

ФІЗИЧНІ ЯВИЩА ПРИ ПОШИРЕННЯ РАДІОХВИЛЬ РЛС У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі зроблено аналіз впливу навколишнього середовища на поширення радіохвиль, проведено дослідження ефектів навколишнього середовища та їх вплив на поширення та заломлення радіохвиль. Визначено дальності прямої видимості та її залежність від ефектів і стану навколишнього середовища.

Ключові слова: фізичні явища навколишнього середовища, поширення радіохвиль, викривлення променя радіохвилі, дальність прямої видимості.

Abstract

The paper analyzes the influence of the environment on the propagation of radio waves, the treatment of environmental effects and their influence on the propagation and refraction of radio waves. The line-of-sight range and its dependence on the effects and state of the environment have been determined.

Keywords: physical phenomena of the environment, the propagation of radio waves, the curvature of the radio wave, the range of direct visibility.

Вступ

Основними ефектами середовища при поширенні радіохвиль, які слід враховувати в наземних РЛС РТВ, є [1-3]:

- непрямолінійність поширення (викривлення) променів радіохвиль у вертикальній площині;
- екрануючий ефект поверхні «сферичної» Землі та її неоднорідності (елементи рельєфу, споруди, рослинність);
- перевідбиття (розсіювання) радіохвиль землею поверхнею;
- загасання радіохвиль в атмосфері.

Метою роботи є аналіз впливу навколишнього середовища на поширення радіохвиль та визначення дальності прямої видимості залежно від стану повітряного середовища.

Результати дослідження

Викривлення (рефракція) променів радіохвиль визначається градієнтом $grad n$ коефіцієнта заломлення атмосфери. При нормальній позитивній рефракції $grad n < 0$ промінь нахилиється до землі, а дальність прямої видимості R_{np} значно збільшується (рис. 1). Це корисно для радіолокаційної системи. Але ефект рефракції викликає систематичні помилки вимірювання кута місця цілей, а отже, і висоти H_v [1].

Необхідні поправки при розрахунку R_{np} і H_v вводяться за рахунок використання еквівалентного радіуса Землі R_{ze} , що приводить до ефекту «випрямлення» променів радіохвиль [1]. Ефект «випрямлення» променя радіохвилі при нормальній рефракції $grad n = 0$ проілюстровано на рис. 2 [1].

Для розрахунку радіотрас зазвичай користуються значенням еквівалентного радіуса Землі, що дорівнює [2]

$$R_{ze} \approx \frac{4}{3} R_e = 8500 \text{ [км]}, \quad (1)$$

що відповідає усередненій типовій («стандартній») атмосферній рефракції при [1, 2]

$$grad n = 4 \times 10^{-8} \text{ [1/м]}. \quad (2)$$

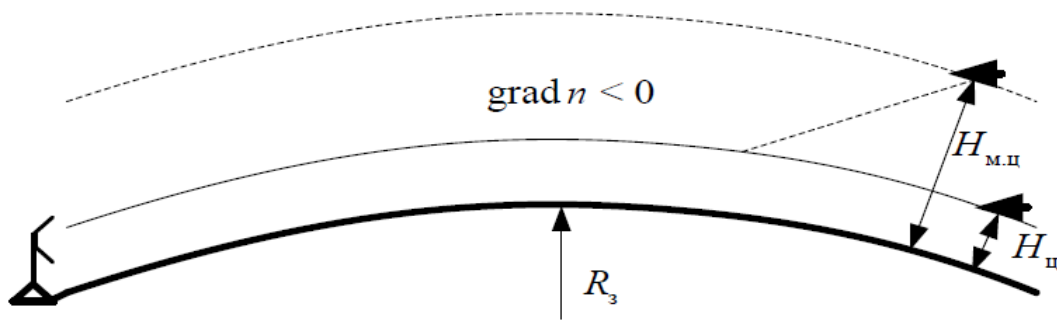


Рис. 1. Викривлення променя радіохвилі [1]

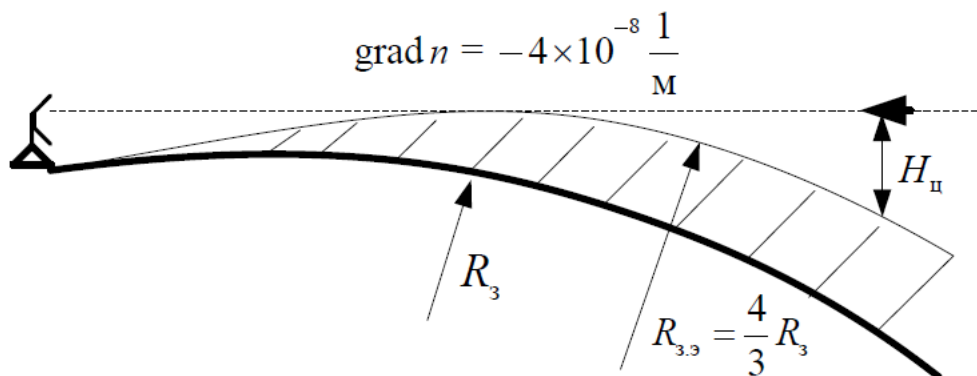


Рис. 2. Ефект «випрямлення» променя радіохвилі при нормальній рефракції [1]

При відхиленні $grad n$ від зазначеного номіналу необхідно змінювати розрахункове значення R_{3e} , проте на практиці підрозділи РТВ не володіють даними про висотні профілі температури та вологості шарів атмосфери. Непрямі дані про величину реальної рефракції на конкретній позиції можна отримати по виду радіолокаційної карти місцевості, тобто енергетичного «рельєфу» спостережуваних відображень [1].

Рефракція тропосферних радіохвиль є критичною за умови [1, 2]

$$grad n = -15,7 \times 10^{-8} [1/m]. \quad (3)$$

У такому випадку промінь радіохвиль огинає «сферичну» Землю [1, 2], як це показано на рис. 3.

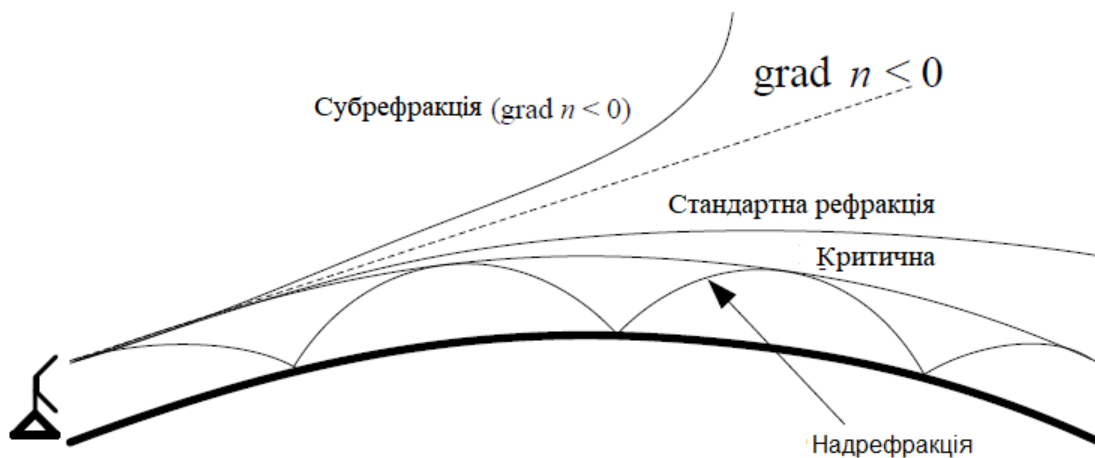


Рис. 3. Типи рефракції радіохвиль в атмосфері [1, 2]

При значенні

$$\text{grad } n < -15,7 \times 10^{-8} \text{ [1/м]} \quad (4)$$

спостерігається надрефракція і над рівною поверхнею Землі утворюється атмосферний хвилевід, що різко збільшує дальність виявлення маловисотних цілей, як це показано на рис. 3 [1].

Екрануючий ефект «гладкої» землі призводить до обмеження дальності прямої видимості «антена - РЛС - ціль» до значення [1, 2]

$$r_{np} = \sqrt{2R_{3e} \cdot h_a} + \sqrt{2R_{3e} \cdot h_y} \cong 4,12 \left(\sqrt{h_a} + \sqrt{h_y} \right) \text{ [км]}, \quad (5)$$

де h_a - висота підйому електричного центру антени, м;

h_y - висота цілі, м;

r_{np} - дальність прямої видимості, км.

Коефіцієнт використання радіогоризонту для маловисотних цілей визначається зі співвідношення

$$K_{np} = \frac{r_{обн}}{r_{np}}. \quad (6)$$

Величина коефіцієнта використання радіогоризонту для маловисотних цілей може становити значення від 0,6 до 0,95 в залежності від діапазону хвиль та енергетичного потенціалу РЛС. Дальність прямої видимості може істотно скорочуватися в реальних умовах «негладкої» Землі [1].

Для маловисотного виявлення РЛС істотними можуть бути навіть невеликі додаткові кути закриття (10'-20'), створювані елементами рельєфу Земної поверхні, будівлями, лісом [1].

Висновки

Аналіз впливу навколишнього середовища на поширення радіохвиль показав, що більшість ординарних і найрозповсюдженіших ефектів і факторів навколишнього середовища зумовлюють розсіювання радіохвиль у просторі, викликають заломлення (рефракцію) радіопроменів і сильно впливають на дальність прямої видимості антени РЛС. Такі фактори можуть суттєво вплинути на точність виявлення повітряних об'єктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основы построения радиолокационных станций радиотехнических войск: учебник / В.Н. Тяпкин, А.Н. Фомин, Е.Н. Гарин [и др.]; под общ. ред. В.Н. Тяпкина. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т. – 2011. – 536 с. ISBN 978-5-7638-2480-3
2. Поширення земних радіохвиль та мобільний зв'язок. Навчальний посібник / Л. М. Логачова, Т. І. Бугрова. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 236 с. ISBN 978-617-529-208-2
3. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Електродинаміка та поширення радіохвиль» студентами спеціальності 172 – «Телекомунікації та радіотехніка» / Уклад. А. О. Семенов, К. О. Коваль, А. Ю. Савицький. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 56 с.

Данилевич Максим Олександрович — студент групи 01-19, кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: malakat49@gmail.com

Семенов Андрій Олександрович — д-р техн. наук, професор, доцент кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Мороз Лариса Василівна — викладач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: morozlarisa764@gmail.com

Danylevych Maksym Oleksandrovych — student of group 01-19, Departments of Military Training, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, e-mail: malakat49@gmail.com

Semenov Andriy Oleksandrovych — Dr. Sc. (Eng.), Full Professor, Associative Professor of Military Training, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Moroz Larysa Vasylivna — Senior Lecturer of the Department of Military Training, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: morozlarisa764@gmail.com