УДК 004.056.5:621.315.6

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ХЛАДАГЕНТА В ПОЛИМЕРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ЭКРАНАХ НА ИХ КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕДАЧИ И ОТРАЖЕНИЯ

АБДУЛЬКАДЕР ХАМЗА АБДУЛЬКАБЕР

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

Поступила в редакцию 9 января 2012

Исследованы особенности взаимодействия радиоизлучения с конструкциями полимерных тепловых экранов охлаждаемых жидкими хладагентами (вода, 50% водный раствор этиленгликоля).

Ключевые слова: тепловой экран, коэффициент отражения, коэффициент передачи.

Введение

Тепловые экраны сегодня находят широкое применение, они используются для обеспечения нормальных тепловых режимов функционирования радиоэлектронных средств, уменьшения теплоотдачи мощных радиопередающих устройств в зону, где размещается обслуживающий ее персонал, а также для решения проблем утечки информации по тепловым каналам, например снижения тепловой заметности военной техники. Основное внимание в таких случаях уделяется изучению процессов конвективного теплообмена, которые в конечном итоге влияют на температуру поверхности теплового экрана. Как было показано в [1], для снижения температуры поверхности защищаемого объекта эффективным представляется использование полимерных тепловых экранов с принудительным охлаждением хладагентами в жидкой фазе.

В многоуровневых системах защиты информации [2] для решения проблемы снижения заметности военной техники в тепловом и радиочастотном диапазонах длин волн тепловой экран используется совместно с экраном электромагнитного излучения радиочастотного диапазона. Широкий рабочий диапазон частот экрана электромагнитного излучения может быть обеспечен за счет применения влагосодержащих волокнистых и композиционных материалов, значения коэффициентов отражения и передачи которых определяются концентрацией влагосодержащего наполнителя [3]. Коэффициенты отражения и передачи для таких конструкций электромагнитных экранов после их изготовления являются величинами практически постоянными, и оперативное их изменение не представляется возможным, что является их недостатком. Для решения данной проблемы необходимо выполнить требование по управляемому изменению концентрации влагосодержащего наполнителя в материале экрана, которому удовлетворяют полимерные тепловые экраны с принудительным жидкостным охлаждением.

Целью данной работы являлось исследование влияния скорости движения хладагента (вода и этиленгликоль) в полимерных тепловых экранах, выполненных на основе сотового поликарбоната, на их коэффициенты передачи и отражения электромагнитного излучения в диапазоне частот 2–18 ГГц.

Методика проведения эксперимента

В качестве исследуемой конструкции полимерного экрана использовался сотовый поликарбонат размером 40×40 мм с прямоугольным сечением канала 10×10 мм. Для исследова-

ния экранирующих характеристик такой конструкции использовался испытательный стенд (рис. 1), в состав которого входил панорамный измеритель коэффициентов передачи и отражения SNA 0,01-18, работающий по принципу раздельного выделения и непосредственного детектирования уровней падающей и отраженной волн.

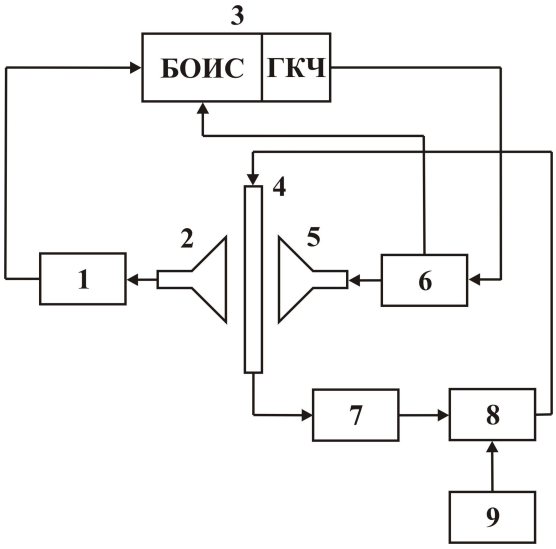

Рис. 1. Схема стенда для исследования коэффициентов передачи и отражения тепловых экранов: 1 – блок B; 2, 5 – измерительные антенны; 3 – измеритель SNA 0,01-18; 4 – исследуемый экран; 6 – блок A/R; 7 – резервуар с хладагентом; 8 – насос; 9 – источник питания

Измерения выполнялись с усреднением результата в 3 раза и включали в себя три этапа. На первом этапе осуществлялась калибровка измерителя, во время проведения которой устанавливался оптимальный уровень мощности для работы его детекторов. Второй этап заключался в измерении коэффициента передачи исследуемого экрана. При этом генератор качающейся частоты (ГКЧ) измерителя формировал сигнал в заданной полосе частот и через блок A/R подавал его в передающую антенну. Блок обработки измерительных сигналов регистрировал сигнал, прошедший через исследуемый экран и принятый второй измерительной антенной. На третьем этапе измерялся коэффициент отражения экрана. В этом случае сигнал, формируемый ГКЧ, подавался в измерительную антенну и излучался в направлении исследуемого экрана, отраженный от него сигнал регистрировался этой же и антенной и через блок A/R поступал на измеритель. В процессе измерения коэффициентов передачи и отражения скорость движения хладагента через тепловой экран составляла 0,19; 0,25; 0,29; 0,31 м/с (вода) и 0,11; 0,15; 0,22; 0,27 м/с (50%-й водный раствор этиленгликоля). Получение необходимого значения скорости обеспечивалось за счет изменения напряжения питания на насосе. В качестве хладагентов использовались вода и 50 %-й водный раствор этиленгликоля, выбор которых обусловлен их широким применением в охлаждении различных технических средств.

Скорость течения хладагента в трубопроводе рассчитывалась в соответствии со следующей методикой. Хладагент объемом 1 л прокачивался через трубопровод системы в резервуар. Время течения хладагента отсчитывалось с момента его начала поступления в резервуар и до момента полного его заполнения. Средняя скорость вычислялась по формуле [4]:

$$\vartheta_{CP} = \frac{Q}{\omega},$$

где Q – расход хладагента, ω – сечение трубопровода, м^3.

Расчет расхода хладагента выполнялся по формуле:

$$Q = \frac{V}{t}$$

где V – объем хладагента, t – время течения хладагента.

Результаты и обсуждение

Установлено, что для исследуемой конструкции теплового экрана коэффициент передачи зависит от скорости движения хладагента. Использование воды в качестве хладагента (рис. 2) обеспечивает коэффициент передачи конструкции –3…–12 дБ в диапазоне частот 6,3…18 ГГц, который увеличивается при возрастании скорости движения хладагента с 0,19 до 0,31 м/с за счет большего количества воды, поступающей в тепловой экран. Нижняя рабочая частота такой конструкции экрана 6,3 ГГц обусловлена расстоянием между соседними каналами конструкции и особенностями их заполнения хладагентом. Коэффициент передачи аналогичной конструкции теплового экрана, охлаждаемой 50%-м водным раствором этиленгликоля (рис. 3), увеличивается с –2 до –5,5 дБ в диапазоне частот 6,3…18 ГГц при увеличении скорости движения хладагента с 0,19 до 0,31 м/с. Меньший диапазон изменений коэффициента передачи в данном случае обусловлен применением хладагента с большей вязкостью, что, в свою очередь, вызывает повышение тормозящего воздействия стенок каналов теплового экрана на поток жидкости за счет большего значения их эквивалентной гидравлической шероховатости.

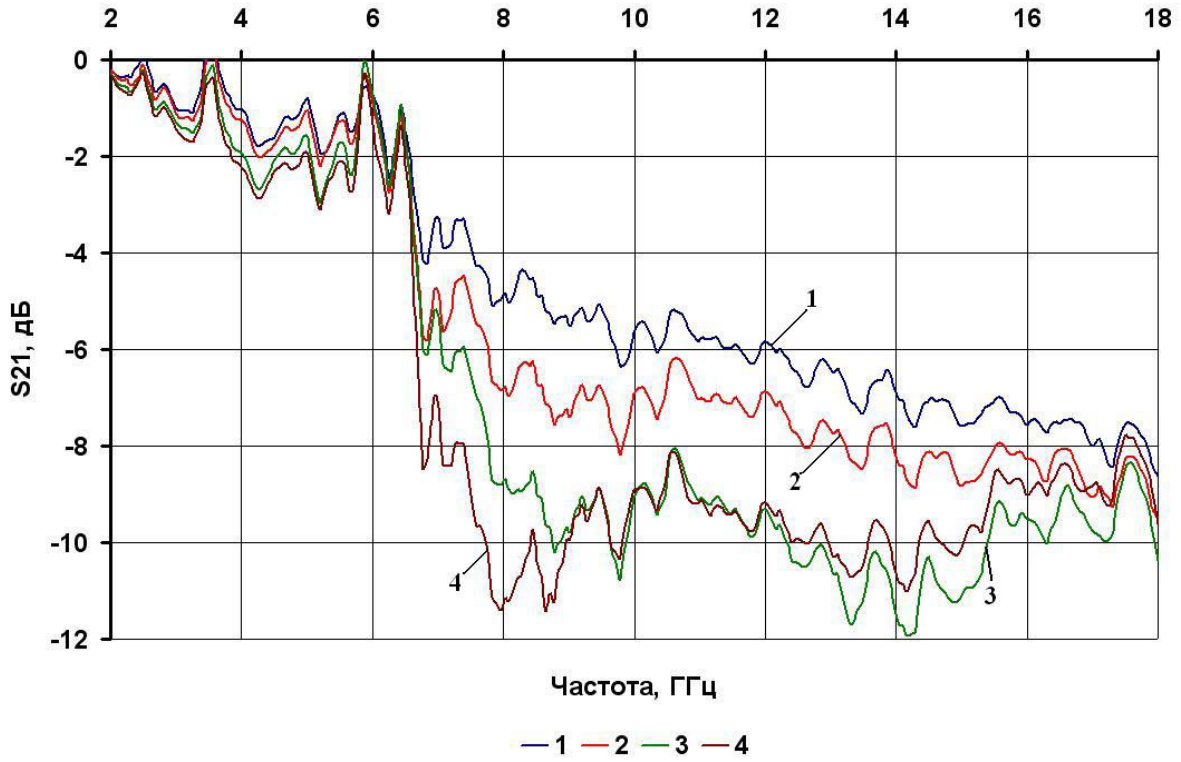

Рис. 2. Зависимость коэффициента передачи полимерного теплового экрана, охлаждаемого водой, от частоты при скорости движения хладагента: 1 – 0,19 м/с, 2 – 0,25 м/с, 3 – 0,29 м/с, 4 – 0,31 м/с

Установлено, что скорость движения хладагента в исследуемой конструкции теплового экрана в значительно меньшей степени влияет на коэффициент его отражения. Для конструкции теплового экрана, охлаждаемого водой, зависимость коэффициента отражения от скорости движения хладагента наблюдается лишь в большей степени в диапазоне частот 10…12 ГГц (рис. 4), где коэффициент отражения изменяется в пределах –3,5…–10 дБ при скорости движения хладагента 0,19…0,31 м/с. Это обусловлено особенностями конструкции экрана, влияющими на протекание хладагента в его каналах. Изменение скорости движения 50%-го водного раствора этиленгликоля позволяет управляемо изменять коэффициент отражения с –2 до –17 дБ в более широком диапазоне частот 6…12 ГГц за счет особенностей заполнения каналов теплового экрана таким хладагентом (рис. 5).

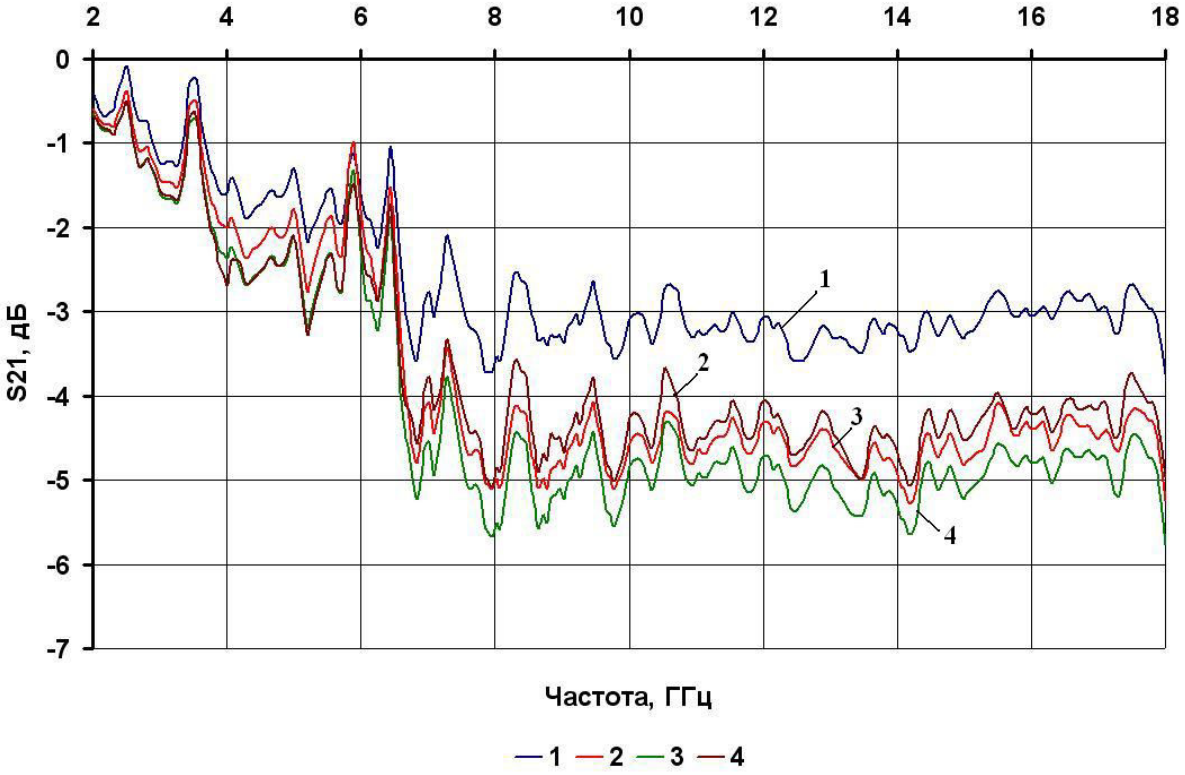

Рис. 3. Зависимость коэффициента передачи полимерного теплового экрана, охлаждаемого 50%-м водным раствором этиленгликоля, от частоты при скорости движения хладагента:
1 – 0,11 м/с, 2 – 0,15 м/с, 3 – 0,22 м/с, 4 – 0,27 м/с

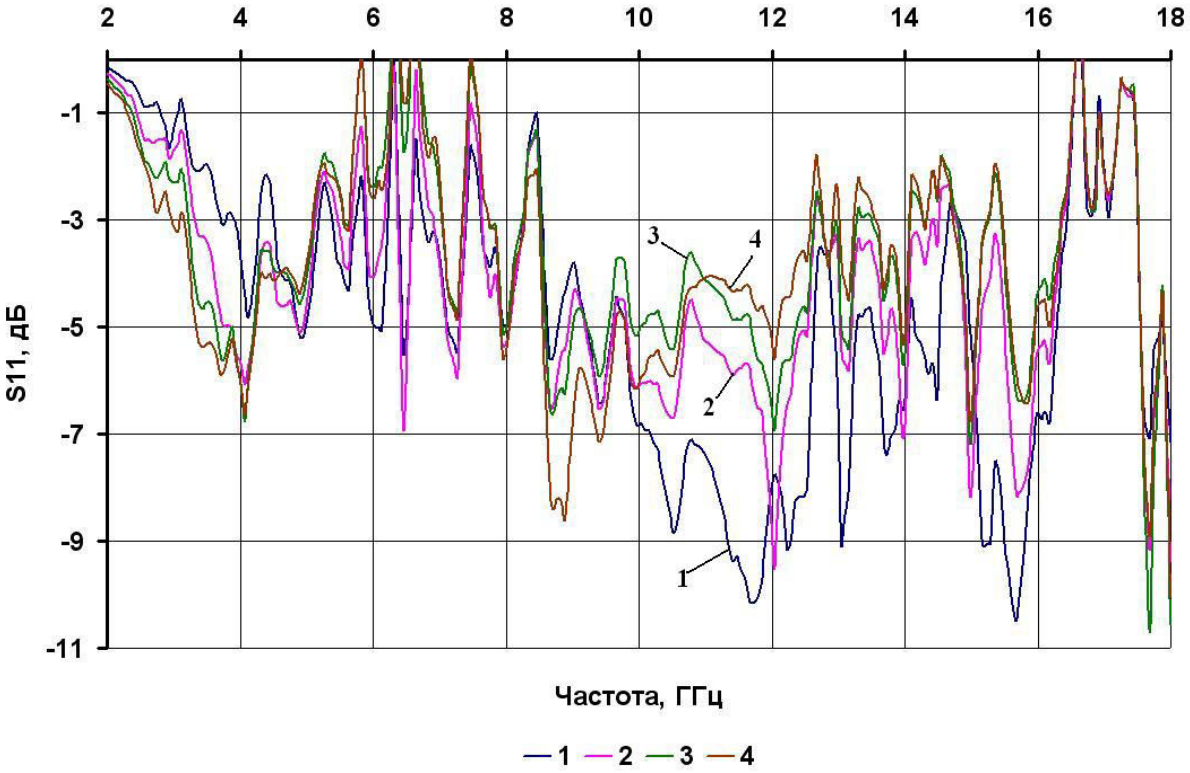

Рис. 4. Зависимость коэффициента отражения полимерного теплового экрана, охлаждаемого водой, от частоты при скорости движения хладагента: 1 – 0,19 м/с, 2 – 0,25 м/с, 3 – 0,29 м/с, 4 – 0,31 м/с

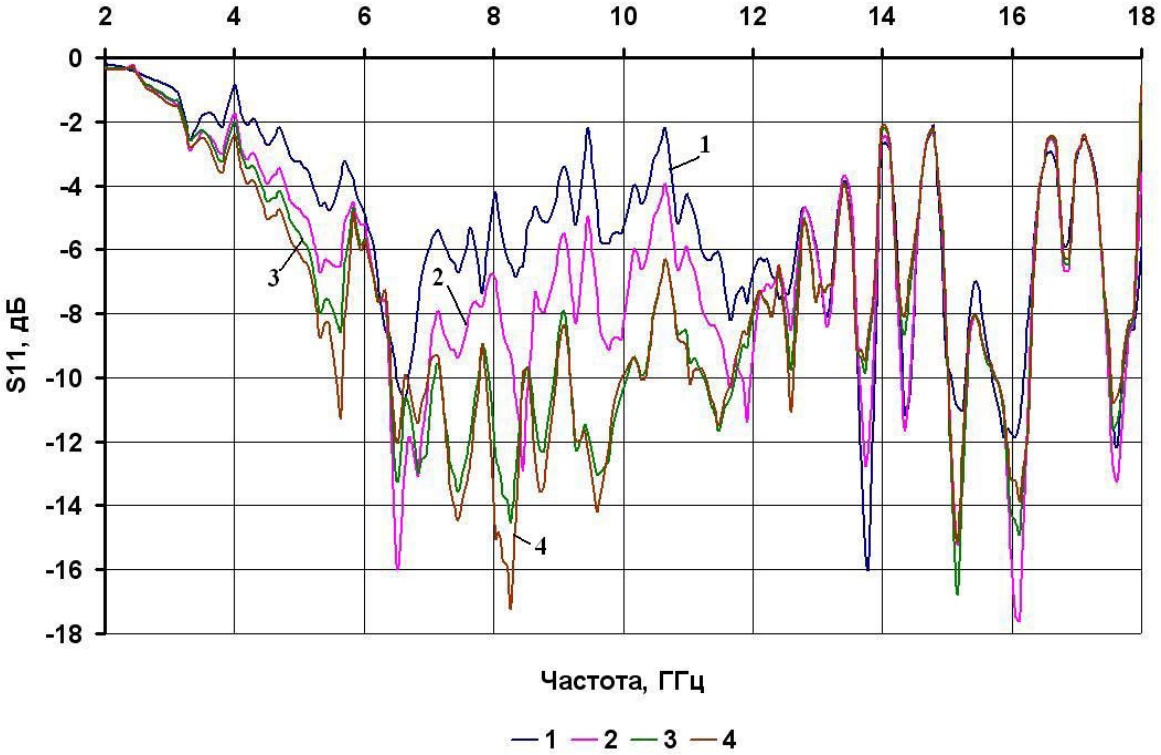

Рис. 5. Зависимость коэффициента отражения полимерного теплового экрана, охлаждаемого 50%-м водным раствором этиленгликоля, от частоты при скорости движения хладагента:
1 – 0,11 м/с, 2 – 0,15 м/с, 3 – 0,22 м/с, 4 – 0,27 м/с

Заключение

Таким образом, на основании результатов исследований показана возможность применения полимерных тепловых экранов в качестве радиопоглощающих конструкционных материалов. Показана возможность управляемого изменения их коэффициента передачи и отражения за счет выбора типа хладагента и скорости его движения. Предложенные конструкции тепловых экранов позволяют затруднить перехват информации по электромагнитному и тепловому каналам, причем взаимодействие таких конструкции с радиоизлучением и излучение такими конструкциями теплового потока зависит от используемой охлаждаемой жидкости и скорости ее движения.

INFLUENCE OF VELOCITY OF A COOLANT MOTION IN POLYMERIC THERMAL SCREENS ON THEIR TRANSFER RATIOES AND REFLEXIONS

ABDULKABER HAMZA ABDULKADER

Abstract

Features of interaction of a radio-frequency radiation with constructions of polymeric heat shields cooled by liquid refrigerants (water, 50% ethylen glycol water solution) are explored.

Список литературы

1. *Борботько Т.В., Абдулькабер Хамза Абдулькадер, Кофанова О.А.* VIII Белорусско-российская науч.-техн. конф. ТСЗИ: Браслав, 24–28 мая 2010 г. Минск, 2010. С. 88–89.
2. *Борботько Т.В.* Технические средства защиты информации : материалы VII Белорусско-российской науч.-техн. конф., Минск-Нарочь, 23–24 июня 2009 г. / БГУИР . Минск, 2009. С. 78.
3. *Колбун Н.В., Борботько Т.В., Терех И.С. и др.* // Докл. БГУИР. 2004. №6. С. 78–83.