

УДК 621.3.083

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУР НА СТАБИЛЬНОСТЬ ЭКРАНИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ВОДОСОДЕРЖАЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЭКРАНОВ ЭМИ

Т.А. ПУЛКО, АБДУЛЬКАБЕР ХАМЗА АБДУЛЬКАДЕР, С.Н. ПЕТРОВ, Г.А. ВЛАСОВА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 17 ноября 2011

Изменение электромагнитных свойств материалов под воздействием высоких и низких температур имеет большое значение при выборе водосодержащих экранирующих материалов для экранов ЭМИ. Основными факторами, влияющими на стабильность экранирующих характеристик композиционных водосодержащих материалов в широком температурном диапазоне, являются химический состав водного наполнителя и композиционная структура капиллярно-пористых, волокнистых и порошкообразных материалов, оптимальное сочетание которых чаще всего определяется экспериментально.

Ключевые слова: СВЧ-излучение, конструкции экранов ЭМИ, гигроскопичный растворный наполнитель, регенерация свойств.

Введение

Влагосодержащие капиллярно-пористые материалы для экранов ЭМИ в диапазоне СВЧ подвергаются воздействию различных факторов окружающей среды, что может влиять на уровень их влагосодержания и на экранирующие характеристики в радиолокационном и оптическом диапазонах. Использование в конструкциях экранов ЭМИ растворного наполнителя в жидкой фазе вызывает необходимость исследования стабильности экранирующих свойств разрабатываемых конструкций при пониженных и повышенных температурах, что связано с фазовыми переходами воды, отражающимися на свойствах влагосодержащих материалов. Основной проблемой существующих водосодержащих конструкций экранов ЭМИ является снижение эффективности экранирования практически до нуля, как в условиях естественной эксплуатации, так и при воздействии температур широкого диапазона. Воздействие открытого пламени также может привести к необратимым трансформациям поверхности, химического состава и макроструктуры разработанных влагосодержащих элементов конструкций и изменениям экранирующих характеристик в СВЧ-диапазоне. Это обуславливает актуальность поиска новых методов и средств стабилизации уровня влагосодержания композиционных материалов, используемых в качестве основы для элементов конструкций экранов ЭМИ, независимых от изменения температурного режима эксплуатации и внешних высокотемпературных воздействий.

Теоретическая часть

Исходя из справочных данных [1], наибольшей энергией гидратации обладают соли различных металлов. Для стабильного удержания молекул воды в качестве одного из компонентов раствора были рассмотрены известные химические сорбенты с наибольшей растворимостью, вследствие того, что при прочих равных условиях, чем больше растворимость соли в воде, тем больше ее гигроскопичность [2].

Согласно закону Бладена, понижение температуры замерзания ($\Delta T_{\text{зам}}$) при образовании растворов зависит не от химической природы растворенного вещества, а только от его концентрации: $\Delta T_{\text{зам}} = K_{\text{зам}} C$, где $K_{\text{зам}}$ – «константа замерзания», характерная для данного растворителя,

C – так называемая моляльная концентрация, выраженная в молях растворенного вещества в 1000 г растворителя.

Выбранное, в качестве компонента раствора соль щелочноземельного металла достигает точки эвтектики (-55°C) при концентрации раствора 29,5%, увеличение концентрации раствора приводит к снижению температуры замерзания и выбросу кристаллов соли из материала. Кроме того, раствор соли щелочноземельного металла продолжает сорбировать воду даже при пониженных температурах.

Образование химических связей между ионами диссоциированной соли и молекулами жидкости будет также препятствовать выталкиванию молекул воды из пор материала, тем самым сохраняя первоначальный уровень влагосодержания тканого материала независимо от температурных условий. Известны защитные материалы [3–5] с различными растворными наполнителями и покрытиями, определяющими свойства огнестойкости данных материалов в течение определенного времени в ограниченном диапазоне температур.

Использование гигроскопичного растворного наполнителя в составе исследуемых материалов позволит обеспечить стабильность электромагнитных свойств водосодержащих образцов материалов вследствие поглощения воды из воздуха раствором соли щелочноземельного металла, что характеризуется силой молекулярного взаимодействия и объясняется физической адсорбцией, которая является обратимым процессом [6].

Эксперимент

Исследовалось влияние пониженных и повышенных температур на экранирующие свойства композиционных водосодержащих материалов, заполненных водным раствором соли щелочноземельного металла, для чего были выбраны гидрофильные капиллярно-пористые и волокнистые материалы, которые пропитывались 45% масс. раствором соли щелочноземельного металла без дополнительной герметизации.

Эффективность экранирования исследуемых конструкций экранов в диапазоне СВЧ характеризуется коэффициентом ослабления энергии ЭМИ и коэффициентом отражения электромагнитных волн от экрана. Для исследования экранирующих характеристик водосодержащих образцов элементов конструкций экранов ЭМИ после воздействия на них повышенных и пониженных температур, использовались панорамные измерители КСВН и ослабления. Измерения проводились в диапазоне частот 8,0...11,5 ГГц после проведения стандартных калибровок на прохождение и отражение.

Для исследования экранирующих характеристик влагосодержащих элементов конструкций после воздействия высоких температур использовался источник ИК-излучения на расстоянии, не превышающем 10 мм от поверхности образцов. Температура нагрева инфракрасного источника составила 180°C (погрешность измерения $\pm 1^{\circ}\text{C}$) с коэффициентом излучения порядка $\approx 0,9$. Распределение температурных полей по поверхности образцов элементов конструкций в спектральном диапазоне 8...12 мкм фиксировалось тепловизором MobIR M4 (разрешение $0,12^{\circ}\text{C}$). Точность измерения времени составляла $\pm 0,5$ с [7]. Для исследования влияния пониженных температур на экранирующие характеристики влагосодержащих элементов конструкций образцы подвергались заморозке в холодильной камере при температуре -27°C .

Обсуждение результатов

Для определения зависимости экранирующих характеристик исследуемых влагосодержащих элементов конструкций от изменения температуры воздуха до отрицательных значений (-27°C), проводились измерения величины ослабления и коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне 8...11,5 ГГц (рис. 1).

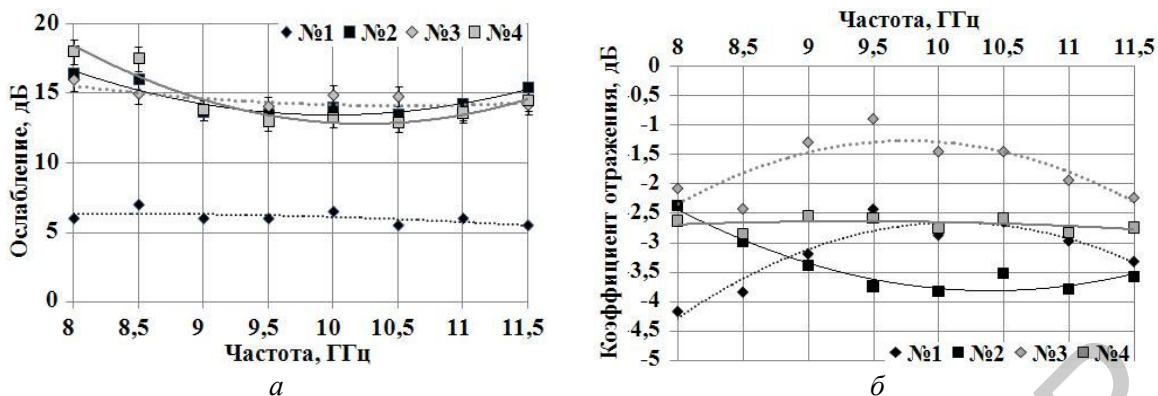


Рис. 1. Частотная зависимость экранирующих характеристик водосодержащих элементов конструкций после воздействия низких температур при температуре $+25^{\circ}\text{C}$ (№1, 2) и при температуре заморозки -27°C (№3, 4): №1, 3 – трикотаж, пропитанный водой, №2, 4 – трикотаж, пропитанный раствором соли щелочноземельного металла: а – ослабление ЭМИ; б – коэффициент отражения ЭМИ без металлического отражателя

Показано, что применение водного раствора соли щелочноземельного металла позволяет существенно понизить точку заморзания водосодержащих конструкций экранов ЭМИ, при этом сохраняя гибкость конструкции. Используемый гигроскопичный растворный наполнитель в составе исследуемых капиллярно-пористых материалов при понижении температуры до -27°C сохраняет свои свойства, вследствие незамерзания раствора соли щелочноземельного металла. Соответственно, водосодержащие элементы конструкций с наполнителем на основе гигроскопичной соли щелочноземельного металла обеспечивают стабильный уровень ослабления ЭМИ в пределах $13,0 \dots 18,0$ дБ при отражении ЭМИ $-2,5 \dots -4,0$ дБ в диапазоне частот $8 \dots 11,5$ ГГц независимо от колебаний температуры воздуха в пределах $+25 \dots -27^{\circ}\text{C}$.

Использование гигроскопичного растворного наполнителя в составе капиллярно-пористых материалов позволяет обеспечить снижение температуры источника со 160 до 44°C . Применение конвективного охлаждения поверхности материала по фронтальной оси плоскости установкой прямооточного вентилятора, со скоростью воздушного потока не менее $0,98$ м/с, позволяет уменьшить температуру нагрева внешней поверхности теплового экрана до 20°C при времени теплового воздействия не менее 40 мин [7].

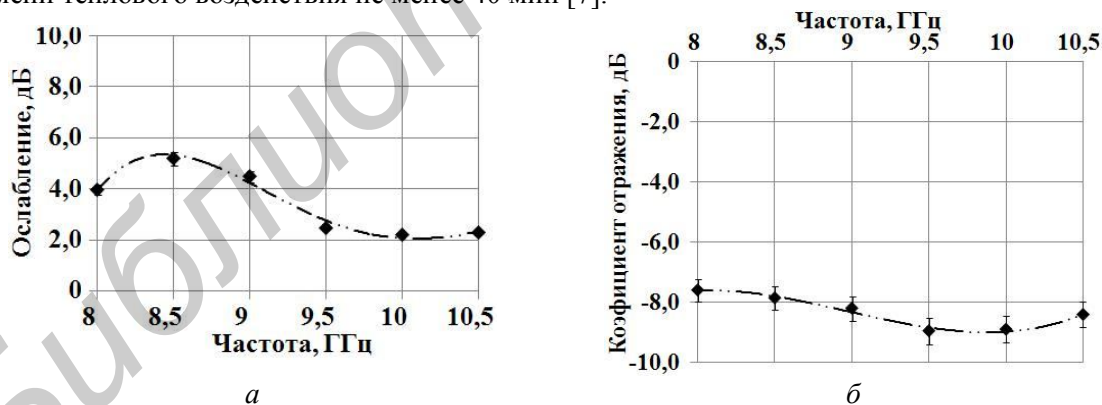


Рис. 2. Частотная зависимость экранирующих характеристик водосодержащих элементов конструкций после воздействия температуры 160°C : а – ослабление ЭМИ; б – коэффициент отражения ЭМИ без металлического отражателя

При этом наблюдается эндотермический процесс десорбции растворного наполнителя со стороны ИК-источника и процесс сорбции с внешней стороны, вследствие температуры внешней стороны экрана ($\approx 20^{\circ}\text{C}$), которая позволяет растворному наполнителю сорбировать молекулы воды из воздуха в объеме капиллярно-пористого материала.

После воздействия высокой температуры на исследуемые водосодержащие элементы конструкций были исследованы их экранирующие характеристики в СВЧ-диапазоне для определения величины ослабления и коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне $8,0 \dots 10,5$ ГГц (рис. 2). Ослабление ЭМИ водосодержащими элементами конструкции снизилось до $2,0 \dots 5,5$

дБ при отражении ЭМИ $-7,8 \dots -9,0$ дБ в связи с испарением воды под воздействием высокой температуры, при условии равновесной концентрации используемого раствора соли, что не обеспечивает удержание молекул воды в составе капиллярно-пористого материала.

Исследование использования гигроскопичного раствора соли щелочноземельного металла в составе элементов конструкций обеспечивает снижение температуры нагрева поверхности в спектральном диапазоне $8 \dots 12$ мкм на 35°C (до 20°C) при температуре нагрева источника ИК-излучения 160°C , при этом процесс сорбции с внешней стороны элемента конструкции обеспечивает регенерацию свойств водосодержания, что обеспечивает восстановление экранирующих характеристик в диапазоне частот $8 \dots 11,5$ ГГц.

Заключение

Установлена эффективность экранирования в СВЧ-диапазоне водосодержащих элементов конструкций на основе капиллярно-пористых материалов, содержащих 45% масс. раствора гигроскопичной соли, в температурном диапазоне ($-27 \dots +160$ °C), что позволяет обеспечить эксплуатацию экранов ЭМИ на их основе для снижения уровней электромагнитного излучения электронной техники: в частности, защиты биологических объектов, защиты информации, а также снижения радиолокационной заметности наземных объектов.

Используемая для этих целей методика изготовления экранов электромагнитного излучения проста в реализации, не требует применения дорогостоящих материалов и процессов, а получаемые экраны обладают гибкостью, небольшим весом и эффективностью в диапазоне частот $8,0 \dots 11,5$ ГГц.

THE TEMPERATURE EFFECT ON THE STABILITY OF THE SHIELDING PROPERTIES OF WATER-BASED SHIELDS OF ELECTROMAGNETIC RADIATION

T.A. PULKO, ABDULKABER HAMZA ABDULKADER, S.N. PETROV, G.A. VLASOVA

Abstract

The changing of electromagnetic properties of electromagnetic radiation shielding materials under high and low temperatures is of great importance when choosing water-based for shields. The main factors affecting the stability of the shielding characteristics of composite materials in the slurry over a wide temperature range are the chemical composition of the water filling and compositional structure of capillary-porous, fibrous and powder materials, the optimum combination of which is usually determined experimentally.

Литература

1. *Третьяков Ю.Д.* Неорганическая химия. М., 2004.
2. *Цундель Г.* Гидратация и межмолекулярные взаимодействия. М., 1972.
3. *Машиляковский Л.Н.* Органические покрытия пониженной горючести. Х., 1989.
4. *Hara Yoshifusa, Tamura Ken, Nishimura Takashi, Matsumoto Nobuo* // Nippon Chemical Industrial Co. Ltd. 2001. №5. С. 12.
5. *Асеева З.М.* Горение полимерных материалов. М., 1981.
6. *Кельцев Н.В.* Основы адсорбционной техники. М., 1984.
7. *Пулко Т.А., А. Хамза Абдулкадер* // Технические средства защиты информации: материалы VII Бело-русско-российской науч.-тех. конф. Минск. 2009. С. 88–89.