

УДК 62-768:537.531

Ю. Є. Яремчук, В. С. Катаєв, М. Ю. Гижко, П. В. Павловський
Вінницький національний технічний університет
Хмельницьке шосе, 95, 21021 Вінниця, Україна

Дослідження характеристик вітчизняних радіонепрозорих тканин Н1, Н2 та Н3 при різних комбінаціях їхнього застосування

Експериментально досліджено радіонепрозорі тканини вітчизняного виробництва Н1, Н2 та Н3 і визначено загальний коефіцієнт екранування при різних варіаціях поєднання цих тканин. Лабораторні виміри проведено у діапазоні частот з урахуванням розміщення волокон, результати отримано як для горизонтального, так і для вертикального розташування. Для досліджень антена випромінюючого пристрою по чергово екранувалася тканинами в різних комбінаціях: Н1-Н2, Н2-Н3 та Н1-Н3. Результати вимірювань показали, що в усіх комбінаціях тканин коефіцієнт екранування значно змінюється у смузї частот і залежно від розташування волокон тканини.

Ключові слова: захист інформації, побічне випромінювання, радіонепрозорі тканини, коефіцієнт екранування.

Вступ

Очевидним є той факт, що сьогодні інформаційні технології захоплюють все більше сфер людської діяльності. Активний розвиток телекомунікаційних, інформаційних і комп'ютерних систем та їхня інтеграція в інформаційне суспільство, обумовлюють життєво важливі ролі, які вони відіграють у медицині, фінансах, виробництві та національній безпеці. Обробка та зберігання інформації у цифровій формі надають особливого значення питанню інформаційної безпеки та захисту інформації. Важливі відомості державного значення мають високу класифікацію секретності та повинні бути захищені від несанкціонованого перехоплення або навмисних деструктивних електромагнітних впливів. Особливе значення у питанні захисту інформації має проблема витоку інформації через паразитні електромагнітні випромінювання та наведення від технічних засобів, що обробляють цю інформацію [1, 2].

На сьогодні вже існує досить багато різноманітних методів забезпечення інформаційної безпеки від загроз, що створюються подібними типами небезпек. Умовно їх можна розділити на заходи активного та пасивного захисту. До активних відносяться методи, при яких загроза інформації усувається за допомогою певних технічних засобів, а саме: генераторів просторового зашумлення, мережевих фільтрів, розділових трансформаторів тощо. До пасивних можна віднести зонування та екранування, яке виконується в спеціальних технічних будівлях і виділених приміщеннях. При їхньому облаштуванні виконання екранів є одним з основних засобів захисту обладнання в цілях інформаційної безпеки.

Принципи створення електромагнітних екранів для будівель і приміщень відомі вже більш ніж 50 років. Однак за останні роки виникло багато галузей, де традиційні рішення у вигляді прямокутної конструкції з подвійними стінками не є достатніми. Це пояснюється новітніми досягненнями в області вивчення та аналізу широкосмугових електромагнітних полів і підвищенням вимог до захищеності важливої інформації. Актуальним і сучасним напрямком реалізації екранів є використання радіонепрозорих матеріалів, що виготовляються у вигляді спеціальної тканини. Використання таких тканин має ряд переваг і недоліків. Очевидно, що застосування радіонепрозорих тканин є більш зручним з точки зору монтажу та використання порівняно з іншими засобами, проте вони мають дещо гірші показники екранування.

Питання екранування є досить поширеним на сьогодні, існує багато публікацій, досліджень та експериментальних вимірів [3–6], однак в абсолютній більшості досліджень, розглядаються лише іноземні радіонепрозорі матеріали та тканини, а українським зразкам приділяється зовсім мало уваги, також дослідження проводяться для сфер застосування, які не відносяться до інформаційної безпеки.

У зв'язку зі збільшенням сфер застосування екрануючих матеріалів і подальшим розвитком цієї галузі постає питання доступності цих матеріалів. Найкращим варіантом, завжди є використання продукту вітчизняного виготовлення, і на сьогодні в Україні дедалі більше починає розвиватися ринок радіонепрозорих тканин власного виробництва. Це, беззаперечно, є позитивним для сфери захисту інформації в країні. Проте існує проблема, яка полягає у тому, що деякі вітчизняні зразки тканин поступаються своїм закордонним аналогам і не можуть задовольнити всім вимогам щодо захисту від різноманітних електромагнітних випромінювань. Зараз широко відомі закордонні аналоги радіонепрозорих тканин, зокрема, німецькі радіонепрозорі тканини Aaronia Shield, Aaronia X-Steel, Aaronia X-Dream та інші [7]. Дані типи тканин забезпечують високі показники екранування, проте можливості використання іноземних аналогів в Україні мають певні обмеження, у першу чергу це пов'язано з їхньою високою ціною. Так, тканини Aaronia мають високі коефіцієнти екранування (наприклад Aaronia Shield — 50 дБ), але середня ціна такої тканини буде на порядок вища ніж у вітчизняного аналога. Також відомі російські зразки, такі як поліефірні тканини типу ІП-НЗ «Метакрон» з нікелевим покриттям, плівка поліетилентерефталатна металізована емальована «ПЕТ-М», радіоекрануючі тканини «РІКМА», УТТ, ТТН [8], а також інші іноземні зразки. Зважаючи на це питання, використання саме вітчизняних зразків тканин при забезпеченні захисту інформації є досить актуальним.

Сьогодні в Україні доступні декілька різновидів радіонепрозорих тканин, зокрема, тканини типу М (М1, М2, М3) або тканини типу Н (Н1, Н2, Н3). Дані типи тканин були дослідженні на визначення основних характеристик кожної окремо [9, 10], за результатами даних досліджень були здобуті показники коефіцієнтів екранування та їхні частотні залежності, також проведені дослідження на визначення сумарних комбінаційних характеристик тканин типу М [11]. Однак наведені дослідження показали, що дані зразки програють закордонним аналогам за основними показниками, таким чином різні комбінації тканин типу М дозволяють зробити коефіцієнт екранування більш рівномірним у діапазоні частот, проте середній його рівень залишається не високим. Тому питання знаходження сумарних характеристик, різних комбінацій вітчизняних радіонепрозорих тканин інших типів для можливості покращення захисту інформації при їхньому використанні є актуальним.

Постановка задачі

Провести дослідження технічних характеристик вітчизняних радіонепрозорих тканин при різних комбінаціях їхнього застосування: Н1-Н2, Н2-Н3 та Н1-Н3. Визначити сумарний коефіцієнт екранування напруженості електричного поля як відношення напруженості поля в точці вимірювання без використання тканин до напруженості поля з використанням тканин. Дослідження провести для випадків, коли волокна тканин розміщені вертикально та горизонтально, за умови, що поляризація поля вертикальна. Порівняти отримані результати для різних комбінацій тканин Н1-Н2, Н2-Н3 та Н1-Н3.

Методика дослідження

У лабораторному дослідженні для експериментального визначення сумарного коефіцієнта екранування радіонепрозорих тканин використовувалась установка, структурну схему якої зображено на рис. 1.

Запропонована для дослідження установка складається з генератора сигналів, передавальної антени, приймальної антени та аналізатора спектра. Генератор сигналів у поєднанні з передавальною антеною призначені для створення електромагнітного поля в діапазоні частот, в якому проводиться дослідження. Приймальна антена призначена для перетворення електромагнітного поля в точці її розміщення в напругу. Відомо, що дане перетворення є лінійним, тому коефіцієнт екранування, який рівний відношенню напруженостей поля в точці розміщення приймальної антени для схеми (а) та для схеми (б), буде також рівний відношенню напруг на вході аналізатора спектра для відповідних схем.

Дослідження необхідно проводити в лабораторних умовах. Для мінімізації впливу сторонніх чинників на результати вимірювань установку потрібно розміщувати в окремому приміщенні. Також для збільшення достовірності досліджень передавальну та приймальну антени слід розташовувати на відстані не менше 0,5 м одна відносно одної.

Експериментальні вимірювання слід проводити за певною послідовністю. На першому етапі вимірюється напруга на вході аналізатора спектра в діапазоні досліджуваних частот за схемою, що показана на рис. 1,а. Дані, що при цьому бу-

дуть отримані, вважати контрольними значеннями напруженості поля відносно яких будуть розраховані коефіцієнти екранування різних комбінацій радіонепрозорих тканин. На наступних етапах приймальна антена по чергово екранується різними комбінаціями тканин, і аналогічно проводяться вимірювання за схемою, що показана на рис. 1,б. Дослідження сумарних характеристик радіонепрозорих тканин Н1, Н2 та Н3 необхідно проводити в діапазоні частот 50–2000 МГц.

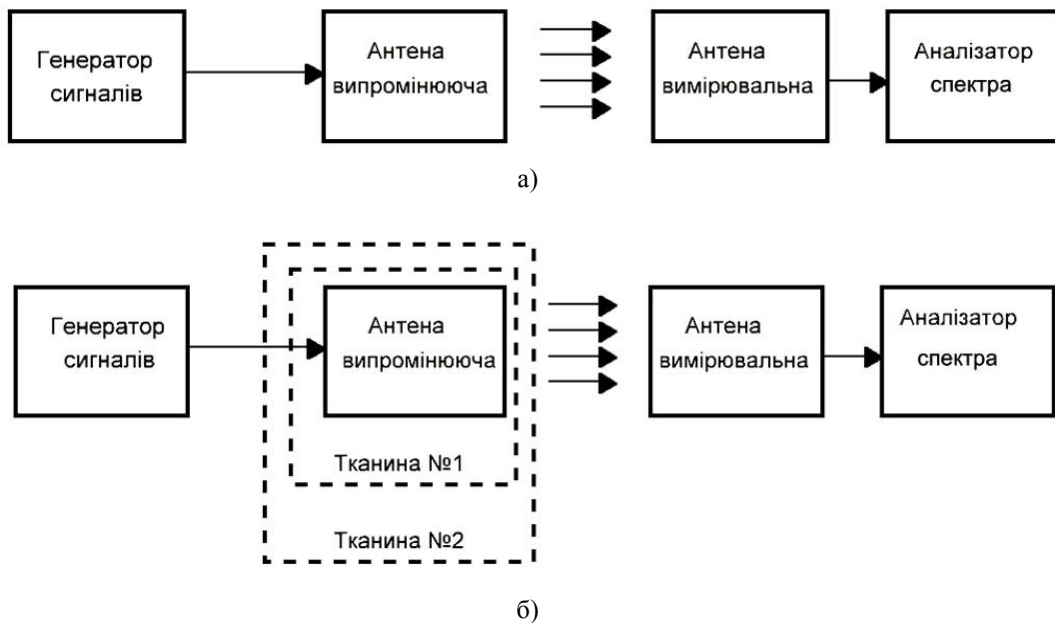


Рис. 1. Схема дослідження радіонепрозорих тканин: а) вимірювання напруженості електричного поля без тканин; б) вимірювання напруженості електричного поля з тканинами

Лабораторна установка, що використовується для досліджень, містить наступні складові. Як генератор сигналів використовується програмно керований генератор сигналів BZS з діапазоном частот 10 МГц – 2 ГГц. До нього під'єднується передавальна штирвова телескопічна антена довжиною 20 см, яка розміщується у прямокутному діелектричному корпусі. Як приймальна антена використовується дипольна вимірювальна антена АИ 5-0, що розміщується на відстані 1 м від випромінювальної. Рівень сигналу у вимірювальній антені визначається за допомогою аналізатора спектра NS-30A.

Максимальну похибку у вимірювання, в даній установці буде вносити вимірювальна антена АИ 5-0, яка має власну неточність ± 2 дБ. У зв'язку з цим будемо вважати, що максимальна похибка вимірювань напруженості поля складає також ± 2 дБ.

У ході досліджень, для того щоб отримати показники екранування випромінюючої антени, прямокутний діелектричний корпус, в якому вона знаходилась, обгортався радіонепрозорими тканинами в різних комбінаціях їхнього застосування: Н1-Н2, Н2-Н3 та Н1-Н3. Після проведення вимірювань визначалися сумарні комбінаційні коефіцієнти екранування електромагнітного поля.

Дослідження комбінації тканин Н1-Н2

Користуючись представленою вище методикою проведено експериментальні дослідження першої комбінації радіонепрозорих тканин Н1 та Н2 у випадках поздовжнього і поперечного розташування їхніх волокон, причому розташування волокон обох тканин співпадало. Тканина Н1 безпосередньо обгортала випромінюючу антену, тканина Н2 знаходилася у другому шарі. Результати вимірювань представлені у вигляді графіків залежності коефіцієнта екранування від частоти сигналу, що наведено на рис. 2.

Аналіз залежностей на рис. 2 показує значні відмінності коефіцієнтів екранування комбінації тканин Н1 та Н2 при різних варіантах розміщення волокон. Так у випадку горизонтального розташування волокон у діапазонах частот 200–700 МГц та 1600–1800 МГц, коефіцієнт сягає максимальних значень і не перевищує трьох разів.

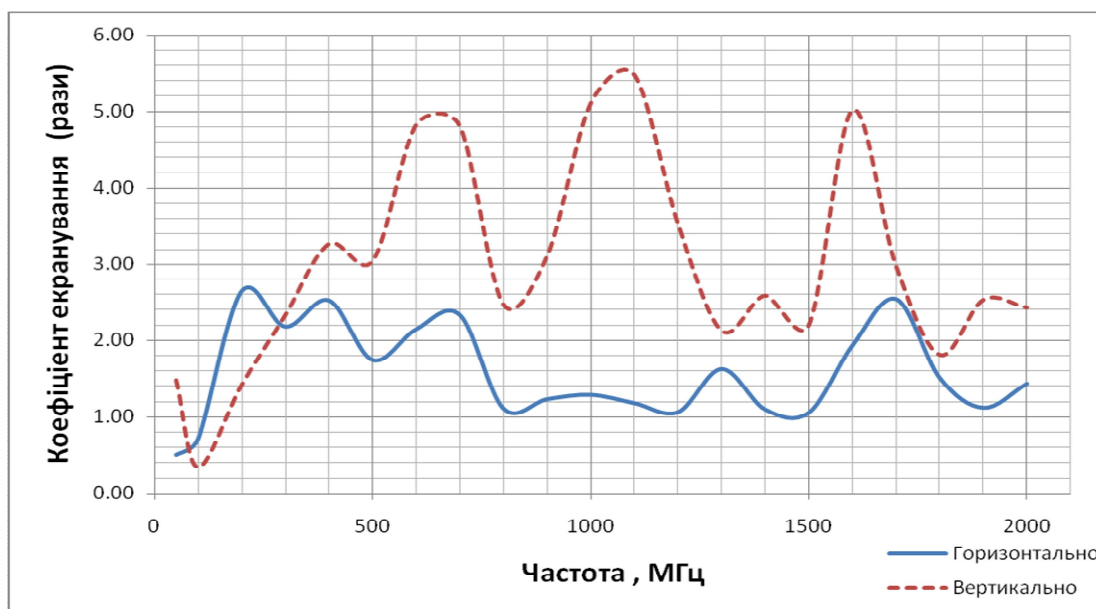


Рис. 2. Залежність коефіцієнта екранування поля від частоти для комбінації Н1-Н2

У діапазонах частот 800–1500 МГц та 1800–2000 МГц спостерігаються невеликі значення коефіцієнта, що незначно більший за одиницю. На частотах від 50 до 100 МГц спостерігається навіть деяке підсилення сигналу. Це можна пояснити недосконалістю установки, що використовується в дослідженні, а саме тим, що випромінююча антена розміщується в прямокутному корпусі, який обгортається екрануючою тканиною, і стінки корпуса в сумі з тканиною виконують роль спрямовуючої антени, а зміна діаграми направленості спричиняє зростання рівня сигналу.

Таким чином, у випадку горизонтального розташування волокон, екрануючі властивості даної комбінації мають доволі невисокі показники, і максимальне послаблення сигналу не перевищує 9 дБ.

При зміні напрямку розміщення волокон тканини, можна спостерігати як у тої самої комбінації тканин значно покращуються екрануючі характеристики. Так, при вертикальному розташуванні волокон тканини на частотах 400–1700 МГц коефіцієнт екранування має стрибкоподібний характер і досягає максимального значення 5,5 разів на частоті 1100 МГц. На інших частотах коефіцієнт екранування є невисоким і не перевищує трьох разів.

У результаті слід відзначити, що зміна напрямку розміщення волокон тканини значно впливає на екрануючі властивості, так коефіцієнт екранування при вертикальному розміщенні зріс у середньому в усьому діапазоні частот, а максимальне значення становить майже 15 дБ.

Дослідження комбінації тканин Н2-Н3

На наступному етапі вимірювань проведено дослідження комбінації радіопрозорих тканин Н2 та Н3 у випадках різного розташування їхніх волокон. Тканина Н2 безпосередньо обгорнула випромінюючу антену, тканина Н3 знаходилась у другому шарі. Результати досліджень представлено на рис. 3.

Аналіз графіків на рис. 3, показує, що комбінація Н2-Н3 у випадку горизонтального розташування волокон має максимальний коефіцієнт екранування на частоті 700 МГц, який складає майже 8 разів. Найменші показники спостерігаються в діапазоні частот 1100–2000 МГц.

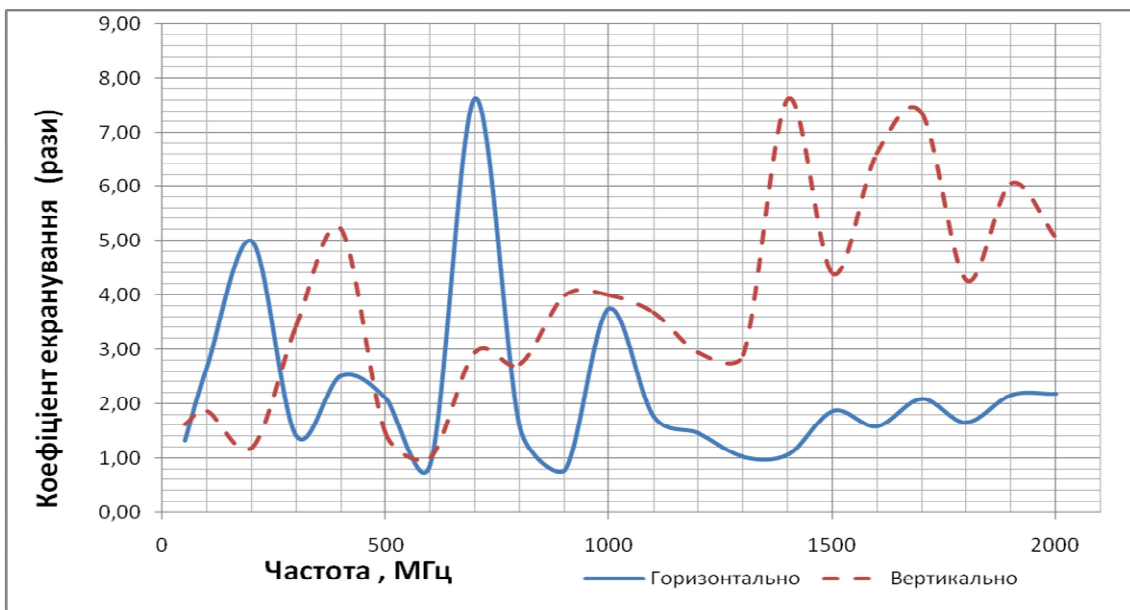


Рис. 3. Залежність коефіцієнта екранування поля від частоти для комбінації Н2-Н3

У випадку вертикального розташування волокон послаблення поля з коефіцієнтом екранування вище двох разів відбувається на частотах вище 300 МГц, і максимальних значень набуває на частотах 1400 та 1700 МГц і становить близько 8 разів.

Слід відзначити, що в даній комбінації тканин різні варіанти розташування волокон мають принципово різний вплив. Так, при горизонтальному розташуванні середній коефіцієнт екранування вищий у піддіпазоні нижчих частот, а при вертикальному — в області високих.

Дослідження комбінації тканин Н1-Н3

Дослідження останньої комбінації радіонепрозорих тканин Н1 та Н3 проводилося за тією ж схемою, що і у попередніх етапах. Тканина Н1 безпосередньо обгортала випромінюючу антену, тканина Н3 знаходилась у другому шарі. Результати досліджень представлено на рис. 4.

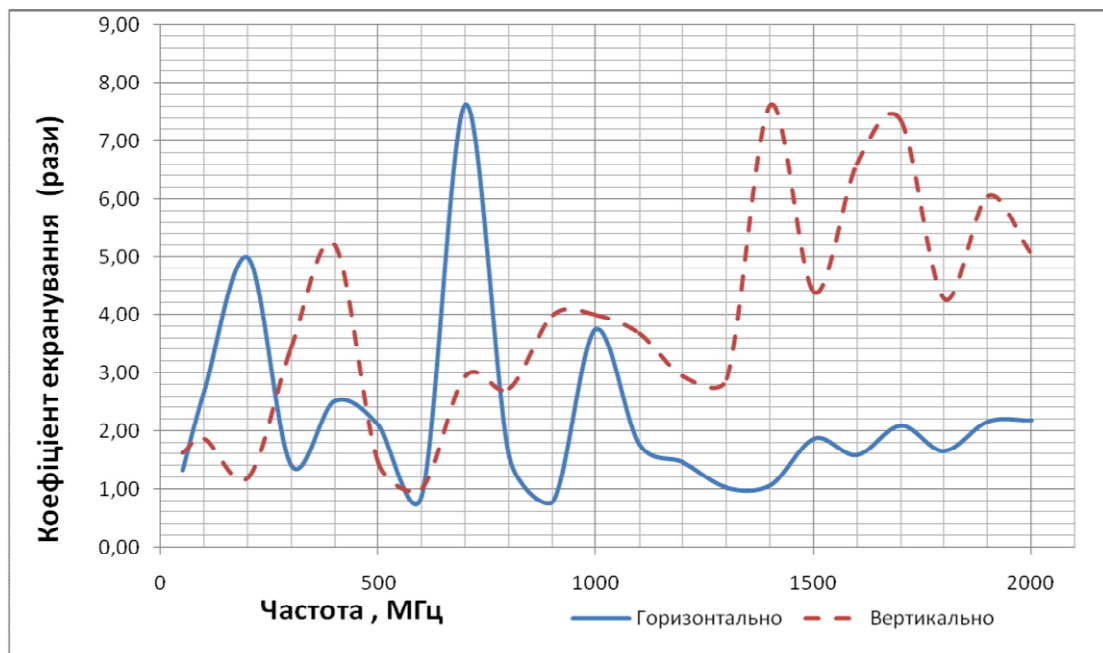


Рис. 4. Залежність коефіцієнта екранування поля від частоти для комбінації Н1-Н3

Аналіз графіків на рис. 4 показує, що для комбінації Н1-Н3 зміна коефіцієнта екранування має стрибкоподібний вигляд, причому характер зміни є подібним як для вертикального, так і для горизонтального розташування волокон. Тобто зростання та спад коефіцієнта спостерігається приблизно на однакових частотах, а відмінність полягає лише у величині його значень. Так, у випадку горизонтального розташування волокон, коефіцієнт екранування досягає максимального значення 9 разів на частоті 700 МГц. У середньому ж на всьому діапазоні коефіцієнт приймає значення більше двох. У випадку вертикального розташування волокон екранування поля з максимальним коефіцієнтом 15 разів відбувається на частоті 600 МГц. На інших ділянках діапазону коефіцієнт екранування має стрибкоподібний характер і в середньому має значення більше чотирьох, однак найменші значення, близько одиниці, знаходяться на частотах 100 та 2000 МГц.

Порівняння комбінацій тканин Н1-Н2, Н2-Н3 та Н1-Н3

Для наглядного представлення екрануючих властивостей кожної варіації розташування тканин доцільним є відобразити залежності коефіцієнта екранування комбінацій Н1-Н2, Н2-Н3 та Н1-Н3 на одному графіку для випадків горизонтального (рис. 5) та вертикального (рис. 6) розташування волокон.

Аналіз графіків на рис. 5 показує, що комбінація Н1-Н2 має найгірші показники екранування, порівняно з іншими, в усій смузі частот з максимальним коефіцієнтом екранування, що не перевищує 9 дБ. Комбінації Н2-Н3 та Н1-Н3 мають подібні характеристики з максимальними коефіцієнтами близько 18 дБ та 19 дБ відповідно, однак у середньому коефіцієнт екранування більший у Н1-Н3, також у даній комбінації на частоті 400 МГц спостерігається коефіцієнт, що в декілька разів більший ніж у Н2-Н3.

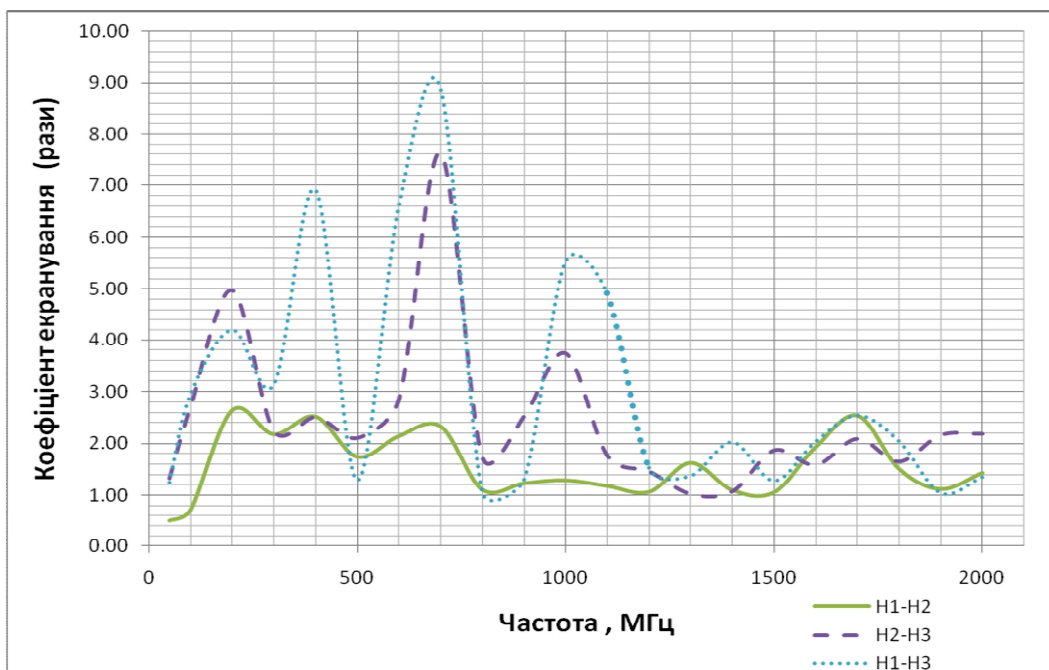


Рис. 5. Залежність коефіцієнта екранування від частоти для комбінацій тканин Н1-Н2, Н2-Н3 та Н1-Н3 у випадку горизонтального розташування волокон

Аналіз графіків на рис. 6 показує, що у випадку вертикального розташування волокон частотні характеристики та коефіцієнти екранування всіх трьох комбінацій значно відрізняються. Так, при комбінації Н1-Н3 спостерігаються найбільш високі рівні коефіцієнта на ділянках 400–600 МГц — близько 24 дБ, на вищих частотах він стрибкоподібно спадає. Комбінація Н2-Н3 демонструє більш рівномірну зміну коефіцієнта екранування в усій смузі частот, але середній його рівень є меншим порівняно з попереднім варіантом, однак слід відмітити що у піддіапазоні високих частот середній коефіцієнт є вищим ніж у Н1-Н3. Комбінація Н1-Н2 у випадку вертикального розташування волокон знову має найгірші показники порівняно з іншими комбінаціями.

Порівняно з випадком горизонтального розташування волокон, при вертикальному розташуванні волокон всі три тканини мають кращі характеристики, що свідчить про те, що коефіцієнт екранування залежить не тільки від частоти, але й від поляризації поля.

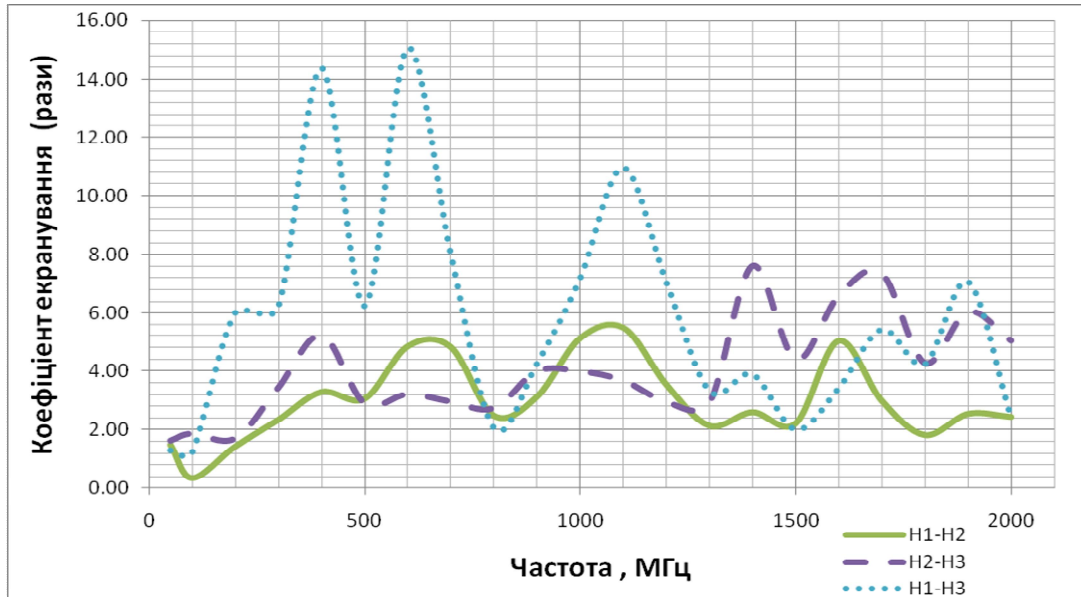


Рис. 6. Залежність коефіцієнта екранування від частоти для комбінацій тканин Н1-Н2, Н2-Н3 та Н1-Н3 у випадку вертикального розташування волокон

Висновки

У лабораторних умовах проведено експериментальні дослідження вітчизняних радіонепрозорих тканин Н1, Н2 та Н3. За результатами цих досліджень визначено сумарні коефіцієнти екранування, при різних комбінаціях застосування тканин. Результати показали, що всі три комбінації тканин мають доволі різні частотні характеристики, зі значними відмінностями коефіцієнтів екранування. Так, різниця максимальних коефіцієнтів у Н1-Н2 та Н1-Н3 становить майже 10 дБ як при вертикальному, так і при горизонтальному розташуванні волокон. Слід також відмітити, що коефіцієнт змінюється нерівномірно і на різних частотах може відрізнятися у декілька разів. Комбінація Н1-Н3 має більш рівномірний коефіцієнт екранування у всій смузі частот, проте в середньому він менший ніж у інших комбінаціях. Дослідження також показали, що для всіх трьох тканин коефіцієнт екранування залежить від поляризації поля, причому він є вищим, якщо волокна тканин розташовані поздовжньо відносно до поляризації поля.

Отримані результати дають можливість зробити висновок, що різні варіації радіонепрозорих тканин типу Н дозволяють покращити характеристики екранування при їхньому застосуванні порівняно з використанням кожного типу тканин окремо. Комбінування тканин дозволяє зробити коефіцієнт екранування більш рівномірним у діапазоні частот, а також підвищити його середній рівень.

Неприємним є той факт, що навіть при такому застосуванні різних видів вітчизняних тканин одночасно, їхній загальний коефіцієнт екранування є меншим, ніж у закордонних аналогів, однак ціна такого рішення все одно залишається нижчою. Тобто, використання вітчизняних зразків тканин, у ряді випадків, може забезпечити необхідні показники захисту інформації при менших економічних затратах.

Однак відкритим залишається питання можливості повної заміни закордонних радіонепрозорих тканин аналогами українського виробництва у питаннях інформаційної безпеки, адже використання вітчизняних зразків має ряд суттєвих переваг, як економічних так і практичних. Тому виникає необхідність подальшого дослідження даного питання з урахуванням попередніх результатів.

1. *Ленков С.В.* Методы и средства защиты информации: [в 2-х т.] / Ленков С.В., Перегудов Д.А., Хорошко В.А.; под ред. В.А. Хорошко. — К.: Арий, 2008. — 464 с., 344 с.
2. *Бузов Г.А.* Защита от утечки информации по техническим каналам: учеб. пособ. / Г.А. Бузов, С.В. Калинин, А.В. Кондратьев. — М.: Горячая линия – Телеком, 2005. — 416 с.
3. *Самоквасова Ю.Н.* Методика выбора конструкционных материалов для задач экранирования электронных средств / Самоквасова Ю. Н. Ромащенко М. А. // Вестник Воронежского государственного технического университета. — 2012. — № 5.
4. *Радиоэкранирующие* ткани «Метакрон» [Электронный ресурс]: Техника для спецслужб. Бюро Научно-Технической Информации. — Режим доступа: <http://www.bnti.ru/des.asp?itm=3566&tbl=04.03.04.02.01>.
5. *Катруша А.Н.* Экспериментальные исследования особенностей экранирования помещения при прохождении радиоволн внутрь здания / А.Н. Катруша // Электронный журнал «Журнал радиоэлектроники». — 2013. — № 3.
6. *Катруша А.Н.* Экспериментальные исследования ослабления радиоволн строительными и экранирующими материалами в диапазоне частот 800 МГц – 17 ГГц / А.Н. Катруша // Электронный журнал «Журнал радиоэлектроники». — 2013. — № 8.
7. *Hoch transparenter 50dB Abschirmstoff for HF und elektrisches Feld Aaronia Shield* [Электронный ресурс]: Aaronia AG. — Режим доступа: <http://www.aaronia.de/produkte/abschirmungen/Aaronia-Shield-50dB/>
8. *Металлизированная* электропроводящая ткань Метакрон для защиты от излучений [Электронный ресурс]: ООО НПП ТЕХНОСТИЛЬ. — Режим доступа: <http://www.metakron.ru/>
9. *Дослідження* вітчизняної радіонепрозорої тканини Н3 / Гутник В.І., Яремчук Ю.Є., Притула М.Ю., Головатюк О.В. // Сучасна спеціальна техніка. — 2010. — № 1 (20). — С. 74–80.
10. *Яремчук Ю.Є.* Дослідження вітчизняних радіонепрозорих тканин М1, М2 та М3 / Ю.Є. Яремчук, О.В. Головатюк, К.В. Безпалый // Інформаційна безпека. — 2013. — № 1(9). — С. 176–184.
11. *Яремчук Ю.Є.* Дослідження комбінаційних характеристик вітчизняних радіонепрозорих тканин М1, М2 та М3 / Ю.Є. Яремчук, В.С. Катаєв, В.В. Сінюгін // Реєстрація, зберігання в обробка даних. — 2015. — Т. 17, № 3. — С. 56–64.

Надійшла до редакції 15.03.2016