



VILNIAUS UNIVERSITETO FIZIKOS FAKULTETAS

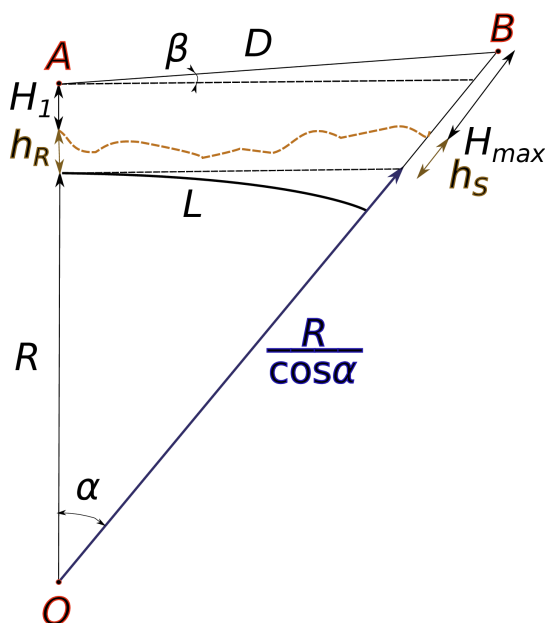
Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba
prie Aplinkos ministerijos
El. p. lhmt@meteo.lt

2020-06-17 Nr. 120000-S-131

METEOROLOGINIO LOKATORIAUS TIESIOGINIO MATOMUMO FORMULĖS ĮVERTINIMAS

Meteorologinio lokatoriaus darbinio kampo srityje turi būti užtikrinamos tiesioginio matomumo sąlygos radijo bangų sklidimui. Todėl maksimalus kliūtis aukštis artėjant prie lokatoriaus yra ribojamas. Maksimalios kliūtis aukščiui įvertinti yra pasiūlyta formulė (1), kurios tikslumą reikia patikrinti.

Meteorologinio lokatoriaus geometrija yra pateikta 1 pav.



Pav. 1: Meteorologinio radiolokatoriaus geometrija

Čia panaudoti žymėjimai:

- H_1 – meteorologinio radiolokatoriaus aukštis nuo Žemės paviršiaus (m); nustatytas pagal meteorologinio radiolokatoriaus antenos vidurio aukštį;
- R – Žemės spindulys, lygus 6371008 m;
- L – atstumas nuo meteorologinio radiolokatoriaus iki planuojamo statinio ar įrenginio (m);

β – meteorologinio radiolokatoriaus minimalus skenavimo spindulio aukščio kampas ($0,5^\circ$) radianais;
 h_R – meteorologinio radiolokatoriaus pamatų aukštis virš jūros lygio (m);
 h_S – Žemės paviršiaus, į kurį susiprojektuoja planuojamas statinys arba ant kurio planuojama įrengti įrenginį, aukštis virš jūros lygio (m);
 H_{max} – maksimalus kliūtis aukštis nuo Žemės paviršiaus (m).

Pagal pav. 1 geometriją maksimalų kliūtis aukštį H_{max} galima įvertinti pagal kliūtis ir radaro aukščių skirtumus įskaitant priedą dėl antenos polinkio kampo $L \tan \beta$ ir priedą dėl Žemės kreivumo $\frac{R}{\cos \alpha} - R$. Kadangi $L \approx \alpha R$, tai kampas $\alpha \approx L/R$ ir lygtis maksimaliam kliūtis aukščiui:

$$H_{max} = h_R - h_S + H_1 + L \tan \beta + \frac{R}{\cos \frac{L}{R}} - R. \quad (1)$$

Pastaba: pradinėje atsiųstoje formulėje $\cos()$ funkcijos argumente esantys daugikliai 360 ir 2π yra nereikalingi.

Ši formulė yra artutinus, esant mažiems atstumams nuo radaro lyginant su Žemės spinduliu $L \ll R$, o artinio paklaidas galime nustatyti pagal tikslų sprendinį pasinaudojant trikampio OAB geometriją [1].

[vedus žymėjimus $R_R = R + h_R + H_1$ ir $R_S = R + h_S + H_{max}$, trikampio OAB kampams β ir α pritaikytas kosinusų teoremas galima užrašyti dviem lygtimis [1]:

$$D = |AB| = R_R \sin \beta - \sqrt{R_S^2 - R_R^2 \cos^2 \beta}, \quad (2)$$

$$\cos \alpha = 1 - \frac{D^2 - (h_R + H_1 - h_S - H_{max})^2}{2 R_R R_S}. \quad (3)$$

Šios lygtys yra neišreikštinės H_{max} atžvilgiu, tačiau H_{max} sprendinį galima surasti skaitmeniškai, pvz. bisekcijos (dalijimo pusiau) metodu [2].

Palyginus su tikslu skaitmeniškai gautu H_{max} sprendiniu iš (2) ir (3) lygčių, apytikslės formulės (1) rezultatas yra gan artimas tiksliai H_{max} sprendiniui su milimetrinėmis paklaidomis, kurios nežymiai didėja didėjant atstumui L nuo radiolokatoriaus (lentelė 1).

Lentelė 1. Apytikslės formulės paklaidos esant skirtingam atstumui nuo radiolokatoriaus.

Atstumas L , m	Paklaida, mm
1000	< 1 mm
5000	2
10000	4
15000	8
30000	26
50000	72

Žemės paviršiaus aukštis buvo pasirinktas $h_R = h_S = 162,3$ m, radiolokatoriaus antenos aukštis $H_1 = 32,2$ m., radiolokatoriaus spindulio kampas $\beta = 0,5^\circ$.

Pastaba dėl Žemės spindulio. Mikrobangų sklidimui atmosferoje aprašyti dažnai naudojamas refrakcijos koeficientas – Žemės spindulio daugiklis, kurio vidutinė vertė yra 4/3. Tačiau šiuo atveju, neturint tikslios refrakcijos koeficiento statistikos ir žinant kad trumpais laiko tarpais refrakcijos koeficientas nukrenta žemiau vidutinės vertės, šio daugiklio naudoti nesiūlome.

Išvada: pateikta maksimalaus kliūtis aukščio vertinimo formulė (1) yra teisinga ir gali būti taikoma maksimalaus kliūtis aukščio nustatymui meteorologinio radiolokatoriaus apsaugos zonoje.

Literatūros šaltiniai

1. A. Doerry, "Earth curvature and atmospheric refraction effects on radar signal propagation.," SAND2012-10690, DOI: 10.2172/1088060, Jan. 2013 [Online] <http://www.osti.gov/servlets/purl/1088060/>. [Nuoroda tikrinta: 2020-06-10]
2. W. H. Press, Ed., *Numerical recipes in C: the art of scientific computing*, 2nd ed., Cambridge: Univ. Press, 2002.

Fizikos fakulteto
Taikomosios elektrodinamikos
ir telekomunikacijų instituto

doc. Rimvydas Aleksiejūnas