

УДК 004.056.5:621.315.6

ТЕПЛОВЫЕ ЭКРАНЫ НА ОСНОВЕ ВЛАГОСОДЕРЖАЩИХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

АБДУЛЬКАДЕР ХАМЗА АБДУЛЬКАБЕР

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

Поступила в редакцию 22 декабря 2011

Исследованы влагосодержащие волокнистые материалы. Показана возможность их использования в конструкциях тепловых экранов для снижения тепловой заметности подвижных наземных объектов.

Ключевые слова: влагосодержащий волокнистый материал, тепловой экран, температура.

Введение

Излучение среднего и дальнего инфракрасного (ИК) диапазонов различных объектов порождается их собственной теплоотдачей, при этом большая часть теплообмена происходит путем конвекции, т.е. за счет рассеяния тепловой энергии в окружающей среде. Именно поэтому главным демаскирующим фактором остается теплообмен излучением [1].

Инфракрасная сигнатура любого объекта образуется за счет тепла, излучаемого его внешней поверхностью, нагрев которой обусловлен, как правило, функционированием энергетических установок самого объекта. Кроме того, внешние поверхности подвижного объекта, например, военной техники, нагреваются в процессе его эксплуатации и/или из-за механической нагрузки некоторых компонент (самонагрев), а также во время движения [2].

Снижение тепловой заметности объектов сегодня обеспечивается путем применения тепловых экранов, позволяющих обеспечить их охлаждение за счет накопления и поглощения его тепловой энергии конденсированными веществами, массообменного (воздушный или жидкостный) принципа охлаждения [3]. Применение конденсированных веществ является малоэффективным в случае охлаждения поверхности высокоинтенсивных источников ИК-излучения при плотностях теплового потока более 100 Вт/м². При таких режимах излучения тепловой энергии целесообразным является использование систем воздушного или жидкостного охлаждения, а также их комбинирования [4]. Одной из основных проблем при конструировании тепловых экранов является снижение их стоимости при сохранении их высокой эффективности, что может быть реализовано за счет использования влагосодержащих волокнистых материалов, принудительно охлаждаемых воздушным потоком. Кроме того, использование волокнистых материалов позволит обеспечить гибкость конструкции.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния воздушного охлаждения на теплоизолирующие свойства волокнистых влагосодержащих материалов.

Методика проведения эксперимента

Для исследования были изготовлены два однослойных тепловых экрана толщиной 5 мм, выполненных на основе волокнистой целлюлозы, пропитанной водным раствором соли щелочноземельного металла. Измерения температурных полей в дальнем инфракрасном диапазоне (8...12 мкм) выполнялись с помощью тепловизора MobIR M4 (разрешение 0,12°C). Погрешность измерения абсолютных температур по абсолютно черному телу по всему полю

зрения прибора составляла $\pm 1^\circ\text{C}$. В качестве источника ИК-излучения использовалась стальная пластина толщиной 3 мм с коэффициентом излучения $\approx 0,9$. Нагрев пластины до температуры 100°C обеспечивался за счет лампы КГ 220-1000-5, установленной в рефлекторе. Напряжение питания лампы регулировалось с помощью автотрансформатора, что позволяло изменять интенсивность излучения ИК-источника (рис. 1).

Методика измерения температуры основана на дистанционном измерении тепловизором температурных полей, распределенных на поверхности исследуемого материала, между внутренней и наружной стороной которого создан перепад температур [5].

Тепловизор устанавливался на расстоянии не менее 2 м от источника ИК-излучения, что исключает влияние теплового потока, исходящего от оператора тепловизора, на температуру зоны проведения измерений. Затем включался источник и его поверхность прогревалась до необходимой температуры, которая контролировалась тепловизором, после чего закрывали источник исследуемым материалом.

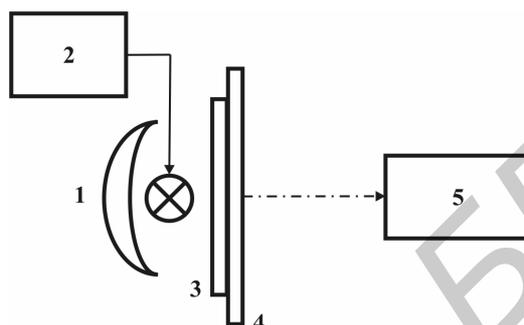


Рис. 1. Схема измерения температуры поверхности материала: 1 – лампа в рефлекторе; 2 – автотрансформатор; 3 – стальная пластина; 4 – исследуемый материал; 5 – тепловизор

Для исследования был изготовлен образец материала, состоящий из торфа, закрепленного в связующем веществе, в качестве которого использовался силикон (рис. 2). Отдельные компоненты синтезируемого материала тщательно смешивались в равных пропорциях до образования вязкой массы. Равномерность распределения в связующем веществе торфа контролировалась визуально. Полученная масса формовалась в листы и подвергалась сушке при комнатной температуре.

Тепловое изображение наружной поверхности материала просматривали и снимали обзорные термограммы, выбрав базовый участок. За базовый принимали участок материала, имеющий линейные размеры свыше двух ее толщин и равномерное температурное поле, которому соответствует минимальное значение выходного сигнала тепловизора.

Участок с нарушенными теплозащитными свойствами выявляли при просмотре тепловых изображений наружной поверхности исследуемого материала. К ним относили участки, тепловое изображение которых не соответствует модели термограммы, и участки, значения выходных сигналов тепловизора от поверхности которых больше на цену деления шкалы изотерм, чем для базового участка.

Теплоизоляционные свойства первого теплового экрана исследовались при его воздушном охлаждении. Нагрев его поверхности продолжался в течение одного часа, при этом контролировался вес конструкции. Второй тепловой экран исследовали при его принудительном воздушном охлаждении, что обеспечивалось за счет использования установки прямоточного вентилятора. В данном случае воздушный поток проходил между влагосодержащей целлюлозой и источником ИК-излучения. Контроль скорости движения воздуха, которая составляла $0,98$ м/с, обеспечивался за счет использования механического чашечного анемометра МС-13.

Результаты и обсуждение

Показано, что экранирование источника ИК-излучения тепловым экраном, выполненным на основе влагосодержащей целлюлозы, приводит к росту температуры его поверхности (см. рис. 2). Этот процесс обусловлен испарением влагосодержащего наполнителя с поверхности экрана, в соответствие с чем масса его уменьшается (см. рис. 3), что способствует снижению его влагосодержания и эффективности функционирования.

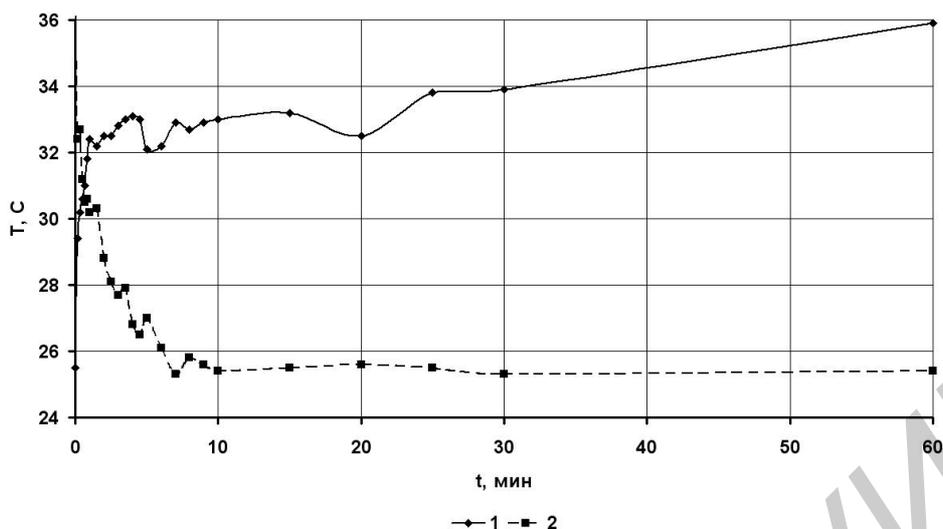


Рис. 2. Зависимость температуры поверхности влагосодержащей целлюлозы (1) и влагосодержащей целлюлозы принудительно охлаждаемой воздушным потоком (2) от времени нагрева

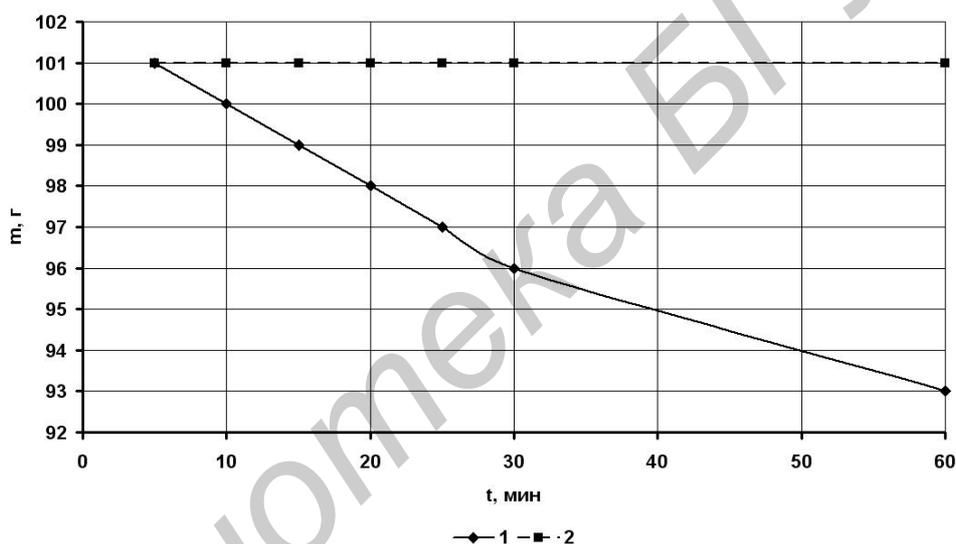


Рис. 3. Зависимость массы влагосодержащей целлюлозы (1) и влагосодержащей целлюлозы принудительно охлаждаемой воздушным потоком (2) от времени нагрева

Установлено, что такой тепловой экран восстанавливает свое влагосодержание в течение 72 ч после прекращения нагрева от источника ИК-излучения за счет сорбции влаги из воздушной среды солью щелочноземельного металла, размещенной в порах материала. Принудительное воздушное охлаждение целлюлозы, пропитанной водосодержащим раствором соли щелочноземельного металла, позволяет снизить температуру поверхности теплового экрана до 25°C (рис. 2) за счет оттеснения теплового потока ИК-источника воздушным потоком, который также обеспечивает пористое охлаждение влагосодержащей целлюлозы. При этом масса, а соответственно и влагосодержание теплового экрана, остаются неизменными с течением времени (рис. 3). Стабильность влагосодержания в данном случае также обуславливается его регенерацией за счет сорбции влаги из воздуха.

Заключение

Таким образом, на основании результатов исследований показана возможность применения влагосодержащих материалов для создания тепловых экранов. Такие материалы характеризуются большой теплоемкостью, что обусловлено используемым водосодержащим наполнителем. Использование водных растворов солей щелочноземельных металлов для их пропитки

обуславливает регенерацию их влагосодержания за счет сорбции влаги из воздушной среды и стабилизацию теплоизолирующих свойств.

При высокой интенсивности теплового потока, излучаемого источником, конвективного теплообмена будет не достаточно для охлаждения поверхности влагосодержащего материала, что продемонстрировано при выполнении исследований, поэтому поверхность влагосодержащего материала принудительно охлаждается воздушным потоком, что позволяет обеспечить температуру его поверхности не более 25°C в течении 10 мин функционирования системы охлаждения при температуре поверхности экранируемого объекта 100°C.

Снижение заметности наземных объектов с помощью таких материалов может быть реализовано за счет их закрепления на поверхности защищаемого объекта с последующим охлаждением воздушным потоком, движущимся между внешней поверхностью объекта и самим материалом при непосредственном перемещении первого.

THERMAL SCREENS ON THE BASIS OF FIBROUS MATERIALS INCLUDING WATER SOLUTIONS

ABDULKABER HAMZA ABDULKADER

Abstract

Fibrous materials including water solutions are explored. Possibility of their use in constructions of thermal screens for decrease thermal perceptibility of the mobile land objects is shown.

Список литературы

1. Зигель Р., Хауэлл Дж. Теплообмен излучением. М., 1975.
2. Борботько Т.В., Колбун Н.В., Лыньков Л.М. и др. Поглотители электромагнитного излучения. Применение в вооруженных силах. Минск, 2006.
3. Полежаев, Ю.В, Юревич Ф.Б. Тепловая защита. М., 1976.
4. Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств. М., 1990.
5. ГОСТ 26629–85. Гос. комитет СССР по делам строительства. М., 1985.