

УДК 677.017.56:536.21

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЛАБЛЕНИЯ
ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛА
ВЕРХА ТЕПЛОЗАЩИТНОГО КОСТЮМА**

**RESEARCH OF CHANGE OF THE RELAXATION COEFFICIENT
INFRARED MATERIAL RADIATION
TOP OF HEAT PROTECTIVE SUIT**

Д.И. ПЕНКРАТ, В.И. ОЛЬШАНСКИЙ, В.П. ДОВЫДЕНКОВА

D.I. PENKRAT, V.I. OLSHANSKIY, V.P. DOVYDENKOVA

(Витебский государственный технологический университет)

(Vitebsk State Technological University)

E-mail: dashulyapenkrat@mail.ru

В статье представлен проведенный авторами комплекс исследований по определению зон, наиболее подверженных истиранию, на материале верха теплозащитного костюма и площади зон истирания относительно общей площади детали теплозащитного костюма. Авторами установлена зависимость изменения плотности теплового потока и коэффициента ослабления инфракрасного излучения как функции многоциклового истирания. На основании экспериментальных исследований авторами даны рекомендации по положению тела пожарного-спасателя относительно фронта пламени при ликвидации чрезвычайных ситуаций.

This article presents a set of studies carried out by the authors on the determination of zones that are most prone to abrasion of the outer layer of heat-protective clothing and the area of abrasion zones relative to the total area of the heat-protective clothing. The authors established the dependence of change in the density heat flux and an attenuation ratio of infrared radiation as the function of multi-cycle abrasion. On the basis of experimental research, the authors give recommendations on the position of the body of the firefighter-rescuer relative to the front of the flame during the liquidation of emergency situations.

Ключевые слова: одежда специального назначения, эргономика, материалы для одежды специального назначения, движения пожарных-спасателей, многоцикловое истирание.

Keywords: clothing for special purpose, ergonomics, material for clothing for special purpose, movements of firefighter-rescues, multi-cycle abrasion.

Во время эксплуатации пожарным-спасателем специальной защитной одежды внешняя оболочка ее может быть повреждена механическими, химическими или термическими воздействиями. После каждого использования визуальным осмотром определяют характер повреждений комплекта, производят его очистку. Специальная защитная одежда имеет ограниченный срок эксплуатации. Для теплозащитного костюма этот срок составляет два года.

При постоянном тепловом облучении при статическом положении одной из сторон комплекта происходит быстрый прогрев пакета тканей комплекта, и допустимое время работы в нем сокращается. Поэтому пожарному не рекомендуется оставаться в одном положении относительно фронта пламени более 1 мин. Рекомендуется постоянно изменять положение тела по отношению к источнику лучистого тепла и передвигаться, поворачиваясь к нему разными сторонами [1].

При изменении положения пожарного-спасателя относительно источника тепла необходимо учитывать степень и процент износа специальной защитной одежды. В целях снижения производственного травматизма и достижения необходимого уровня эргономического соответствия были проведены исследования по определению зон истирания специальной защитной одежды, определен процент истирания от общей площади детали, проведены испытания по определению коэффициента ослабления инфракрасного излучения на участках, подверженных истиранию.

Для изучения изменения коэффициента ослабления инфракрасного излучения был проведен комплекс экспериментальных исследований, состоящий из ряда последовательных испытаний: определение участков материала верха теплозащитного костюма, наиболее подверженных истиранию; расчет площади зон истирания материала верха и определение значения коэффициента ослабления инфракрасного излучения материала верха. Комплексные экспериментальные исследования проводили с учетом реальных условий, которые специальная защитная одежда испытывает в процессе эксплуатации раз-

личными факторами износа при механическом воздействии.

Определение зон истирания было проведено по разработанной методике. Суть методики состоит в нанесении на поверхность теплозащитного костюма в области подвижных суставов небольшого количества красящего вещества, далее путем имитации движений, выполняемых пожарными-спасателями при ликвидации пожаров, были определены участки, наиболее подверженные истиранию.

Использование красящего вещества позволило визуально оценить расположение участков, подвергающихся истиранию, и площадь зон истирания материала верха теплозащитного костюма. Для практического расчета площади зон истирания материала верха был использован способ "палетки" [2].

Установлено, что участками, наиболее подверженными истиранию, являются подмышечная впадина, внутренняя часть бедер и область в верхней передней части теплозащитного комбинезона в месте удерживания пожарным-спасателем корпуса пожарного ствола.

В результате проведенных расчетов установлено, что на передней части комбинезона площадь истирания составляет 53,17%, на задней части комбинезона – 15,1%, на рукаве – 27,95%, на рукавице – 17,28%.

Коэффициент ослабления инфракрасного излучения рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{отр}} = \left(\frac{Q_o - Q_{\text{п}}}{Q_o} \right) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где Q_o – плотность теплового потока, падающего на образец, кВт/м²; $Q_{\text{п}}$ – плотность теплового потока, прошедшего через образец, кВт/м² [3].

Экспериментальные исследования изменения коэффициента ослабления инфракрасного излучения проводили в условиях аккредитованной лаборатории при научно-исследовательском центре Витебского областного управления МЧС с использованием установки для определения устойчивости пакета материалов к воздействию теплового потока. Материал верха теплозащитного кос-

тюза считается прошедшим испытания, если после проведения комплекса испытаний коэффициент ослабления инфракрасного излучения составляет не менее 70%. Метод определения устойчивости к воздействию теплового потока и коэффициента ослабления инфракрасного излучения регламентирован НПБ 161-97 [4].

Результаты исследования изменения коэффициента ослабления инфракрасного излучения как функции многоциклового истирания при различной плотности теплового потока представлены на рис. 1...4: рис. 1 – материал: ткань верха СЗО ПТВ, тепловой поток 5 кВт/м², время проведения 120 с; рис. 2 – материал: ткань верха СЗО ПТВ, тепловой поток 40 кВт/м², время проведения 120 с; рис. 3 – материал: Альфа Маритекс, тепловой поток 40 кВт/м², время проведения 120 с; рис. 4 – сравнительный анализ температуры на поверхности теплоизоляционной подкладки теплозащитного костюма при прохождении теплового потока 40 кВт/м² через материал верха.

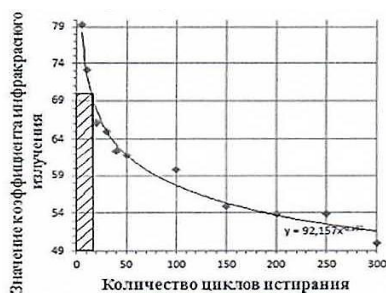


Рис. 1

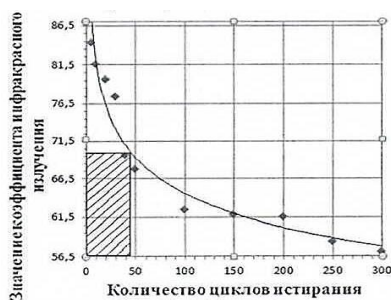


Рис. 2

Анализ рис. 1...4 показывает, что для каждого вида материала установлен порог критического снижения значения коэффициента ослабления инфракрасного излучения. Для

материала верха на основе кремнеземной ткани, дублированного гибкой металлизированной полимерной пленкой, порог критического снижения коэффициента отражения инфракрасного излучения составил 20 циклов при плотности теплового потока 5 кВт/м² и 45 циклов при плотности теплового потока 40 кВт/м²; для материала торговой марки Альфа Маритекс – 250 циклов при плотности теплового потока 40 кВт/м².

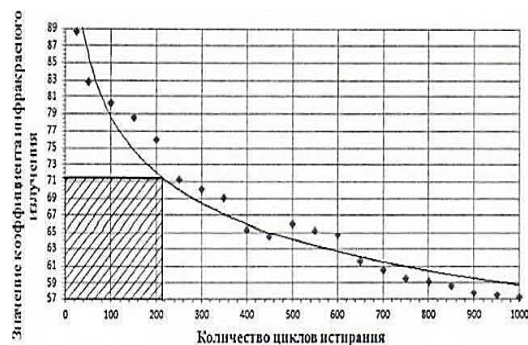


Рис. 3

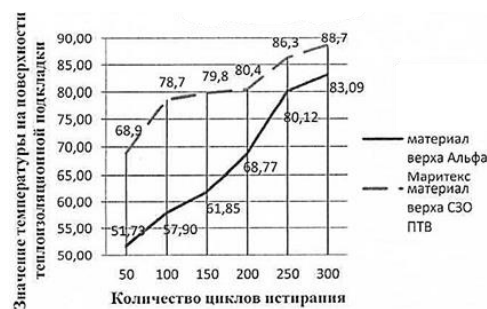


Рис. 4

При снижении коэффициента отражения инфракрасного излучения возрастает количество тепла, прошедшего через образец. От количества тепла, прошедшего через пакет материалов специальной защитной одежды, зависит температура пододежного пространства, критическое повышение которой в совокупности с факторами пожара может привести к тепловому удару или потере сознания пожарного. На основании данных, полученных в процессе проведения экспериментальных исследований, был произведен расчет температуры на поверхности теплоизоляционной подкладки теплозащитной одежды.

Исходные данные для расчета температуры представлены в табл. 1.

Наименование показателя	Значение показателя
Температура окружающей среды t_0 , °C	25
Толщина материала верха (СЗО ПТВ) σ , м	0,00075
Толщина материала верха (Альфа Маритекс) σ , м	0,001
Толщина воздушной прослойки между слоями σ , м	0,01
Коэффициент теплопроводности материала верха (СЗО ПТВ) λ , Вт/м·°C	0,06
Коэффициент теплопроводности материала верха (Альфа Маритекс) λ , Вт/м·°C	0,06
Коэффициент теплопроводности воздуха λ , Вт/м·°C	0,027

Для расчета количества тепла, прошедшего через образец, использована формула:

$$Q_0 = Q_n \left(1 - \frac{K_{отр}}{100} \right). \quad (2)$$

Для расчета температуры на поверхности теплоизоляционной подкладки при прохождении заданного теплового потока через материал верха необходимо учесть тепловое сопротивление материала верха теплозащитного костюма и воздушной прослойки между материалом верха и теплоизоляционной подкладкой теплозащитного костюма. Тепловое сопротивление рассчитывается по формуле:

$$R = \frac{\sigma}{\lambda}, \quad (3)$$

где σ – толщина материала/воздушной прослойки, м; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м·°C.

Расчет температуры на внутренней поверхности материала верха теплозащитного костюма осуществлялся по формуле:

$$t_1 = t_0 + qR, \quad (4)$$

где t_0 – температура окружающей среды, °C; q – количество тепла, прошедшего через образец, кВт/м·°C; R – тепловое сопротивление материала верха теплозащитного костюма, м²·°C/Вт [4], [5].

Расчет температуры на поверхности теплоизоляционной подкладки теплозащитного костюма осуществлялся по формуле:

$$t_2 = t_1R, \quad (5)$$

где t_1 – температура на внутренней поверхности материала верха теплозащитного костюма, °C; R – тепловое сопротивление воздушной прослойки между материалом верха и теплоизоляционной подкладкой, м²·°C/Вт.

Анализ температуры на поверхности теплоизоляционной подкладки теплозащитного костюма проводился при прохождении теплового потока 40 кВт/м² через материал верха в интервале от 50 до 300 циклов истирания. Сравнительный анализ расчета температуры на поверхности теплоизоляционной подкладки теплозащитного костюма, представленный на рис. 4, показал, что температура на поверхности теплоизоляционной подкладки теплозащитного костюма при использовании материала Альфа Маритекс в качестве материала верха теплозащитного костюма ниже в среднем на 13°C.

ВЫВОДЫ

1. При ликвидации пожарным-спасателем последствий чрезвычайных ситуаций необходимо принимать рабочую позу таким образом, чтобы угол атаки теплового потока не превышал 10°, также пожарному-спасателю необходимо прижимать руки плотнее к телу, чтобы исключить возможность прямого воздействия теплового потока на участки, наиболее подверженные истиранию.

2. При проектировании пакета материалов теплозащитного костюма в качестве материала верха авторами рекомендовано использовать материал Альфа Маритекс. Данный материал более устойчив к воздействию теплового потока и способен обеспечить комфортную температуру пододежного пространства до 250 циклов истирания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поповский Д.В., Охломенко В.Ю. Боевая одежда и снаряжение пожарного / Под общ. ред. В.А. Грачева. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004.
2. Филимонова Р.Н., Бодяло Н.Н., Гарская Н.П., Ивашкевич Е.М., Михельсон А.П. Технология швейного производства (раздел "Технология подготовительно-раскройного производства").
3. ГОСТ Р 53264–2009. Техника пожарная, специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний.
4. Колесников П.А. Теплозащитные свойства одежды. – М.: Легкая индустрия, 1965.
5. НПБ 161-97* Специальная защитная одежда пожарных от повышенных тепловых воздействий. Общие технические требования. Методы испытаний.

REFERENCES

1. Popovskiy D.V., Okhlomenko V.Yu. Boevaya odezhda i snaryazhenie pozharnogo / Pod obshch. red.

V.A. Gracheva. – M.: Akademiya GPS MChS Rossii, 2004.

2. Filimonenkova R.N., Bodyalo N.N., Garskaya N.P., Ivashkevich E.M., Mikhel'son A.P. Tekhnologiya shvey-nogo proizvodstva (razdel "Tekhnologiya podgotovitel'no-raskroynogo proizvodstva").

3. GOST R 53264–2009. Tekhnika pozharnaya, spetsial'naya zashchitnaya odezhda pozharnogo. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy.

4. Kolesnikov P.A. Teplozashchitnye svoystva odezhdy. – M.: Legkaya industriya, 1965.

5. NPB 161-97* Spetsial'naya zashchitnaya odezhda pozharnykh ot povyshennykh teplovykh vozdeystviy. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy.

Рекомендована кафедрой технологии и оборудования машиностроительного производства. Поступила 21.01.19.