

ВЫВОДЫ

Медико-биологические испытания выявили биологическую активность различного спектра у вновь созданных волокнистых материалов с содержанием полиэфирных antimicrobных волокон. Результаты тестирования antimicrobной и противогрибковой активности текстильных материалов с различным вложением ПЭ АМ волокна показали, в общей сложности, что уровень биологической активности материала тем выше, чем больше содержится в нем ПЭ АМ волокна.

Предложенные технологии получения биологически активных волокнистых материалов характеризуются простотой осуществления и являются перспективными для изготовления текстильных материалов, обеспечивающих повышенную защиту от бактерий и грибков.

По результатам проведенных работ создан объект промышленной собственности – изобретение «Пряжа смешанная для тканых и трикотажных изделий, обладающая antimicrobной активностью» – и получен патент № 13597, выданный Национальным центром интеллектуальной собственности РБ.

Статья поступила в редакцию 14.10.2011 г.

SUMMARY

Technologies for obtaining yarns, knitwear and the textile materials having increased level of protection against microorganisms are created. It is established, that the textile carriers containing polyester antimicrobic (PE AM) fibres, possess biological activity of a various spectrum. Thus level of bioactivity of a material that above, the higher the more PE AM fibers has it.

УДК 677.077.625.16

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ПАКЕТОВ ОГНЕТЕРМОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ

А.М. Гусаров, А.А. Кузнецов, Н.М. Дмитракович

Специальная защитная одежда пожарных (далее – СЗО) должна защищать пожарного от тепловых и механических воздействий, воды и агрессивных сред при проведении работ по тушению пожаров и связанных с ними аварийно-спасательных работ. Эксплуатационные свойства СЗО зависят как от конструктивного исполнения, так и от используемых для ее изготовления материалов. Полная и всесторонняя оценка защитных свойств материалов и тканей, используемых при изготовлении СЗО, позволяет снизить риск ее отказа во время эксплуатации.

Из множества поражающих факторов, действующих при тушении пожаров, наиболее часто к травматизму и гибели приводят воздействия высокой температуры окружающей среды, тепловых потоков, открытого пламени и контакт с нагретыми поверхностями. Человек, участвующий в тушении пожара, подвергается тепловым воздействиям в экстремальных ситуациях. Поэтому теплозащитные показатели используемых материалов и тканей являются наиболее важными при оценке эксплуатационных показателей комплекта СЗО пожарного.

Таблица – Термофизические показатели пакета материалов БОП

Наименование показателя	Значение показателя
Устойчивость к воздействию теплового потока, с, не менее:	
– 5,0 кВт/м ²	240
– 40,0 кВт/м ²	5

Согласно действующим техническим нормативным актам [1, 2] требования к теплозащитным свойствам огнестойких тканей, применяемых для изготовления СЗО, при воздействии теплового облучения, задаются несколькими парами чисел: плотностью потока облучения и соответствующим минимальным временем его действия. В таблице представлены нормативные термофизические показатели пакета материалов боевой одежды пожарного (далее – БОП), оценивающие устойчивость к воздействию теплового потока.

Данная форма оценки теплозащитных свойств материалов имеет ряд существенных недостатков:

1. Оценка термофизических показателей пакета материалов для определенного теплового воздействия происходит только на качественном уровне.

Требования к пакету материалов не содержат количественной оценки результатов испытания. Пакет материалов либо выдержал, либо не выдержал испытания. Следовательно, проведение сравнительного анализа уровня защиты двух, прошедших испытание пакетов материалов, не представляется возможным.

2. Основным критерием для оценки результатов испытаний по определению устойчивости пакета материалов к воздействию теплового потока являются значения температуры на внутренней поверхности пакета материалов (не более 50 °С в течение испытания), хотя более значимым показателем является скорость подъема температуры на внутренней поверхности пакета материалов $V_T = \frac{dT}{d\tau}$ [3].

Непосредственный контакт внутренней поверхности пакета материалов СЗО с кожным покровом пожарного во время теплового воздействия может привести к возникновению ожоговых травм различной степени. Когда температура ткани человека поднимается выше 44 °С, начинают возникать кожные ожоги со скоростью, которая зависит от уровня подъема температуры. Например, при 50 °С поражение кожи происходит в 100 раз быстрее, чем при 45 °С [4].

Целью исследований, представленных в данной работе, является разработка метода количественной оценки теплозащитных свойств пакетов огнестойких материалов.

Анализ работ Stoll A.M. и Chianta A.M. [3, 4, 5], проведенных в 1960-х гг., а также последующие исследования Gagnon B. D. и Cavanagh J. M. [6, 7] дают возможность количественно определить реакцию кожи человека на поглощаемую тепловую энергию. На рисунке 1 представлена зависимость плотности падающего на незащищенную поверхность кожи теплового потока q от времени достаточного для появления ожоговой травмы второй степени τ_0 . Данная зависимость получила название Кривая Stoll, а для ее количественного описания используется эмпирическая модель следующего вида [3 – 7]:

$$q = 50,123 \cdot \tau_0^{-0,7087} \quad (1)$$

где q – плотность падающего на поверхность кожи теплового потока, кВт/м², τ_0 – время воздействия теплового потока до возникновения ожоговой травмы второй степени, с.

Кривая Stoll является удобным инструментом для оценки степени повреждения кожи человека от теплового воздействия различной мощности.

Для усовершенствования оценки защитных свойств материалов СЗО пожарных предлагается использовать коэффициент теплозащитных свойств пакетов огнестойких материалов E , имеющий следующий физический смысл. Коэффициент теплозащитных свойств пакетов огнестойких материалов E равен величине энергии, падающей на материал, в результате воздействия которой количество тепла, переданного через материал, достаточно для того, чтобы стать причиной возникновения ожоговой травмы второй степени:

$$E = q_n \cdot \tau_o, \quad (2)$$

где q_n – плотность падающего на защитный материал теплового потока, kVt/m^2 , τ_o – время воздействия теплового потока до возникновения ожоговой травмы второй степени в соответствии с кривой Stoll, с.

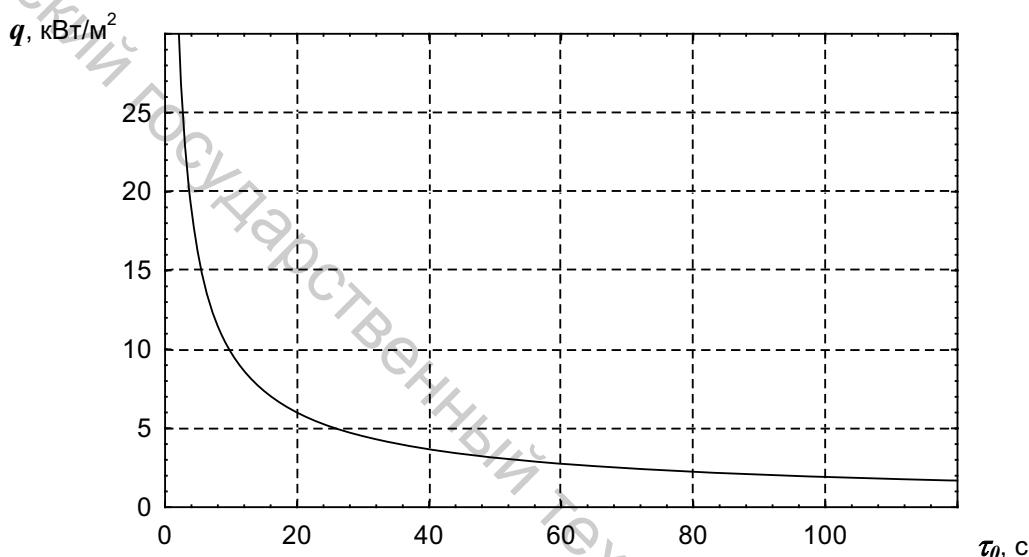


Рисунок 1 – Зависимость плотности падающего на незащищённую поверхность тела теплового потока от времени появления ожоговой травмы второй степени [3 – 7]

Практическое использование введённого показателя теплозащитных свойств пакетов огнестойких материалов позволяет определить время потенциально безопасной эксплуатации СЗО при любом уровне теплового воздействия.

В ходе экспериментальных исследований была проведена количественная оценка теплозащитных свойств пакета огнестойких материалов, используемых в настоящее время в Республике Беларусь при изготовлении БОП. В качестве критерия оценки защитных свойств использовались нормативные требования по устойчивости пакета материалов к тепловому потоку [1], согласно которым во время теплового воздействия на внутренней поверхности пакета материала температура должна быть не более 50°C и плотность теплового потока не должна превышать $2,5 \text{ kVt}/\text{m}^2$, и сравнивались с данными Кривой Stoll.

Экспериментальные исследования проходили на базе научно-исследовательского центра Витебского областного управления МЧС. Объектом исследования являлся пакет материалов БОП, состоящий из материала верха («Арселон-С», арт. 09с-368/1 саржевого переплетения, поверхностная плотностью $260 \pm 14 \text{ г}/\text{м}^2$), водонепроницаемого слоя (мембранный материал ТУ BY 300620644.017-2008), теплоизоляционной подстежки (ватин полушерстяной холстопрошивной, поверхностная плотность $235 \text{ г}/\text{м}^2$) и подкладочной ткани (100 % х/б ткань, поверхностная плотность $140 \text{ г}/\text{м}^2$). При проведении исследований использовалось следующее оборудование: установка для определения устойчивости к воздействию теплового потока, приемник теплового потока ПТПО

№192, измеритель-регулятор «Сосна-002», термоэлектрический преобразователь ТХА-1199/53, секундомер Интеграл С-01. Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 2.

Пробы пакета материалов БОП размером 210×70 мм подвергались воздействию теплового потока плотностью в диапазоне от 2 до 20 кВт/м². В качестве источника излучения использовалась радиационная панель размером 200x150 мм с нагревательным элементом в виде спирали из никромовой проволоки по ГОСТ 14081. Продолжительность цикла тепловой нагрузки ограничивалась временем достижения температуры на внутренней поверхности пакета, равной 50 °С. Для измерения значений плотности теплового потока использовался датчик типа Гордона с диапазоном измерения от 1 кВт/м² до 50 кВт/м² и погрешностью измерений не более 8 %, данные которого выводились на вторичный прибор с классом точности не менее 0,15. Для измерения температуры на внутренней поверхности пакета материалов использовались три термопары, прикрепленные под углом 120° друг к другу на расстоянии 20±2 мм от центра датчика. Измерение температуры и плотности теплового потока проводились одновременно.

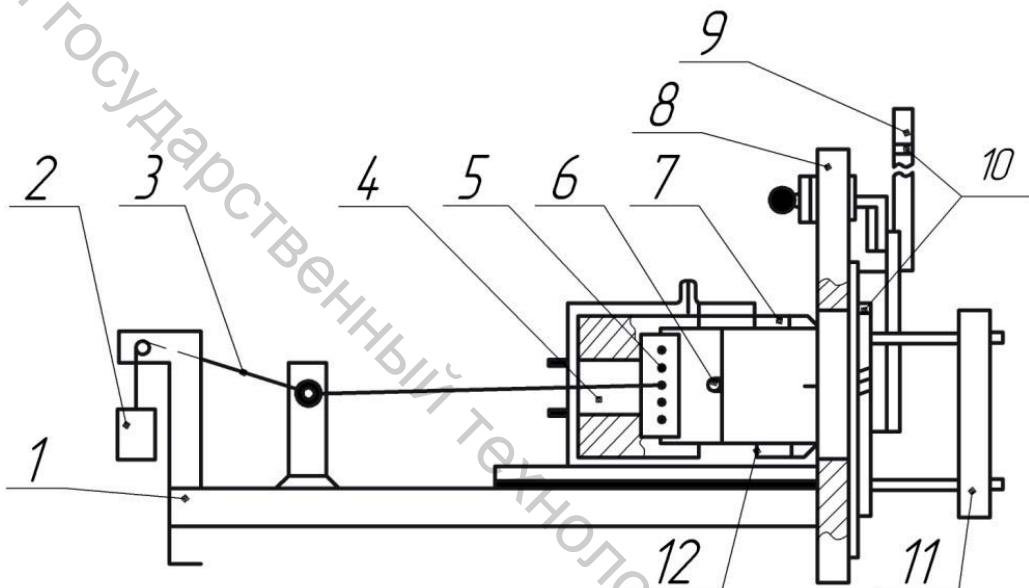


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки:

1 – платформа; 2 – груз; 3 – нити; 4 – датчик измерения плотности теплового потока; 5 – зажим; 6 – термопара; 7 – держатель пробы; 8 – экран; 9 – защитная заслонка; 10 – система охлаждения; 11 – радиационная панель; 12 – проба

Комплексный анализ результатов экспериментальных исследований, некоторые из которых представлены графически на рисунке 3, позволяет отметить, что время эксплуатации исследуемого пакета огнeterмостойких материалов в условиях повышенных тепловых воздействий, установленное согласно нормативным требованиям (температура и плотность теплового потока на внутренней поверхности исследуемого пакета материалов в процессе испытания не должны превышать 50 °С и 2,5 кВт/м² соответственно), является необоснованным. Например, при плотности падающего теплового потока $q_n = 5 \text{ кВт/м}^2$ время потенциально безопасной эксплуатации пакета согласно нормативным требованиям составляет 310 секунд, однако при данной скорости роста теплового потока на внутренней поверхности пакета высока вероятность получения ожога пожарным уже на 305-й секунде (рисунок 3, кривая 1). Для теплового воздействия в 10 и 20 кВт/м² время безопасной эксплуатации при оценке по нормативным требованиям завышено на 25 и 15 секунд соответственно (рисунок 3, кривые 2, 3).

По результатам экспериментальных исследований установлено, что коэффициент теплозащитных свойств пакета огнeterмостойких материалов E не

зависит от плотности падающего на его поверхность теплового потока q_n , а определяется только теплозащитными свойствами материалов, входящих в состав данного пакета (для исследуемого пакета огнестойких материалов численное значение коэффициента теплозащитных свойств составляет 1500 кДж/м²).

На рисунке 4 представлена зависимость времени появления ожога второй степени τ_o от плотности падающего на поверхность исследуемого пакета материалов теплового потока q_n .

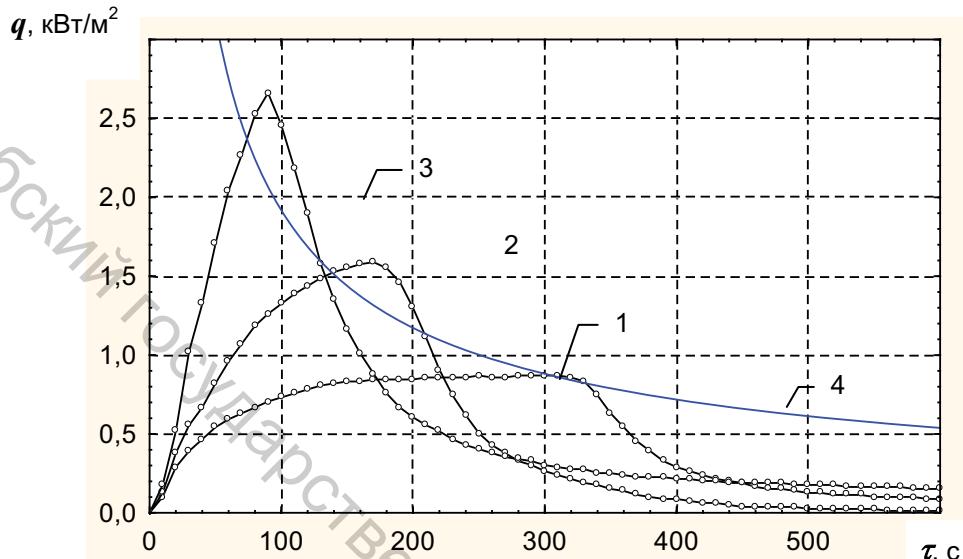


Рисунок 3 – Зависимость плотности теплового потока на внутренней поверхности пакета огнестойких материалов q от времени t при различных значениях уровня теплового воздействия на БОП q_n : 1 – при $q_n = 5$ кВт/м²; 2 – при $q_n = 10$ кВт/м²; 3 – при $q_n = 20$ кВт/м²; 4 – Кривая Stoll

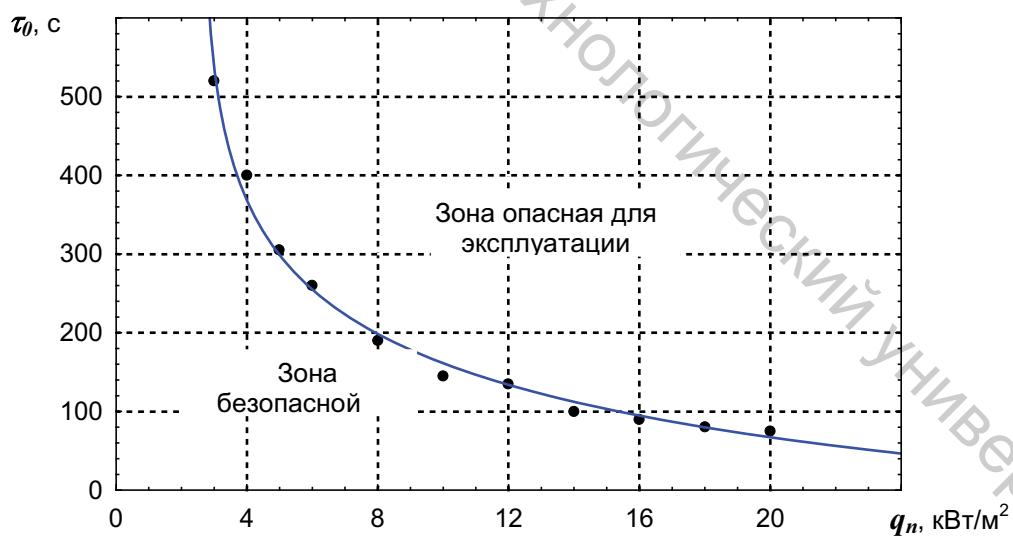


Рисунок 4 – Зависимость времени потенциально безопасной эксплуатации пакета огнестойких материалов от плотности теплового потока, падающего на его поверхность $\tau_o(q_n)$

По результатам экспериментальных исследований разработана математическая модель, позволяющая осуществлять прогноз значений времени потенциально безопасной эксплуатации пакета огнестойких материалов при любом значении плотности падающего на его наружную поверхность теплового потока, имеющая следующий вид:

$$\tau_\theta = \left(\frac{1}{k} \ln \frac{q_{max} - q_\theta}{q_n - q_\theta} \right)^{\frac{1}{s}}, \quad (3)$$

где q_{max} – плотность теплового потока, при котором использование данного пакета невозможно, кВт/м²; q_θ – максимальная величина плотности теплового потока облучения, который не вызывает ожог второй степени при неограниченном времени теплового воздействия, кВт/м²; q_n – текущее значение плотности падающего на пакет теплового потока, кВт/м²; k – темповий параметр модели, с⁻¹; s – безразмерный параметр модели.

Для исследуемого пакета огнестойких материалов численные значения параметров модели (3) имеют следующие значения: $q_{max} = 40,1$ кВт/м²; $q_\theta = 2,6$ кВт/м²; $k = 0,021$ с⁻¹; $s = 0,855$. Величина достоверности модели (коэффициент детерминации) $R^2 = 0,995$.

Использование модели (3) позволяет повысить информативность соответствующего испытания и определить диапазон значений теплового потока, падающего на поверхность пакета огнестойких материалов, в пределах которого возможна его эксплуатация. Для исследуемого пакета огнестойких материалов максимальная величина плотности теплового потока облучения, при котором возможна его эксплуатация при неограниченном времени воздействия, составляет 2,6 кВт/м², а пороговым предельным значением тепловой нагрузки – 40,1 кВт/м².

Таким образом, по результатам проведенных исследований показано, что существующая форма оценки теплозащитных свойств огнестойких материалов и их пакетов не является совершенной. Для устранения данного недостатка предложен новый методологический подход к оценке теплозащитных свойств огнестойких материалов и их пакетов, практическое применение которого позволяет не только производить сравнительный анализ теплозащитных свойств пакета огнестойких материалов, но и произвести оценку времени его потенциально безопасной эксплуатации при любом уровне теплового воздействия.

Список использованных источников

1. СТБ 1971-2009. Система стандартов безопасности труда. Одежда пожарных боевая. Общие технические условия. – Введ. 01.01.2010. – Минск : Госстандарт - НИЦ ВОУ МЧС г. Витебск, 2010. – 36 с.
2. СТБ 1972-2009. Одежда пожарных специальная защитная от повышенных тепловых воздействий. Общие технические условия. – Введ. 01.01.2010. – Минск : Госстандарт – НИЦ ВОУ МЧС г. Витебск, 2010. – 46 с.
3. Stoll, A. M. Method and rating system for evaluation of thermal protection / A. M. Stoll, M. A. Chianta // Aerospace Medicine. – 1969. – Vol. 40. – p. 1232-1238.
4. Stoll, A. M. Relationship Between Pain and Tissue Damage Due to Thermal Radiation // A. M. Stoll, L. C. Greene // Journal of Applied Physiology. – 1959. – Vol. 14. – p. 373-382.
5. Stoll, A. M. Burn production and prevention in convective and radiant heat transfer / A. M. Stoll, M. A. Chianta // Aerospace Medicine. – 1968. – Vol. 39. – p. 1232-1238.
6. Gagnon, B. D. Evaluation of New Test Methods for Fire Fighting Clothing // B. D. Gagnon / M. S. Thesis, Worcester Polytechnic Institute [Electronic resource]. – 2000. – Mode of access: <http://www.wpi.edu/Pubs/ETD/Available/etd-0418100-155520/unrestricted/gagnon.pdf>. – Date of access: 01.31.2011.
7. Cavanagh, J. M. Clothing flammability and skin burn injury in normal and microgravity // J. M. Cavanagh / M. S. Thesis, University of Saskatchewan [Electronic resource]. – 2004. Mode of access:

Статья поступила в редакцию 12.10.2011 г.

SUMMARY

In work on the basis of the experimental researches it is shown, that the existing form of an estimation of thermal protective properties of fire-resistant materials and their packages is not exact. For elimination of the given lack the new methodological approach to an estimation of thermal protective properties of fire-resistant materials and their packages is offered. Its practical application allows not only to make the comparative analysis of thermal protective properties, but also to make an estimation of time of safe operation of package of fire-resistant materials at any level of thermal influence.

УДК 685.34.017:(685.34.03)

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПАКЕТА МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБУВИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Е.Ф. Замостоцкая, В.И. Ольшанский

Специальная обувь должна обладать комплексом защитных, физико-механических и эргономических показателей, позволяющих защищать ноги от различного рода воздействий, возникающих от климатических и других факторов. При определенных воздействиях тепла и холода на материалы верха специальной обуви не должно быть разрушения наружной поверхности, отслоения покрытия, растрескивания материалов, входящих в пакет материалов, при воздействии низких температур.

Основными материалами, используемыми при изготовлении верха обуви специального назначения ГОСТ 28507-99 [1], являются различные виды термостойких и водонепроницаемых кож и других материалов, не уступающих им по своим защитным, эксплуатационным и физико-гигиеническим свойствам. Для производства верха специальной обуви в основном используются кожи двух групп: 1) кожи для верха и подкладки преимущественно хромового дубления; 2) юфть обувная преимущественно комбинированных методов дубления.

Для обуви специального назначения теплозащитные свойства характеризуются величиной термического сопротивления теплопередачи R . Величина R определяет сопротивление верха обуви переносу тепла от стопы во внешнюю среду. Как известно, обувная заготовка неравномерна по своей толщине и ее условно можно разделить на зоны (задинка, подносок, геленок, голенище и т. д.), имеющие свои конструктивные особенности. Каждая из зон заготовки представляет собой многослойный пакет материалов. Величину теплового потока многослойной стенки можно определить [2]:

$$q = \frac{t_1 - t_{n+1}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}, \quad (1)$$

где t_1 – температура 1-го слоя, К;