

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ
ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**RESEARCH OF THERMAL PROPERTIES
OF INNOVATIVE MATERIALS**

*П.В. КОРОЛЁВ, В.В. ВЕСЕЛОВ, С.В. КОРОЛЕВА, С.Е. СТРЕЛКОВА
P.V. KOROLEV, V.V. VESELOV, S.V. KOROLEVA, S.E. STRELKOVA*

**(Ивановский государственный энергетический университет,
Ивановская государственная текстильная академия,
Ивановский институт ГПС МЧС России)
(Ivanovo State Power University, Ivanovo State Textile Academy,
Ivanovo Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia)
E-mail office@ispu.ru; edufire@mail.ru; ttp@igta.ru**

Приведены результаты исследования теплозащитных экранирующих свойств тканей со специальными свойствами, полученными при нанесении нанотехнологичным способом пленки алюминия. Определено, что наилучшими экранирующими свойствами обладает гладкая смесовая ткань с нанопленкой алюминия, обращенная к источнику тепла металлизированной стороной. Приведен аналитический материал по медицинским аспектам воздействия теплового излучения как поражающего фактора на человека.

The paper presents the results of the research of thermal shielding properties of fabrics with special features received by applying an aluminum film with nanotechnology means. It has been determined that a blended fabric with a smooth aluminum nanofilm facing the heat source by a metalized side has the best shielding properties. The analytical article on the medical aspects of influence of thermal radiation as a damaging factor on a person has been presented.

Ключевые слова: ткани со специальными свойствами, теплозащитные экранирующие свойства, пленка алюминия, нанотехнологичный способ, медицинские аспекты.

Keywords: fabrics with special properties, thermal shielding properties, an aluminum film, nanotechnological method, medical aspects.

В настоящее время большую роль в создании безопасных условий труда играет защита человека от нагретых поверхностей. Кроме того, актуальным направлением обеспечения безопасности человека является постоянное совершенствование средств индивидуальной защиты от теплового излучения. В последнее время появилось большое количество материалов, позиционирующихся как новые защитные технологии. Назрела необходимость провести исследования по теплозащитным характеристикам инновационных материалов в сравнении со стандартными экранами.

Цель исследования – оценить эффективность защиты от теплового излучения с помощью экранов из инновационных материалов, сравнить полученные данные со стандартными экранирующими материалами для совершенствования механизмов индивидуальной защиты человека от нагревающих поверхностей.

Известно, что лучистый теплообмен между телами представляет собой процесс распространения тепловой энергии, которая излучается в виде электромагнитных волн в видимой и инфракрасной (ИК) области спектра. Длина волны видимого излучения – от 0,38 до 0,77 мкм, инфракрасного – от 0,77 до 1000 мкм. Такое излучение называется тепловым. С учетом особенности биологического действия по длинам волн ИК-излучения делятся на области:

- коротковолновую, с $\lambda = 0,76 - 15$ мкм,
- средневолновую, с $\lambda = 16 - 100$ мкм,
- длинноволновую, с $\lambda > 100$ мкм.

Производственные источники лучистого тепла по характеру излучения можно разделить на 4 группы:

- источники с температурой поверхности до 500°C . Их спектр содержит исключительно длинные инфракрасные лучи с длиной волны $\lambda = 3,7 \div 9,3$ мкм,
- поверхности с температурой $t = 500 \div 1200^{\circ}\text{C}$. Их спектр содержит преимущественно длинные инфракрасные лучи, но появляются и видимые лучи,

– поверхности с $t = 1200 \div 1800^{\circ}\text{C}$. Их спектр – ИК-лучи, вплоть до наиболее коротких, а также видимые, которые могут достигать высокой яркости,

– источники с $t > 1800^{\circ}\text{C}$. Их спектр излучения содержит наряду с ИК- и световыми лучами ультрафиолетовые лучи.

Воздух прозрачен (диатермичен) для теплового излучения, поэтому температура воздуха не повышается при прохождении через него лучистого тепла. Тепловые лучи поглощаются предметами, нагревают их и они становятся излучателями тепла. Воздух, соприкасаясь с нагретыми телами, также нагревается и температура воздушной среды, например, в производственных помещениях, возрастает.

ИК-излучение, помимо усиления теплового воздействия окружающей среды на организм человека, обладает специфическим влиянием. С гигиенической точки зрения важной особенностью ИК-излучения является его способность проникать в живую ткань на разную глубину. Лучи длинноволнового диапазона (от 3 мкм до 1 мм) задерживаются в поверхностных слоях кожи уже на глубине 0,1...0,2 мм. Поэтому их физиологическое воздействие на организм проявляется, главным образом, в повышении температуры кожи и перегреве организма. Наибольшее воздействие на организм человека оказывает излучение коротковолнового диапазона (от 0,77 до 1,4 мкм), так как оно обладает наибольшей энергией фотонов и способно глубоко проникать в ткани организма и интенсивно поглощаться водой, содержащейся в тканях. В практических условиях тепловое излучение является интегральным, так как нагретые тела излучают одновременно в широком диапазоне длин волн.

Под действием высоких температур и теплового облучения людей происходят резкое нарушение теплового баланса в организме, биохимические сдвиги, появляются отклонения и выраженные нарушения

ния в деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем, усиливается потоотделение, происходит потеря жизненно необходимых для функционирования организма минералов и солей, нарастают изменения органа зрения. Все эти нарушения в течение различного времени могут проявиться в виде судорожной болезни, вызванной нарушением водно-солевого баланса, перегревания (тепловая гипертермия), теплового удара (возникают в результате проникновения коротковолнового инфракрасного излучения (до 1,5 мкм) и воздействия непосредственно на ткань головного мозга), катаракты (помутнение хрусталика, возникающее при относительно длительном воздействии инфракрасных лучей с $\lambda = 0,78 - 1,8$ мкм).

Одним из самых распространенных и доступных способов борьбы с тепловым излучением является экранирование излучающих поверхностей. Различают экраны трех типов: непрозрачные, прозрачные и полупрозрачные. В непрозрачных экранах энергия электромагнитных колебаний взаимодействует с веществом экрана и превращается в тепловую энергию. Поглощая излучение, экран нагревается и, как всякое нагретое тело, сам становится источником теплового излучения. При этом излучение поверхностью экрана, противоположной экранируемому источнику, условно рассматривается как пропущенное излучение источника. К непрозрачным экранам относятся, например, металлические (в том числе алюминиевые), альфоловые (алюминиевая фольга), футерованные (пенобетон, пеностекло, керамзит, пемза), асбестовые и др. В прозрачных экранах излучение, взаимодействуя с веществом экрана, минует стадию превращения в тепловую энергию и распространяется внутри экрана по законам геометрической оптики, что и обеспечивает видимость через экран. Так ведут себя экраны, выполненные из различных стекол: силикатного, кварцевого, органического, металлизированного, а также пленочные водяные завесы (свободные и стекающие по стеклу), вододисперсные завесы. Полупрозрачные экраны объединяют в себе свойства про-

зрачных и непрозрачных экранов. К ним относятся металлические сетки, цепные завесы, экраны из стекла, армированного металлической сеткой.

По принципу действия экраны подразделяются на теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие. Однако это деление достаточно условно, так как каждый экран обладает одновременно способностью отражать, поглощать и отводить тепло. Отнесение экрана к той или иной группе осуществляется в зависимости от того, какая его способность выражена сильнее.

Теплоотражающие экраны имеют низкую степень черноты поверхностей, вследствие чего они значительную часть падающей на них лучистой энергии отражают в обратном направлении. В качестве теплоотражающих материалов в конструкции экранов широко используют фольгу, листовую алюминий, оцинкованную сталь, алюминиевую краску.

Теплопоглощающими называют экраны, выполненные из материалов с высоким термическим сопротивлением (малым коэффициентом теплопроводности). В качестве теплопоглощающих материалов применяют огнеупорный и теплоизоляционный кирпич, асбест, шлаковату.

В качестве теплоотводящих экранов наиболее широко используются водяные завесы, свободно падающие в виде пленки, орошающие другую экранирующую поверхность (например, металлическую), либо заключенные в специальный кожух из стекла (аквариальные экраны), металла (змеевики) и др.

В предлагаемом исследовании для решения поставленной цели в качестве экранов применены инновационные материалы, созданные в ИГХТУ (лаборатория ионно-плазменных процессов, зав. лабораторией канд. техн. наук Б.Л. Горберг) совместно с ИГТА, где разработана принципиально новая технология обработки тканей на основе ионно-плазменного магнетронного распыления, позволяющая наносить на поверхность ткани и каждое волокно в отдельности металлы и их сплавы с высокой степенью адгезии. Четыре

опытных образца различных видов тканей с нанесенными пленками алюминия были использованы в эксперименте по изучению специальных экранирующих свойств.

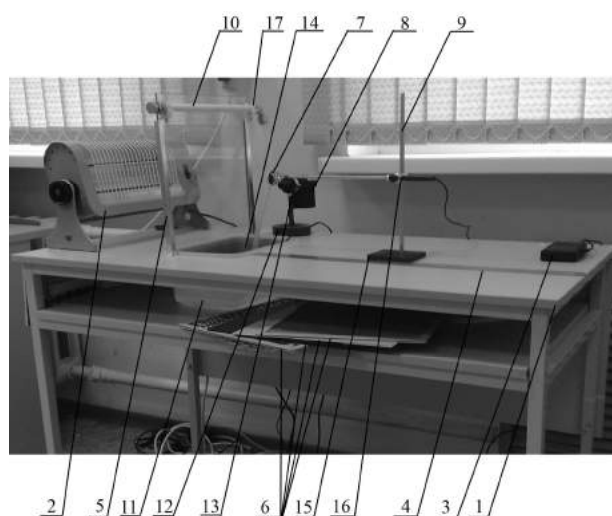


Рис. 1

В качестве метода использован стандартный экспериментальный лабораторный стенд для измерения плотности теплового потока ИПП-2 с целью изучения механизмов защиты от теплового излучения (рис. 1). Стенд представляет собой стол со столешницей 1, на которой размещаются бытовой электрокамин 2, индикаторный блок 3, линейка 4, стойки 5 для установки сменных экранов 6, стойка 9 для установки измерительной головки 7 измерителя тепловых потоков, вентилятора 8, водяного насоса 14, душ 10, емкость с водой 11.

Сменные экраны 6 имеют одинаковый размер, что позволяет поочередно устанавливать их между стойками 5. Металлические экраны выполнены в виде листов металла с направляющими. Для стандартизации эксперимента был выполнен аналогичный экран с возможностью крепления в нем образцов тканей. Экраны с цепями и брезентом выполнены в виде металлических рамок, в которых закреплены стальные цепи или брезент.

На левой боковой поверхности стола расположены выключатели, которые позволяют подключать к сети переменного тока электрокамин 2, вентилятор 8, изме-

ритель теплового потока ИПП-2М и водяную помпу 14.

Для крепления новых материалов была изготовлена рамка из аналогичных стандартным металлам. Серия исследований включала 5 измерений на каждом расстоянии, шаг которого составил 2 см (максимальное расстояние от экрана 42 см, минимальное – 0 см). Перед началом исследования экран нагревался в течение 5 минут.

Для интегральной характеристики полученных результатов измерений было сделано приведение к стандартной шкале, позволившее объединить данные стандартных экранов и экспериментальных образцов. Процедура наглядно позволила сравнить экранирующие свойства по плотности теплового потока в двух крайних сценариях: на максимальном (42 см) и минимальном (0 см, датчик вплотную к экрану) расстоянии. Полученные результаты представлены на рис. 2 (гистограмма распределения плотности теплового потока: *сс* – ткань светлой, металлизированной стороной к излучателю, *тс* – темной стороной к излучателю).

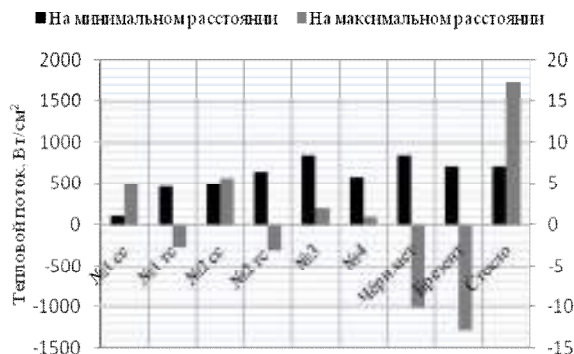


Рис. 2

Характеристики материала в первом случае показывают возможность применения его для экранирования человека от источника излучения, например, от нагретого оборудования, во втором случае – непосредственно для защиты работника, например, в качестве термозащитного костюма. Убедительно продемонстрировано, что наилучшие экранирующие свойства при измерениях вплотную к экрану показал образец №1 светлой стороной к источ-

нику, при работах в удалении от экранируемого источника предпочтительнее использовать экраны №2 и №1 темной стороной к излучателю. В общем случае защитные характеристики первого образца предпочтительнее, чем у конкурентов, сопоставимы с алюминиевой пластиной, и возможно его применение в качестве универсального защитного материала от теплового излучения.

Сравнение инновационных образцов с уже известными стандартными материалами, изготовленными из металла, брезента, стекла, показало, что теплозащитные характеристики при экранировании у черного металла и брезента выше, чем у выбранного нами образца №1. При этом следует учитывать, что применение металла в качестве экранов возможно только в стационарном варианте, а брезент под воздействием высоких температур недолговечен и быстро потеряет свои потребительские и соответственно теплозащитные свойства. В случае с минимальным расстоянием защитные показатели материала образца №1 также лучше, чем у конкурентов.

Таким образом, представленные образцы инновационных материалов продемонстрировали хорошие экранирующие свойства, при этом образец №1 (гладкая смесо-

вая камуфлированная ткань "Осенний лес" с пленкой алюминия, нанесенной ионно-плазменным распылением) светлой (металлизированной) стороной к источнику излучения наиболее универсален и предпочтителен для использования при изготовлении защитных костюмов и экранов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Королева С.В., Веселов В.В., Горберг Б.Л. Нанотехнологии в арсенале спецподразделений // Мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Современные наукоемкие инновационные технологии развития промышленности региона (ЛЕН – 2008). – Кострома: КГТУ, 2008. С. 84...85.

2. Горберг Б.Л., Веселов В.В., Белова И.Ю., Васильев Д.М., Королева С.В. Материал, отражающий инфракрасное излучение / Патент на изобретение № 2403328 по заявке №2009117931/12 (024691), приоритет от 12.05.2009, зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10.10.2010 г.

3. http://www.printsip.Ru/cgi/index/Biblioteka/Stati_o_priborah/izm_okr_sredy/izmerenie_plotnosti_potokov

4.ГОСТ 25380–82. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий ИГТА. Поступила 28.05.12.