, розрахований за формулою, наведеною у пункті 2.2 розділу 2 цього додатка;

d — довжина траси, км;

$a = 6\,370$ км, радіус Землі;

$k = 4/3$, ефективний коефіцієнт радіуса Землі для медіанних умов рефракції.

Крок 2. Перевіряють виконання умови $\theta_s < 0$.

Якщо ця умова не виконується, для реального значення параметра θ_s розраховується значення напруженості поля, яке враховує прояв механізму тропосферного розсіювання радіохвиль E_{ts} , за формулою:

$$E_{ts} = 24,4 - 20 \lg d - 10 \cdot \theta_s - L_f + 0,15N_0 + G_t, \text{ дБмкВ/м}, \quad (35)$$

де: L_f — втрати, що залежать від частоти:

$$L_f = 5 \times \lg(f) - 2,5 \times [\lg(f) - 3,3]^2, \text{ дБ}; \quad (36)$$

$N_0 = 325$, для помірного клімату;

G_t — посилення, значення якого залежить від часу:

$$G_t = 10,1 \times [-\lg(0,02p)]^{0,7}, \text{ дБ}. \quad (37)$$

Якщо ця умова виконується, розраховане значення кута розсіювання на трасі вважають рівним $\theta_s = 0$, а значення напруженості поля розраховується за вищенаведеною формулою.

2.4. У разі розташування приймальної антени на суходільній трасі або поблизу суходолу на морській трасі (ділянці траси) значення напруженості поля $E(L\%)$, що буде перевищуватися для $L\%$ місць, розраховується за формулою:

$$E(L\%) = E_{med} + Q_i(L/100) \cdot \delta_i(f), \text{ дБмкВ/м}, \quad (38)$$

де: $Q_i(x)$ — зворотний додатковий кумулятивний нормальний розподіл залежно від імовірності;

$\delta_i(f)$ — стандартне відхилення гаусівського розподілу місцевих середніх значень у розглянутій зоні.

Треба зауважити, що Рекомендація ITU-R P.1546 не дійсна для значень $L < 1\%$ і $L > 99\%$.

Значення стандартного відхилення залежать від частоти і типу середовища поширення радіохвиль. Як приклад, в таблиці 2 цього додатка наведено типові значення параметра $\delta_l(f)$, які можна використовувати в розрахунках ЕМС РЕЗ аналогового і цифрового радіомовлення.

Таблиця 2

Значення стандартного відхилення, які використовуються в окремих випадках під час аналізування ЕМС РЕЗ радіомовної служби

	Значення стандартного відхилення $\delta_l(f)$, дБ		
	100 МГц	600 МГц	2 000 МГц
Аналогове радіомовлення	8,3	9,5	-
Цифрове радіомовлення	5,5	5,5	5,5