



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 59881

(13) A

(51) 7 G01N33/36

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) СПОСІБ ОЦІНКИ КОМФОРТНОСТІ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОДЯГУ

1

2

(21) 20021210721

(22) 28 12 2002

(24) 15 09 2003

(46) 15 09 2003, Бюл. № 9, 2003 р.

(72) Скрипник Юрій Олексійович, Супрун Наталія
Петрівна, Островецька Юлія Ігорівна, Яненко
Олексій Пилипович(73) Скрипник Юрій Олексійович, Супрун Наталія
Петрівна, Островецька Юлія Ігорівна, Яненко
Олексій Пилипович(57) Спосіб оцінки комфортності матеріалів для
одягу, який полягає в тому, що зразок
досліджуваного матеріалу розміщують на шкірі
людини, приймають антеною електромагнітне ви-
промінювання радіочастотного діапазону, що про-
ходить через нього, сигнал антени подають на вхід
модуляційного радіометра і фіксують його вихідну
напругу, який відрізняється тим, що вводять ос-
лаблення сигналу, прийнятого антеною, змінним
атенюатором, змінюють ослаблення прийнятого
сигналу до обнуління вихідної напруги моду-ляційного радіометра, фіксують значення ко-
ефіцієнта передачі α_1 , внесеного змінним атенюа-
тором, виводять зразок досліджуваного матеріалу
з зони прийому антени, фіксують збільшення
вихідної напруги модуляційного радіометра,
збільшують ослаблення сигналу, прийнятого анте-
ною, до повторного обнуління вихідної напруги
модуляційного радіометра, фіксують друге зна-
чення коефіцієнта передачі α_2 , внесеного змінним
атенюатором, а комфортність матеріалу для по-
всякденного одягу оцінюють числовим значенням
коефіцієнта його радіопрозорості q у відсотках

$$q = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \cdot 100[\%],$$

а для захисного одягу - коефіцієнтом екранування
р у відсотках

$$p = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1} \cdot 100[\%]$$

Винахід відноситься до області аналізу вла-
стивостей матеріалів одягу радіаційними метода-
ми в радіочастотному діапазоні і може бути вико-
ристане для оцінки комфортності матеріалів при
створенні нових видів повсякденного і захисного
одягу

У будь-яких умовах зовнішнього середовища
між тілом людини і навколишнім середовищем
відбувається взаємодія електромагнітних випроміню-
вань. Найбільш інтенсивна взаємодія відбуває-
ється в інфрачервоній (ІЧ) області довжин хвиль,
наслідком якої є теплова рівновага людини з на-
вколишнім середовищем. Не менш важливим є й
обмін електромагнітною енергією в довгохвильовій
області (міліметровими і сантиметровими радіо-
хвилями).

Справа в тому, що крім рівноважного радіоте-
плового випромінювання, що притаманне усім фі-
зичним тілам, людині, як живій істоті, притаманне
когерентне електромагнітне випромінювання клі-
ток, резонансні частоти мембран яких перебуває в
міліметровому діапазоні довжин хвиль 10^{10} -

10^{11} Гц (див. Стьєко С. П. Фундаментальні проблеми
біології з позиції квантової фізики живого // Фізика
живого - 2001 - Том 9, №2 - С 5-17). При цьому
плазматичні мембрани є активними центрами ко-
герентної системи організму. Наявність електрич-
них зарядів на мембранах при їхніх коливаннях
перетворює їх у джерело електромагнітних хвиль
міліметрового діапазону. У результаті усередині
тіла людини діє власне когерентне поле, яке
підтримується завдяки електромагнітній активності
кожної клітинки організму. Збереження стійкості
когерентного поля організму забезпечується умо-
вою падіння хвилі, що біжить, зсередини на
шкірний покрив під кутом рівним або більшим кута
повного внутрішнього відбиття. Завдяки відбиттю в
енергетичних каналах людини (у так званих ме-
ридіанах) утворюються стоячі хвилі з відповідною
інтерференційною структурою. Велике поглинання
електромагнітних хвиль міжклітинною рідиною
компенсується безупинною генерацією хвиль
мембранами кліток.

Завдяки енергетичному підживленню когерен-

(13) A

(11) 59881

(19) UA

тне поле існує в живому організмі постійно і направляє, координує роботу всіх органів і систем організму, створюючи електромагнітний каркас живого. Поза тілом людини через перепомплення і поглинання в шкірному покриві електромагнітне поле сильно слабшає і порушується його когерентність. Але, незважаючи на це, інформаційні і керуючі властивості зберігаються і виявляються при взаємодії з зовнішніми біологічними об'єктами і навколишнім середовищем. Стабільність внутрішнього і зовнішніх електромагнітних полів забезпечує сталість гомеостазу людини.

Матеріали для одягу є своєрідним екраном, що в певній мірі перешкоджає випромінюванню біоінформаційного поля людини і послабляє вплив зовнішніх електромагнітних факторів у зазначеному діапазоні частот. Сам по собі одяг являє собою діелектричне покриття, через яке радіочастотне випромінювання від різних ділянок тіла проходить з відносно малим загасанням на відміну від інфрачервоного й оптичного діапазонів. Але через розходження діелектричних властивостей матеріалів для одягу і шкіри на границі поділу середовищ (шкіра-одяг) відбувається відбиття електромагнітних хвиль, що і перешкоджає вільному обміну електромагнітною енергією між внутрішнім джерелом випромінювання людини і зовнішніх джерел. Так, якщо відносна діелектрична проникність шкіри складає 14-16 одиниць, то бавовняні нитки мають 8-10 одиниць, капронові й інші синтетичні нитки 2,7-4,5 одиниць. Природно, текстильні матеріали із синтетичних волокон з більшою діелектричною проникністю мають більш високі відбивні властивості, ніж текстильні матеріали з натуральних волокон. Однак оцінка комфортності тільки по діелектричній проникності матеріалів для одягу є недостатньою, тому що не враховується загасання електромагнітного випромінювання по товщині матеріалу, і також його випромінювальна здатність у навколишнє середовище (див. Дель Р. А., Афанасьєва Р. Ф., Чубарова З. С. Плієна одягу. Навчальний посібник для вузів — М. Легпромбытиздат 1991 -С-137-140).

Відомий спосіб оцінки комфортності матеріалів для одягу (див. Гущина К. Г., Беляєва С. А., Командрикова Е. Я. та ін. Експлуатаційні властивості матеріалів для одягу і методи оцінки їхньої якості. М. Легка і харчова промисловість 1984 -С 268-270), який полягає в тому, що досліджуваний матеріал розміщують на металевому сердечнику, у якому вмонтований електричний нагрівач, приймають голівкою радіометра електромагнітне випромінювання ІЧ-діапазону, нагрівають робочий спай термопари, розташований в глибині голівки радіометра, вимірюють термоЕРС термопари, що контактує безпосередньо з поверхнею досліджуваного матеріалу, і термоЕРС термопари усередині радіометра. Комфортність матеріалу оцінюють за коефіцієнтом його випромінювальної здатності, який визначають по різниці обмірюваних термоЕРС.

Однак спосіб оцінки по електромагнітному випромінюванню в ІЧ-діапазоні характеризує тільки тепловий комфорт людини і не відображає можливий стан фізіологічного дискомфорту в радіочастотних більш довгохвильових полях випроміню-

вань. Тому одяг, що добре захищає від холоду або теплових впливів, може виявитися зовсім непридатною для роботи людини в зонах з високим рівнем радіовипромінювання, наприклад, від радіолокаційних станцій або телекомунікаційних мереж.

Відомий також спосіб оцінки комфортності матеріалів для одягу (див. Островецкая Ю. И., Супрун Н. П., Скрипник Ю. А., Янепко А. Ф. Мікрохвильова оцінка комфортності матеріалів для одягу // Матеріали 12-ї міжнародної конференції «СВЧ-техніка і телекомунікаційні технології» (Крымико-2002), Севастополь «Вебер» -2002 —С 561-562), який полягає в тому, що зразок досліджуваного матеріалу розміщують на шкірі людини, приймають антеною електромагнітне випромінювання радіочастотного діапазону, що проходить через нього, сигнал антени подають на вхід модуляційного радіометра і фіксують його вихідну напругу.

Крім того, відомий спосіб включає вимір коефіцієнта випромінювання досліджуваного матеріалу в області міліметрових хвиль шляхом його нагрівання до температури $37,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ в термостаті і вимір інтенсивності електромагнітного випромінювання радіометром міліметрового діапазону з поверхні матеріалу.

Однак при цьому вимірюється тільки випромінювальна здатність нагрітих матеріалів, але не враховується їх відбивна і поглинальна здатність до внутрішніх і зовнішніх електромагнітних випромінювань. Зовсім не враховується проходження біоінформаційного випромінювання людини через досліджуваний матеріал, тому що в електричному нагрівачі відсутня ця складова випромінювання, яка притаманна лише живому організму. Через надзвичайно низький рівень радіотеплового випромінювання людини при температурі 37°C (не більш $10^{13}-14^{14}\text{Вт/см}$) точність виміру інтенсивності електромагнітного випромінювання є недостатньою, що не дозволяє вірогідно оцінювати комфортність різних матеріалів для одягу, як повсякденного так і захисного.

В основу винаходу покладено задачу створення такого способу оцінки комфортності матеріалів для одягу, у якому введення нових операцій дозволило б комплексно оцінити відбивну, поглинальну, проникну і випромінюючу здібності різних матеріалів, взаємодіючих безпосередньо з електромагнітним випромінюванням людини, що забезпечить можливість кількісної оцінки з високою точністю комфортності різних матеріалів для одягу.

Поставлена задача вирішується тим, що в спосіб оцінки комфортності матеріалів для одягу, який полягає в тому, що зразок досліджуваного матеріалу розміщують на шкірі людини, приймають антеною електромагнітне випромінювання радіочастотного діапазону, що проходить крізь нього, сигнал антени подають на вхід модуляційного радіометра та фіксують його вихідну напругу, згідно з винаходом, вводять ослаблення сигналу, прийнятого антеною змінним атенюатором, змінюють ослаблення прийнятого сигналу до обнуління вихідної напруги модуляційного радіометра, фіксують значення коефіцієнта передачі α_1 , внесеного змінним атенюатором, виводять зразок

досліджуваного матеріалу з зони прийому антени, фіксують збільшення вихідної напруги модуляційного радіометра, збільшують ослаблення сигналу, прийнятого антеною, до повторного обнуління вихідної напруги модуляційного радіометра, фіксують друге значення коефіцієнта передачі α_2 , введеного змінним атенюатором, а комфортність матеріалу для повсякденного одягу оцінюють числовим значенням коефіцієнта його радіопрозорості q у відсотках

$$q = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \cdot 100[\%],$$

а для захисного одягу коефіцієнтом екранування p у відсотках

$$p = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1} \cdot 100[\%]$$

Введення змінним атенюатором ослаблення сигналу, прийнятого антеною від зразка досліджуваного матеріалу, збільшення ослаблення до обнуління вихідної напруги модуляційного радіометра, фіксація значення цього ослаблення за коефіцієнтом передачі атенюатора, виведення зразка досліджуваного матеріалу з зони прийому антени, збільшення ослаблення прийнятого сигналу до повторного обнуління вихідної напруги модуляційного радіометра, фіксування другого значення ослаблення, яке вноситься змінним атенюатором, визначення коефіцієнта радіопрозорості матеріалу по двох значеннях коефіцієнта передачі атенюатора дозволяє кількісно (за числовим значенням коефіцієнта радіопрозорості) з високою точністю оцінити комфортність різних матеріалів для повсякденного та захисного одягу з погляду забезпечення електромагнітної рівноваги з навколишнім середовищем

На кресленні представлена схема випробування матеріалів для одягу в електромагнітному полі людини і кількісної оцінки комфортності цих матеріалів

На кресленні позицією 1 позначена шкіра людини, зразок досліджуваного матеріалу 2, приймальна антена 3, змінний атенюатор 4. Позицією 5 позначений модуляційний радіометр, який має в своєму складі автоматичний ключ-модулятор 6, генератор 7 низької частоти, вхідний опір 8, підсилювач 9 високої частоти, квадратичний детектор 10, підсилювач 11 низької частоти, синхронний детектор 12, фільтр 13 нижніх частот. Позицією 14 позначений індикатор нуля

Спосіб оцінки комфортності матеріалів для одягу здійснюється таким чином

На шкірі 1 людини розміщують зразок 2 досліджуваного матеріалу. Електромагнітне випромінювання людини частково відбивається від зразка, частково поглинається і розсіюється в ньому. Випромінювання, яке проходить, приймається антеною 3. Оскільки матеріал знаходиться в контакті зі шкірою людини, то він нагрівається і набуває температуру близьку до температури шкірного покриву. У результаті нагрівання матеріал сам починає випромінювати електромагнітні хвилі (радіотеплове випромінювання). У результаті антеною 3 приймається як електромагнітне випромінювання людини радіочастотного діапазону, що пройшло крізь

матеріал, так і радіотеплове випромінювання самого матеріалу

Відношення потужності прийнятого випромінювання до потужності, яку випромінює людина, можна характеризувати узагальненим коефіцієнтом радіопрозорості, що враховує усі види втрат і генерацію вторинного випромінювання. З урахуванням коефіцієнта радіопрозорості сигнал, прийнятий антеною 3, можна представити у вигляді

$$U_f^2 = S_1 P_1 = S_1 P_0 q_0 \quad (1),$$

де U_f^2 — дисперсія вихідного сигналу антени,

S_1 — чутливість антени,

P_1 — потужність випромінювання на протилежній до тіла людини стороні матеріалу,

P_0 — потужність випромінювання людини,

q — коефіцієнт радіопрозорості матеріалу

Вихідний сигнал антени через атенюатор 4 надходить на вхід автоматичного ключ-модулятора 6 модуляційного радіометра 5. Інтенсивність електромагнітного випромінювання людини в радіочастотному діапазоні дуже мала ($< 10^{13} - 10^{16} \text{ Вт/см}^2$). Прийнята антеною потужність випромінювання ще менша і порівнянна з потужністю власних шумів радіометра. Вхідний сигнал підсилювача 9 високої частоти являє собою суміш корисного сигналу і власного шуму підсилювача. Оскільки шуми підсилювача і сигнал антени незалежні і між собою некорельовані, то дисперсію підсиленого сигналу на виході підсилювача 9 представимо як

$$U_3^2 = K_1(\alpha U_f^2 + U_{21}^2),$$

де K_1 — коефіцієнт підсилення високочастотного підсилювача 9 за потужністю,

α — коефіцієнт передачі атенюатора 4 за потужністю,

U_{21}^2 — дисперсія власних шумів високочастотного підсилювача 9 при замкнутому ключі-модуляторі 6

При замкнутому ключі-модуляторі 6 рівень шуму відносно невеликий, тому що визначається низькоомним вихідним опором атенюатора 4, що значно менше вхідного опору 8 підсилювача 9 ($U_{21}^2 \ll \alpha U_f^2$)

Посилений сигнал (2) випрямляється квадратичним детектором 10, а перетворена квадратично підсилена напруга усереднюється фільтром детектора

$$U_4 = S_2 U_3^2 = \overline{S_2 K_1} (\alpha \overline{U_f^2} + U_{21}^2), \quad (3)$$

де символ $\overline{}$ — означає операцію усереднення,

S_2 — крутість перетворення квадратичного детектора 10

При розімкнутому ключі-модуляторі 6 вхід підсилювача 9 відключається від низькоомного вихідного опору атенюатора 4. Власні шуми підсилювача 9 при цьому зростають до рівня, що визначається значенням його вхідного опору 8. Оскільки сигнал антени 3 через переривання на вхід підсилювача 9 не надходить, то підсилюється тільки зростлий власний шум. Тому дисперсія вихідного сигналу підсилювача 9 зростає до значення

$$U_5 = K_1 U_{22}^2, \quad (4)$$

де U_{22}^2 — дисперсія власних шумів підсилювача 9 при розімкнутому ключі-модуляторі 6 ($U_{22}^2 \gg U_{21}^2$)

Відповідно вихідна усереднена напруга квадратичного детектора при розімкнутому ключі-модуляторі приймає значення

$$U_6 = \bar{S}_2 \bar{U}_5^2 = S_2 K_1 U_{22}^2 \quad (5)$$

При періодичній роботі ключа-модулятора 6 під впливом прямокутної напруги генератора 7 низької частоти на виході квадратичного детектора 10 формується послідовність відеоімпульсів з амплітудами (3) і (5). Підсилювачем 11 низької частоти виділяється і підсилюється перемінна складова напруги послідовності відеоімпульсів з амплітудою

$$U_7 = \frac{1}{2} (U_4 - U_6) = \frac{S_2 K_1}{2} (\alpha U_1^2 + \bar{U}_{21}^2 - \bar{U}_{22}^2) \quad (6)$$

Змінна напруга з амплітудою (6) підсилюється підсилювачем 11 низької частоти, випрямляється синхронним детектором 12 і згладжується фільтром 13 нижніх частот. Випрямлену напругу з урахуванням виразу (1) представимо як

$$U_8 = \frac{1}{2} S_1 K_1 S_2 K_2 K_3 K_4 (S_1 q \alpha P_0 + \bar{U}_{21}^2 - \bar{U}_{22}^2) \quad (7)$$

де K_2 - коефіцієнт підсилення підсилювача 11 низької частоти,

K_3 - коефіцієнт випрямлення синхронного детектора 12,

K_4 - коефіцієнт передачі фільтра нижніх частот 13

Випрямлена напруга (7) фіксується індикатором нуля 14

Коефіцієнт передачі α атенюатора 4 змінюють до досягнення нульового показання індикатора 14. При досягненні нуля виконується умова

$$S_1 q \alpha P_0 + \bar{U}_{21}^2 = \bar{U}_{22}^2, \quad (8)$$

де α_1 - коефіцієнт передачі атенюатора 4, що відповідає нульовому показанню індикатора

Далі виводять досліджуваний матеріал 2 із зони прийому антени 3, що еквівалентно співвідношенню $q=1$. При цьому порушується умова (7) і випрямлена напруга знову зростає до значення

$$U_8 = \frac{1}{2} S_1 K_1 S_2 K_2 K_3 K_4 (S_1 \alpha_1 P_0 + \bar{U}_{21}^2 - \bar{U}_{22}^2) \quad (9)$$

Зменшенням коефіцієнта передачі атенюатора 4 знову добиваються нульового показання індикатора 14. Прирівнюючи вираз (8) нулю, одержуємо

$$S_1 \alpha_2 P_0 + \bar{U}_{21}^2 = \bar{U}_{22}^2, \quad (10)$$

де α_2 - коефіцієнт передачі атенюатора 4 при повторному обнуленні індикатора 14 ($\alpha_2 < \alpha_1$)

З виразу (10) визначають різницю потужностей шуму підсилювача 9 при замкнутому і розімкнутому станах ключа-модулятора 6

$$\bar{U}_{22}^2 - \bar{U}_{21}^2 = S_1 \alpha_2 P_0 \quad (11)$$

Підставивши значення різниці (11) у вираз (8),

одержимо рівняння

$$q \alpha_1 = \alpha_2, \quad (12)$$

звідки коефіцієнт радіопрозорості матеріалу у відсотках

$$q = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \cdot 100 [\%] \quad (13)$$

Коефіцієнт радіопрозорості q визначається за двома значеннями коефіцієнту передачі змінного атенюатора 4. Стандартні атенюатори зазвичай градуюються в логарифмічних одиницях (децибелах, dB, або неперах, Нп), які характеризують послаблення A електромагнітної енергії, що вноситься регульованим елементом атенюатора. Тому показання шкали атенюатора в dB, які відповідають нульовим показанням радіометра, необхідно перевести в відносні одиниці за таблицею (див. Скрипник Ю. О., Манойлов В. П., Яненко О. П. Модуляційні радіометричні пристрої та системи НВЧ-діапазону - Ж. ЖІТІ - 2001 - 373с). Або перераховується за формулою

$$\alpha = \frac{1}{10^{A/10}}, \quad (14)$$

де A - ослаблення атенюатора в dB

Якщо повсякденний одяг не затримує електромагнітне випромінювання людини, тобто відсутнє відбиття від внутрішнього шару одягу і здійснюється вільний обмін електромагнітною енергією з навколишнім середовищем, то комфортність такого одягу можна вважати рівною 100% ($q=1$). Відбиття частини електромагнітної енергії або поглинання її в матеріалі одягу, особливо при зволоченні тканини, порушують умову вільного енергетичного та інформаційного обміну, що знижує комфортність одягу. Чим менше коефіцієнт q , тим нижче комфортність повсякденного одягу.

Таким чином, вираз (13) може служити кількісною оцінкою ступеня комфортності повсякденного одягу з різних матеріалів. При цьому на значення коефіцієнта q не впливає нестабільність параметрів самого радіометра ($S_1, S_2, K_1, K_2, K_3, K_4$), а також рівень власних шумів ($\bar{U}_{22}^2, \bar{U}_{21}^2$). Точність визначення коефіцієнта q , як випливає з виразу (13), визначається тільки похибкою градуировки змінного атенюатора, що для радіочастотного діапазону не перевищує частки відсотка. Тому кількісна оцінка комфортності матеріалів для одягу може бути зроблена з високою точністю.

Якщо одяг призначений для захисту людини від зовнішніх техногенних електромагнітних полів, то радіопрозорість захисного одягу повинна бути малою ($q \ll 1$). Тому комфортність захисного одягу повинна оцінюватися за критерієм $(1-q) \cdot 100\%$. У випадку повного екранування тіла людини від зовнішнього випромінювання ($q=0$) комфортність такого одягу також варто оцінювати в 100%. В міру збільшення коефіцієнта радіопрозорості ($q>0$) відповідно знижується комфортність захисного одягу.

$$1 - q = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1} \cdot 100 < 100\%, \quad (15)$$

Тому комфортність захисного одягу варто оцінювати коефіцієнтом екранування p , який мож-

на оцінити за формулою

$$p = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1} \cdot 100\% \quad (16)$$

Таким чином, вимірявши коефіцієнт радіопрозорості (13), або екранування (16) матеріалу запропонованим способом, можна кількісно оцінити ступінь комфортності одягу в відсотках в залежності від її призначення (повсякденна або захисна). У свою чергу радіопрозорість або її екрановані властивості матеріалу залежить від структури тканини та електрофізичних властивостей ниток, які утворюють структуру, що можна оцінити експериментально за допомогою атенюатора та радіометра.

Приклад Для дослідження радіопрозорості матеріалів в міліметровому діапазоні для одягу використовувався модуляційний радіометр, що сприймає електромагнітне випромінювання людини в діапазоні частот 37-53 ГГц (нижня зона частот міліметрового діапазону). Флукуаційний поріг чутливості модуляційного радіометра складав 10^{-14} Вт/см² при частоті перетворення (модуляції) 1000 Гц і смузі пропускання підсилювача низької частоти не більш 5% від центральної частоти (± 50 Гц). В якості змінного атенюатора використовувався поляризаційний атенюатор мм-діапазону хвиль ДЗ-37.

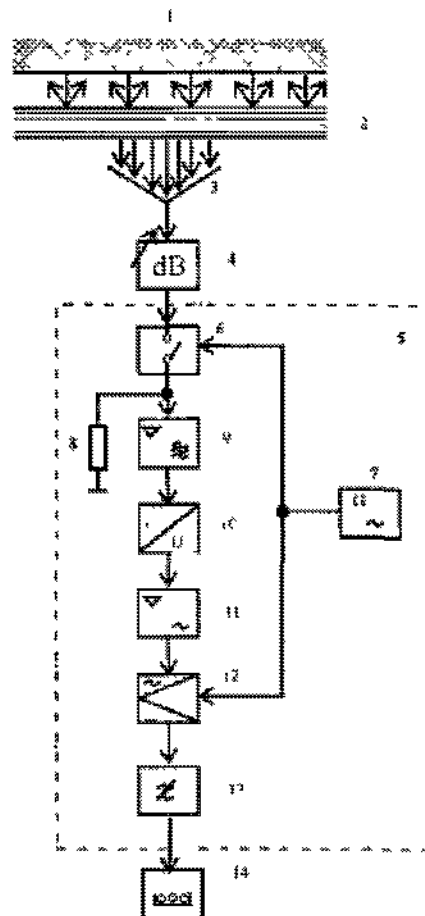
Коефіцієнт радіопрозорості для костюмних

тканин склав 80-84% (з вовняних волокон) і 70-80% (із суміші вовняних волокон з хімічними). Для платяних тканин цей коефіцієнт склав 70% (з натурального шовку) і 55-65% (із синтетичних волокон). При зволоженні тканини (яке відбувається при потовиділенні людини) коефіцієнт радіопрозорості різко знижується до рівня 15-20%, що суттєво погіршує комфортність одягу. Металізовані тканини володіють малим коефіцієнтам радіопрозорості (20-40%), завдяки великому коефіцієнту відбиття.

З отриманих результатів випливає, що тканини з натуральних волокон забезпечують більш високу комфортність, ніж з хімічних, що є перевагою для повсякденного одягу.

Найбільшу радіопроникність мають тканини з бавовняних і віскозних волокон (до 95%). У той же час тканини із синтетичних волокон забезпечують комфортність одягу не більше ніж на 50-60%.

Для захисту від зовнішніх електромагнітних полів доцільне використання тканин металізованих або з поліамідними, поліефірними і полівінілхлоридними волокнами. Ефективно також використання металізованих прокладок у пакетах тканин захисного одягу для підвищення коефіцієнта екранування до 90-95%.



Фиг.

