

ТЕПЛОВА ДІЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ НА ШКІРУ ЛЮДИНИ

У сучасному світі людина піддається інтенсивному впливу високочастотних електромагнітних хвиль. Джерелами електромагнітних збурень є предмети побуту: мобільний зв'язок, радіотелефонія; також і промислове устаткування: радіоретранслятори, високопотужні радіопередавачі, радіолокатори, лінії електропередач тощо. Виникає питання: чи безпечні дані джерела випромінювання, а якщо є небезпека, то в чому вона проявляється? Дане дослідження дозволяє розкрити лише одну частину питання, а саме те, який тепловий вплив надають електромагнітні збурення на перший механізм захисту людини – її шкіру.

У зв'язку з цим, розглянемо нормальне падіння на шкіру людини електромагнітної хвилі (ЕМХ) f з частотою і з середньою густиною потоку потужності π .

Потрібно визначити математичну модель шкіри людини і знайти розподіл у шкірному покриві – електричного поля E , середньої поглиненої потужності теплових втрат P_{ios} і температури T .

На сьогоднішній день існує дуже мало приладів, які могли б дослідити розповсюдження електромагнітного поля у шкірі людини. До того ж, ще складнішим є дослідження розповсюдження теплових утворень спричинених протіканням електромагнітного поля крізь шкіру. Саме тому у більшості випадків такі прилади є не точними і дуже складними за своєю будовою. Це приводить до того, що в результаті досліджень подібними приладами ми допускаємо значну кількість відхилень. Подібні методи роботи можуть приносити нам певні ускладнення у подальших дослідженнях.

Наприклад, різноманітні моделі тепловізорів. Такі прилади мають ряд власних особливостей і якщо ми захочемо дослідити з його допомогою невелику ділянку шкіри то нас спіткають дві головні проблеми: великі спотворення у результатах і високі ціни на матеріали для конструювання приладу.

Якщо взяти до уваги той факт, що проведення практичних досліджень теплового впливу електромагнітного поля на шкіру людини є не вигідним – ми можемо розраховувати на проведення досліджень з допомогою теоретичних розрахунків.

Для проведення теоретичних розрахунків проходження електромагнітного поля через шкіру людини, ми повинні побудувати модель піддослідного об'єкта. Для цього спочатку аналізуємо об'єкт, а вже потім визначимо характеристику його елементів і складемо із цього всього функціональну модель на базі відомих характеристик.

Шкіра представляється у вигляді шаруватої структури, що має п'ять шарів: роговий, епідерміс, дерма, гіподерма і м'язи. Кожен із шарів шкіри має власну діелектричну проникність і товщину. Ці значення для кожного шару заздалегідь відомі і практично у всіх нормальних випадках є однаковим, саме тому ми просто скористаємось готовими результатами.

В результаті ми отримаємо загальну модель шкіри людини, з допомогою якої можна проводити подальші дослідження.

У переважній кількості випадків застосування НВЧ і КВЧ випромінювання в біології та медицині об'єкт знаходиться в безпосередній близькості, а іноді і в прямому контакті з джерелом опромінення, тобто в зоні Френеля антени. У цьому випадку пучки Гаусса-Ерміта нульового порядку описують поля з високим ступенем точності.

Навіть якщо апертура пучка дорівнює довжині хвилі, до глибини в десяток довжин хвиль поперечний розподіл поля можна вважати незмінним, що характерно для регулярних ліній передач.

Розподіл модуля напруженості електричного поля змінюється зі зміною частоти. Наочне уявлення частотно-просторових залежностей дає рисунок 1.

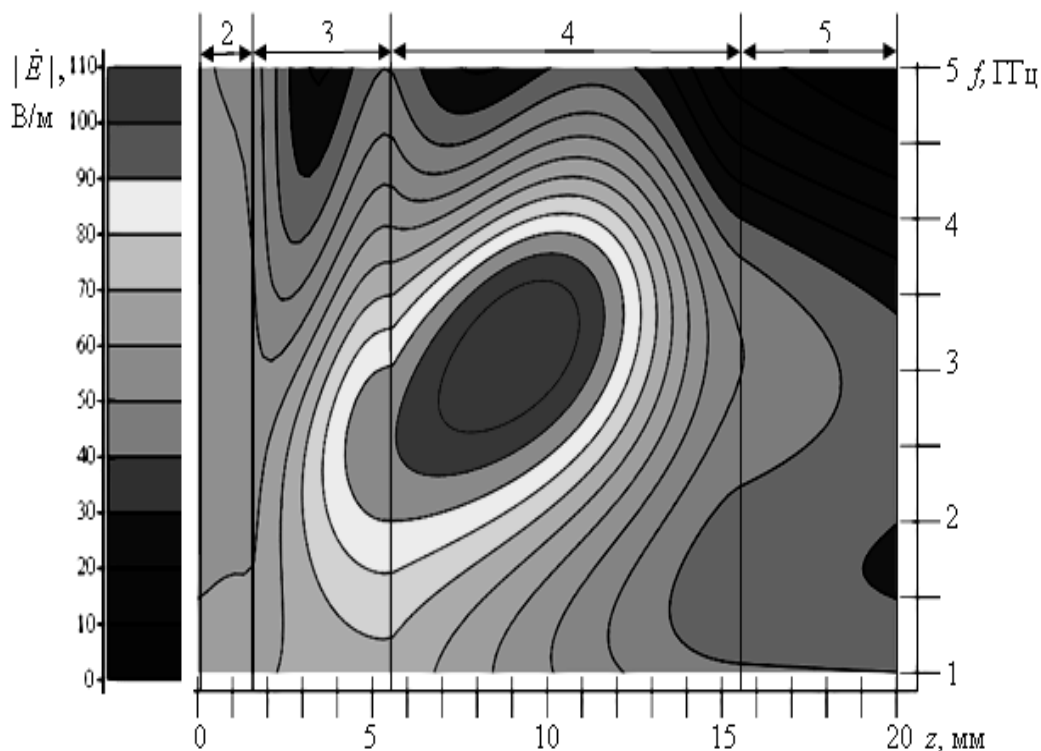


Рис. 1. Частотно-просторова залежність модуля напруженості електричного поля:
 2-5 – прошарки шкіряного покриву;
 перший прошарок шкіряного покриву занадто тонкий, тому і не показаний

На рисунку 1 видно, що в гіподермі зосереджено максимум напруженості електричного поля. Своє максимальне значення модуль напруженості електричного поля приймає на частоті близько 3 ГГц. Воно знаходиться на глибині близько 10 мм.

Таким чином, для знаходження розподілу комплексної амплітуди електричного поля E можна представити кожен шар у вигляді еквівалентного відрізка регулярної лінії передачі.

Виходячи з таких міркувань, ми і будемо продовжувати наші дослідження.

За відомим розподілом потужності теплових втрат, вирішуючи стаціонарне, неоднорідне рівняння теплопровідності, можна знайти розподіл температури в шкірі людини. Чисельне рішення цього рівняння не є складним. Проте має сенс дещо спростити завдання для того, щоб отримати загальне уявлення про розподіл температури в шкірному покриві.

Будемо вважати, що розподіл температури однорідний по перетину пучка електромагнітної хвилі. Це тим більше справедливо, чим вище коефіцієнт поперечної теплопровідності. Остання, мабуть, вище через кровотік.

Запропонований метод розрахунку дозволяє провести дослідження властивостей шкіряного покриву в широкому діапазоні параметрів. Однак треба мати на увазі наступне: характер частотних залежностей визначається товщиною шарів шкіряного покриву, значеннями діелектричної проникності та питомої провідності кожного з них.

Припустимо, що при щільності потужності випромінювання порядку $10 \text{ мВт} / \text{см}^2$ відхилення від вихідних значень не буде перевищувати десятої частки відсотка. Та при щільності потоку порядку $100 \text{ мВт} / \text{см}^2$, певно, вже не можна обмежуватись лінійним наближенням.

В цілому, наша робота може принести велику користь для дослідження теплового впливу на шкіру від роботи більшості приладів, які здатні на випромінювання електромагнітних хвиль.