

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО
ВИПРОМІНЮВАННЯ МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ З
БІОЛОГІЧНИМИ СТРУКТУРАМИ**

*Русинчук В. П., магістрант; Богомолів М. Ф., к. т. н, доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Сучасна наука знаходиться на високому рівні розвитку, і відповідає на багато питань з приводу властивостей та побудови всесвіту. Особливе місце в технічному прогресі займають пристрої та системи високих та надзвичайно високих частот (НВЧ та НЗВЧ) [1].

При розгляді процесу падіння хвилі під кутом до межі поділу, частковим випадком якого є нормальне падіння, результат має залежати від типу поляризації падаючої хвилі. В одному варіанті вектор E буде перпендикулярний площині падіння, в іншому випадку — паралельний їй, рис. 1.б [2]. Зокрема променева схема похилого падіння із вказаними ортами для представлення полів у випадку перпендикулярної поляризації рис. 1.а, на якій всі орти для електричних векторів направлені по осі x : $e^0 = e^- = e^+ = x_0$, і розміщені перпендикулярно площині падіння. У випадку паралельної поляризації рис. 1.б орти для представлених напруженостей електричного поля знаходяться в площині рисунку, тобто $h^0 = h^- = h^+ = -x_0$, а отже вектор напруженості електричного поля паралельний площині падіння.

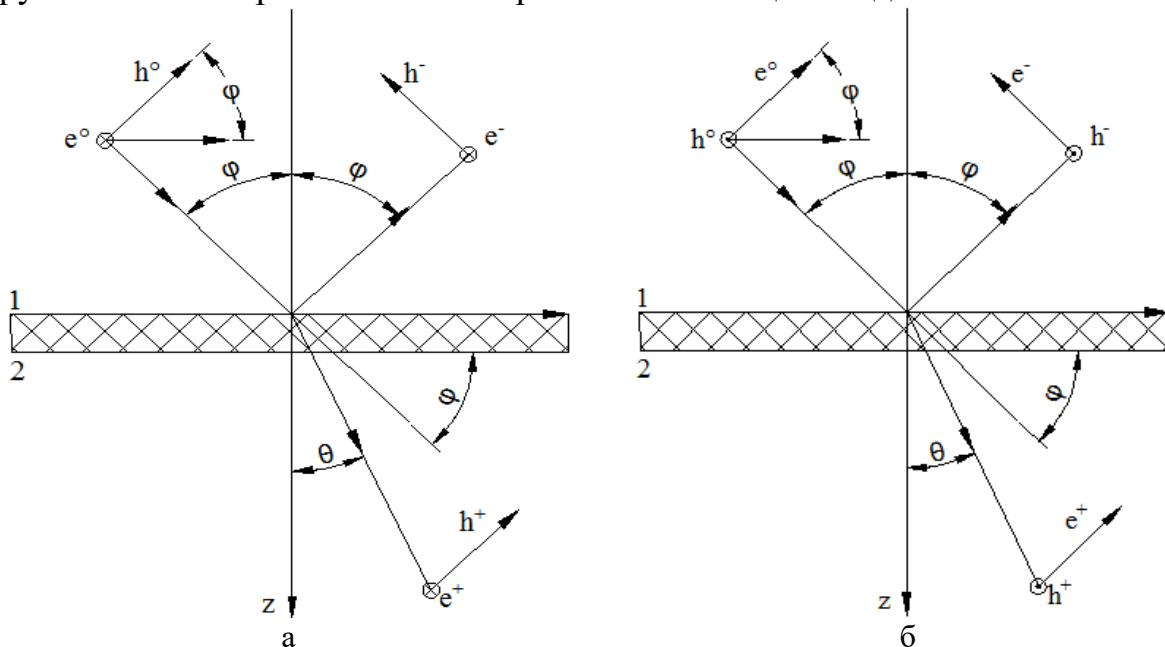


Рисунок 1. Променева схема похилого падіння при різних типах поляризації: 1.а – перпендикулярна поляризація; 1.б – паралельна поляризація.

На високих частотах довжина хвилі співрозмірна з лінійними розмірами фізичних тіл. Геометричні розміри апаратів для опромінення, в тому

числі і антени виявляються співрозмірними з довжиною хвилі, а інколи навіть можуть перевищувати її, тому хвильовий діапазон НВЧ випромінювання має квазіоптичні властивості. У зв'язку з цим твердженням, провівши оцінку особливостей процесу проходження височастотного випромінювання через межу поділу, можемо записати формули для коефіцієнтів проходження та відбиття для різних типів поляризації, так звані формули Френеля для НВЧ [2].

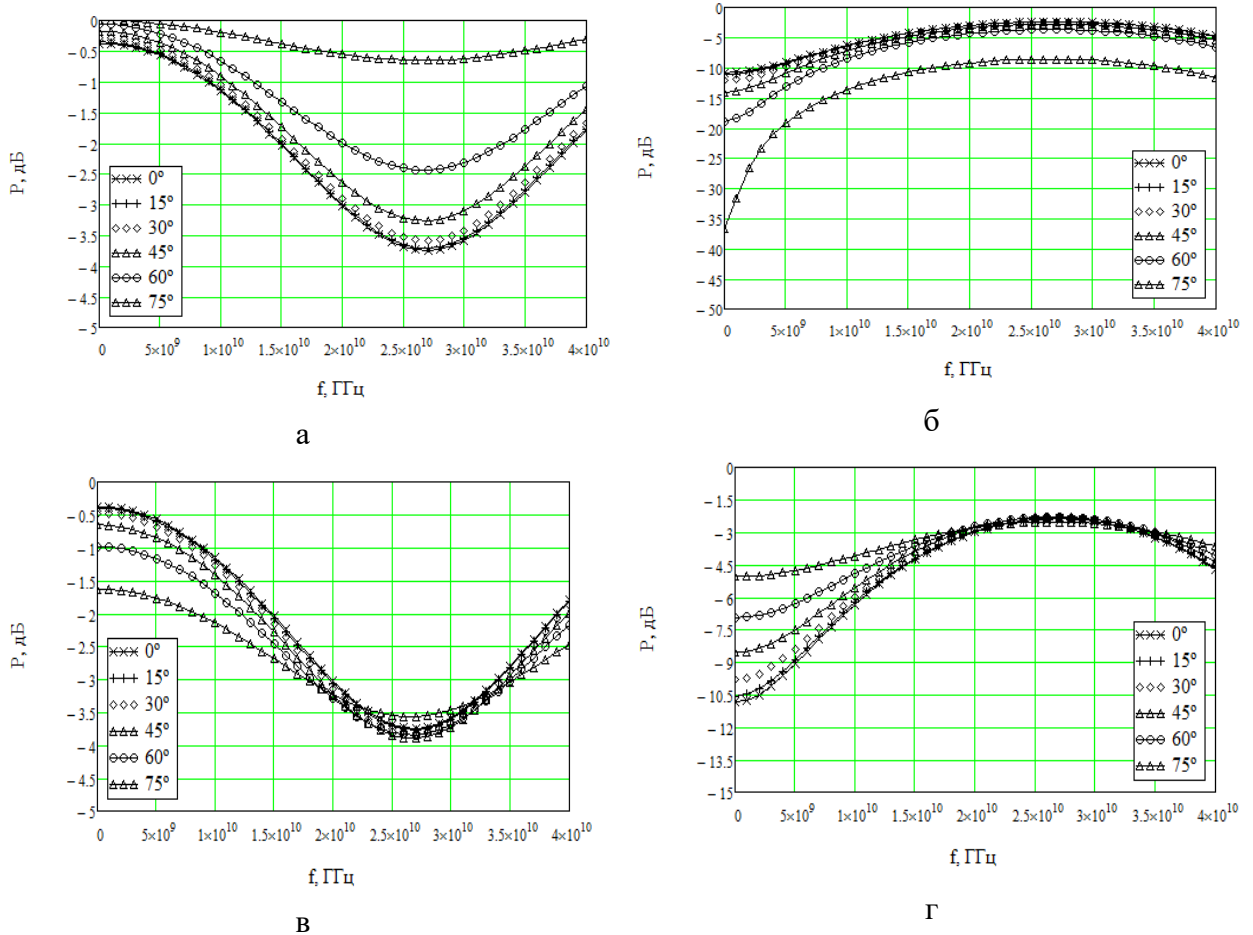


Рисунок 2. Коефіцієнти проходження та відбиття випромінювання через шкіру для різних типів поляризації, при дискретних значеннях кута падіння: а – коефіцієнт проходження для паралельної поляризації; б – коефіцієнт відбиття для паралельної поляризації; в – коефіцієнт проходження для перпендикулярної поляризації; г – коефіцієнт відбиття для перпендикулярної поляризації.

Розглянувши процес проходження хвилі через межу поділу, можемо говорити про процес поділу падаючої хвилі і утворення нових, фазові і амплітудні співвідношення яких будуть змінюватись в залежності від кута падіння. Врахувавши ці особливості, отримуємо значення коефіцієнтів проходження (2) та відбиття (1) з урахуванням їх частотної, кутової та поляризаційної залежності. Дані співвідношення дають можливість отримання результату з врахуванням ефектів взаємної компенсації відбитих хвиль за рахунок близькості їхніх амплітудних значень та різності фаз, яка виникає у зв'язку з подвійним проходженням хвилею біологічної структури.

Також при подальшому розширенні математичної моделі можна отримати залежності для багат шарових структур.

$$R(f, L, \varphi, \varepsilon_1, \varepsilon_2) = 20 \cdot \log \left[\frac{|U_{\text{від}2}(f, L, \varphi, \varepsilon_1, \varepsilon_2) + U_{\text{від}1}(f, L, \varphi, \varepsilon_1, \varepsilon_2)|}{\sqrt{2}} \right] \quad (1)$$

$$T(f, L, \varphi, \varepsilon_1, \varepsilon_2) = 20 \cdot \log \cdot \sqrt{1^2 - (T(f, L, \varphi, \varepsilon_1, \varepsilon_2))^2} \quad (2)$$

де T, R – коефіцієнти проходження та відбиття; f – частота падаючої хвилі; L – товщина шару біотканини; φ – кут падіння; $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – діелектрична проникність першого та другого середовища відповідно.

Зокрема на рис. 2, що є результатом розробленої математичної моделі, представлено значення коефіцієнтів проходження та відбиття для шкіри, при товщині шару $L=1(\text{мм})$, та дискретних значення кута падіння променя для різних типів поляризації.

Провівши аналіз отриманих результатів, можна встановити параметри випромінювання, яке призведе до кращого лікувального ефекту певної біотканини при розробці медичного пристрою.

Перелік посилань

1. Соколова Ж.М. “Приборы и устройства СВЧ, КВЧ и ГВЧ диапазонов”. Учебное пособие для студентов технических вузов, обучающихся по направления “Радиотехника”. М., “Выш. Школа”. 2012. – 282с.

2. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн: Учеб. пособие для вузов. – 3-е изд., перераб. п доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989 – 544с.

Анотація

В даній статті розглянуто проблему опису проходження електромагнітного випромінювання через біоструктури. Розроблена математична модель, яка описує цей процес, з можливістю використання результату при розробці медичного пристрою.

Ключові слова: НВЧ-випромінювання, медицина.

Аннотация

В данной статье рассмотрено проблему описания прохождения электромагнитного излучения через биоструктуры. Разработана математическая модель, которая описывает этот процесс, с возможностью использования результатов при разработке медицинского прибора.

Ключевые слова: СВЧ-излучение, медицина.

Abstract

In this article the problem of describing the electromagnetic radiation passage through biostructures is considered. A mathematical model described this process with the ability to use the results in the development of a medical device is designed.

Keywords: Microwaves, medicine.