

УДК 687.17:620.17

ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА КОМФОРТНОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Ю.О. СКРИПНИК, К.Л. ШЕВЧЕНКО, Н.П. СУПРУН, О.А. ВАГАНОВ

Київський національний університет технологій та дизайну

Проведено дослідження радіопрозорості, відбиття та інших електромагнітних показників текстильних матеріалів для одягу. Визначено, що ці показники можна використовувати для оцінки електромагнітної складової комфортності, визначальним показником чого є сировинний склад матеріалу.

Матеріали, які використовуються для виготовлення одягу, мають забезпечувати не лише захист людини від впливу навколишнього середовища, але й сприяти створенню відчуття комфортності під час експлуатації. У попередньому дослідженні нами було запропоновано [1] використовувати електромагнітні характеристики матеріалів як додаткової компоненти щодо оцінки комфортності текстильних матеріалів, з яких виготовляється одяг.

Слід відзначити, що не менш важливою властивістю матеріалів для одягу є їх відбивна здатність у діапазоні НВЧ. Кількісно відбивна здатність на частоті ν оцінюється спектральним коефіцієнтом відбиття, а саме:

$$\Gamma = \frac{J_{V_{\text{вд}}}}{J_{V_{\text{па}}}} \quad (1)$$

де $J_{V_{\text{вд}}}$ – спектральна щільність відбитого потоку електромагнітного випромінювання (ЕМВ); $J_{V_{\text{па}}}$ – спектральна щільність падаючого потоку ЕМВ.

Об'єкти та методи дослідження

Експериментальне визначення Γ_{ν} пов'язане зі значними труднощами, бо на фоні слабого ЕМВ шкіри людини необхідно виявити та виміряти відносно невелику відбиту частину ЕМВ від матеріалу. Так само як ЕМВ, так і його відбита частина є набагато меншою ніж рівень власних шумів вимірювальної НВЧ апаратури. Відтак, для отримання експериментальної оцінки Γ_{ν} різних матеріалів можуть бути рекомендовані вузькосмугові радіометричні схеми з гомодинним [2] і гетеродинним перетвореннями частоти спектра ЕМВ [3].

З іншої сторони, відбивну здатність матеріалу можна оцінити за його випромінювальною здатністю. Відповідно до закону випромінювання Кирхгофа, тіло, що при даній температурі краще поглинає випромінювання, має інтенсивніше його випромінювати. Отже, матеріали з високою випромінювальною здатністю повинні добре поглинати, а відтак, і мало відбивати. Виходячи з цього, спектральний коефіцієнт відбиття пов'язаний з коефіцієнтом випромінювальної здатності на цій частоті таким співвідношенням:

$$\Gamma_{\nu} = 1 - \beta. \quad (2)$$

Згідно зробленого обґрунтування у роботі [1], комфортність хорошою вважають за умови наближення β_m матеріалу до випромінювальної здатності шкіри людини ($\beta_{\text{до}} = 0,65$), тоді комфортними є матеріали, які мають коефіцієнт відбиття $\Gamma_{\nu} = 0,3 \dots 0,4$, тобто відбивають не більше 40% падаючого

ЕМВ. При інших значеннях коефіцієнта відбиття матеріалу комфортність по цьому показнику варто оцінювати за таким співвідношенням :

$$\Theta_{\Gamma} = [1 - \Gamma_{\nu} + (1 - \beta_{\epsilon})] \cdot 100\%. \quad (3)$$

Постановка завдання

Проникна здатність матеріалів (потіки В і F) визначається поглинанням і розсіюванням ЕМВ усередині матеріалу. Частка ЕМВ, яка поглинається перетворюється на тепло, а частка, що залишилася, після розсіювання проходить у підодяговий простір (потік F). Спектр поглинання визначається за типом домінуючих у матеріалі поглинаючих центрів у волокнах ниток і вмістом вологи в них. Поглинання істотно залежить від частоти ν спектральних складових ЕМВ. Експериментально коефіцієнт пропускання, що характеризує поглинаючу здатність матеріалу, можна визначити з такого виразу:

$$T_V = \frac{J_{V_{nn}}}{J_{V_{na}} - O_{V_{ei}}} \quad (4)$$

де $J_{V_{nn}}$ – спектральна щільність ЕМВ, що пройшов (потік F); $J_{V_{na}}$ – спектральна щільність падаючого ЕМВ (потік A); $J_{V_{ei}}$ – спектральна щільність відбитого ЕМВ (потік З).

Різниця $J_{V_{nn}} - J_{V_{ei}}$ являє собою спектральну щільність переломленого ЕМВ, що ввійшов до складу матеріалу.

З точки зору поліпшення електромагнітного обміну організму людини з навколишнім середовищем бажано, щоб поглинаюча здатність матеріалу одягу не набагато перевищувала б аналогічну здатність повітря. Тому комфортність матеріалу за цим показником, згідно [1], варто визначати за формулою:

$$\Theta_T = [1 - (T_{vB} - T_{vM})] \cdot 100\%, \quad (5)$$

де T_{vB} – коефіцієнт пропускання повітря; T_{vM} – коефіцієнт пропускання матеріалу.

З (4) витікає, що чим менше різниця T_{vB} і T_{vM} , тим «тонше» електромагнітний бар'єр з одягу, а комфортність матеріалу наближається до 100 %.

Теоретично при малому розсіюванні ЕМВ усередині матеріалу коефіцієнт пропускання визначається за законом Бугера-Бера, а саме

$$T_{vM} = \exp(-\alpha d), \quad (6)$$

де α – коефіцієнт загасання матеріалу; d – товщина матеріалу.

Коефіцієнт загасання α , як вказувалося вище, істотно залежить від частоти ν та визначається за таким виразом:

$$\alpha = 2\pi\nu \sqrt{\frac{\epsilon_M \mu_M}{2} \cdot (\sqrt{1 + \tan^2 \delta} - 1)}, \quad (7)$$

де ϵ_M і μ_M – діелектрична та магнітна проникності матеріалу; δ – кут діелектричних і магнітних втрат у матеріалі.

Результати та їх обговорення

Виміряти безпосередньо коефіцієнт T_{VM} (6) досить складно, з огляду на мале значення коефіцієнта загасання (7) текстильних матеріалів, які у більшості випадків є діелектриками з малими втратами. Тому вони мають відносно високу проникну здатність. Але через розходження хвильового опору матеріалу і повітря, значна частина падаючого на матеріал потоку ЕМВ відбивається, що і створює додатковий електромагнітний бар'єр на шляху електромагнітного обміну. Отже, передатні властивості матеріалу одягу варто оцінювати інтегрально з урахуванням поглинання ЕМВ усередині матеріалу, а також з урахуванням відбиття від непогодженості середовищ поширення електромагнітних коливань у матеріалі та повітрі. Кількісно коефіцієнт передачі матеріалу можна оцінити за формулою:

$$K_V = \frac{J_{Vmn}}{J_{Vma}} \quad (8)$$

де J_{Vma} – весь потік ЕМВ, що падає на поверхню матеріалу.

Коефіцієнт (8) значно менше коефіцієнта (4), проте саме цей коефіцієнт більш повно характеризує транспортуючу роль матеріалу одягу по електромагнітній енергії. Комфортність матеріалу по показнику (8) доцільно оцінювати в порівнянні з повітряним шаром тієї ж товщини, що й матеріал. Результат порівняння можна представити у вигляді різниці

$$\varepsilon = K_{Vn} - K_{VM} \quad (9)$$

де K_{Vn} і K_{VM} - коефіцієнти передачі повітряного шару і матеріалу однієї товщини.

Різницевий показник (9) фактично характеризує радіопрозорість матеріалу або його мікрохвильову проникність відносно повітряного середовища. Чим менше ε , тим ближче радіопрозорість матеріалу до радіопрозорості повітря. Очевидно, що й комфортність матеріалу у відсотках за цим показником, згідно [1], можна оцінити за такою формулою

$$\Theta_K = (1 - \varepsilon) \cdot 100\%. \quad (10)$$

Показник ε можна виміряти за допомогою диференціальної радіометричної системи [4], показання якої не залежать від рівня падаючого ЕМВ. Рис.1 ілюструє оцінку комфортності текстильних матеріалів щодо їх радіопрозорості залежно від типу волокон і наявності хімічних волокон у сировинному складі тканин. Як видно з розподілу матеріалів за їх радіопрозорістю, додавання хімічних волокон знижує комфортність матеріалу, хоча й надає йому корисних властивостей зокрема міцності, незмиральності, більш яскравого фарбування тощо).

Запропоновані нами показники комфортності матеріалів одягу ε , значною мірою, незалежними величинами, кожна з яких визначається конкретними властивостями та сировинним складом матеріалів. Тому результуючу (інтегральну) оцінку комфортності матеріалу в цілому доцільно встановлювати через середньоквадратичну оцінку, а саме

$$\Theta_M = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{\Theta_i^2}{n}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\Theta_\beta^2 + \Theta_\Gamma^2 + \Theta_T^2 + \Theta_K^2}. \quad (11)$$

Оцінка (11) може достатньою мірою характеризувати комфортність матеріалу для одягу за четвертою тридцятимільйонною комплексною оцінкою споживчих, гігієнічних, захисних та інших властивостей одягу.

Для досліджень нами були обрані костюмні тканини вітчизняного та зарубіжного виробництва, які відрізнялися сировинним складом. Результати визначення їх радіопрозорості на частоті $f = 52$ ГГц при температурі $T = 310$ К, наведені на рис. 1, свідчать про відчутну різницю у значеннях послаблення потоку ЕМВ в залежності від природи волокна, а також від співвідношення натуральних та хімічних волокон у складі матеріалу.

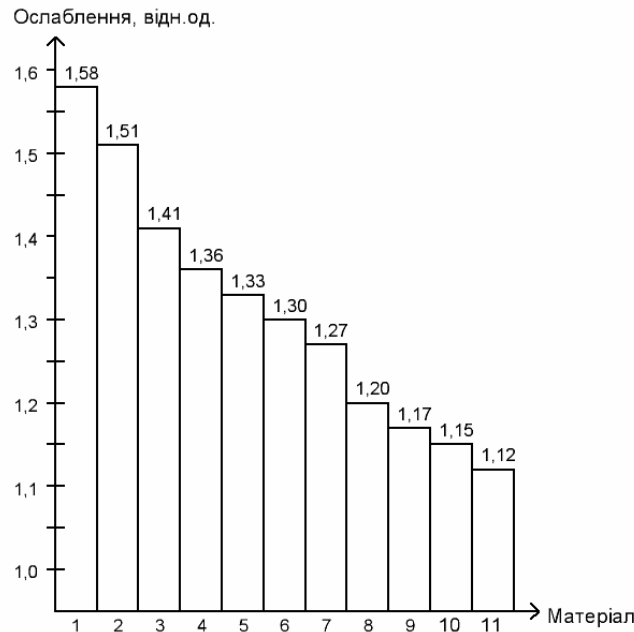


Рис.1. Розподіл матеріалів по їх радіопрозорості на частоті $f = 52$ ГГц при температурі $T = 310$ К:
1 – поліамід (100%); 2 – поліефір (100%); 3 – бавовна (47%) + поліефір (53%); 4 – віскоза (55%) + поліефір (45%); 5 – бавовна (55%) + поліефір (45%); 6 – бавовна (60%) + поліефір (40%); 7 – бавовна (65%) + поліефір (35%); 8 – віскоза (100%); 9 – шовк (100%); 10 – бавовна (100%); 11 – вовна (100%)

Частотно-польова оцінка комфортності матеріалів одягу буде не повною, якщо не враховувати частотні залежності коефіцієнтів (2), (4), (5) у роботі [1], і (4), (6), (8) у цій роботі в діапазоні НВЧ, а також залежності цих коефіцієнтів від інтенсивності ЕМВ. Останнє можна оцінити за допомогою виміру нелінійних властивостей матеріалів модуляційним методом у слабких та сильних ЕМП [5]. Підвищення вірогідності оцінок комфортності матеріалів можливе лише за умов підвищення точності вузькополосних радіометрів, наприклад, завдяки використанню компенсації прийнятого ЕМВ шумами гетеродинного перетворювача частоти [6].

Висновки

Частотно-польова оцінка комфортності матеріалів одягу доповнює багатопараметричну оцінку якості матеріалів легкої промисловості. До ряду приватних показників, які характеризують термо-, нейро- і психофізіологічний комфорт, варто додати й показники за випромінювальною, відбивною, поглинаючою та проникною здатністю матеріалів у діапазоні НВЧ, особливо в області міліметрових хвиль, на яких здійснюється інформаційний обмін живих організмів з навколишнім середовищем. Підбір матеріалів для одягу за цими показниками підвищить продуктивність праці людей, зменшить негативний

вплив коливань електромагнітного фону землі (магнітні бури, сонячні спалахи, варіації космічного випромінювання й т.п.) на самопочуття та здоров'я людей.

Автори висловлюють подяку проф. Яненко А.Ф. (НТУ «КП») за надану високочутливу радіометричну систему міліметрового діапазону довжин хвиль, на якій були проведені експериментальні дослідження текстильних матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Скрипник Ю.О., Супрун Н.П., Шевченко К.Л., Ваганов О.А. Частотно-польова оцінка комфортності одягу. // Вісник КНУТД. – 2009, – №2. – С.131–136.
2. Скрипник Ю.О., Яненко О.П., Перегудів С.М., Ваганов О.А. Пристрій для мікрохвильової терапії. Патент №13740 Україна, МПК А61Н 39/00, А61Н 5/02. – 2006. Бюл. №4, – 10 с.
3. Головка Д.Б., Скрипник Ю.О., Яненко О.П. Надвисокочастотні методи та засоби вимірювання фізичних величин. – К.: Либідь, – 2003. – 328 с.
4. Скрипник Ю.О., Ваганов О.А. Пристрій для вимірювання мікрохвильової проникності матеріалів Патент №33007 Україна, МПК G01N22/00. – 2008. Бюл. №11, – 10 с.
5. Скрипник Ю.О., Ваганов О.А. Пристрій для визначення нелінійності електрофізичних характеристик матеріалів. Патент №31812 Україна, МПК G01N22/00. – 2008. Бюл. №8, – 10 с.
6. Скрипник Ю.О., Ваганов О.А. Модуляційний гетеродинний радіометр Патент №9144 Україна, МПК G01R29/08. – 2005. Бюл. №9, – 10 с.

Надійшла 29.052009

УДК:621.833

ДОЦІЛЬНІ ДОПОВНЕННЯ ДО СТРУКТУРНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ АССУРА-АРТОБОЛЕВСЬКОГО

В.О.ПИЩИКОВ, Б.В.ОРЛОВСЬКИЙ

Київський національний університет технологій та дизайну

Наведено доповнення до структурної класифікації Ассура-Артоболевського, розширено та уточнено перелік і структуру механізмів I класу, запропоновано умовні позначення видів та модифікацій групи Ассура II класу, доведено об'єктивне існування та доцільність використання двох варіантів групи Ассура II класу 5 виду

Сучасні методи кінематичного аналізу плоских механізмів, їх розрахунків, структурного синтезу органічно пов'язані з системою структурної класифікації, запропонованою ще в 1914 році Л.В.Ассуром [1] та розвинутою в роботах І.І.Артоболевського, В.В.Добровольського та ін. [2,3]. Структурна класифікація Ассура-Артоболевського охопила всі існуючі і можливі плоскі механізми, встановила правила та алгоритми аналізу, розрахунків, основні принципи їх структурного синтезу. Структурна класифікація Ассура-Артоболевського визнана найраціональнішою і найбільш досконалою [4,5]. Згідно з