# БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

УДК 614.841.411

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО В МЕСТАХ КРЕПЛЕНИЯ СВЕТООТРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

***Д.В. Сорокин, А.Л. Никифоров, С.В. Ульева, О.Г. Циркина, И.Ю. Шарабанова***

*В статье представлено техническое решение по повышению теплозащитных свойств боевой одежды пожарного в местах крепления светоотражающих элементов. Выявлено, что температура на внутренней поверхности боевой одежды пожарного в местах расположения светоотражающих элементов выше на 30%, чем на соседних участках, что приводит к более высокому риску получения травм пожарными, а также снижению теплозащитных свойств комплекта боевой одежды в целом. Использование покрытия на основе вакуумированных микросфер, расположенных слоем под светоотражающим элементом, позволяет снизить риск получения травмы пожарным и обеспечить более комфортные условия работы при значительных тепловых воздействиях на человека.*

***Ключевые слова:*** *боевая одежда пожарного, светоотражающий элемент, теплоизолирующий слой, теплопроводность.*

При работе на пожаре сотрудники пожарно-спасательных подразделений сталкиваются с воздействием на них опасных факторов пожара, в результате чего возникает риск для их жизни и здоровья.

Уровень теплового воздействия на человека и на защищающие его от негативного теплового излучения материалы боевой одежды пожарного (БОП) часто граничит с предельными значениями или превышает их, что приводит к перегреву или ожогам пожарного. При внутреннем перегреве организма происходит нарушение терморегуляции, что вызывает тепловой удар и ухудшение самочувствия спасателя [1].

При проведении работ по тушению пожаров и спасанию людей пожарными используются средства индивидуальной защиты от воздействия опасных факторов пожара. Данные средства направлены на обеспечение безопасности при выполнении поставленных перед пожарными подразделениями задач в условиях воздействия опасных факторов пожара. Средства индивидуальной защиты (СИЗ), используемые при пожаре, имеют широкую номенклатуру изделий. СИЗ пожарных должны эргономически сочетаться между собой и иметь светосигнальные элементы, позволяющие осуществлять визуальное наблюдение и поиск пожарных в условиях пониженной видимости [2].

Основным защитным средством является боевая одежда пожарного (БОП), которая представляет собой комплект многослойной специальной защитной одежды, предназначенный для защиты пожарного от опасных и вредных факторов окружающей среды, возникающих при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ, а также от неблагоприятных климатических условий. При этом основной проблемой является воздействие на пожарных высоких температур, в результате чего возникает риск получения травм, ожогов и теплового удара.

Традиционно пакет материалов и тканей, используемых для изготовления БОП, состоит из 4 основных слоев:

– материала верха, выполненного из негорючих материалов для защиты от кратковременного воздействия открытого пламени, а также механических воздействий;

– водонепроницаемого слоя, выполненного из различных полимерных материалов для защиты от негативных воздействий влаги, ветра;

– теплоизоляционной подкладки, выполненной из материалов с низкой теплопроводностью, предназначенной для

защиты от повышенных тепловых воздействий окружающей среды;

– гигиенического слоя, выполненного из хлопчатобумажной ткани [3].

Помимо этого, при изготовлении боевой одежды пожарного используются светоотражающие элементы (СОЭ), которые необходимы пожарным в условиях плохой видимости в дыму. Светоотражающие элементы представляют собой материалы, состоящие из микросфер, преломляющих световой луч в обратном направлении, отражающего алюминиевого слоя, связующего и прочной тканевой основы. За счет алюминиевой основы нагрев светоотражающих участков до критических для человека температур происходит гораздо быстрее. Такое свойство светоотражателей негативно влияет на теплозащитные свойства БОП в целом. На рис. 1 показана термограмма распределения температур на БОП при работе у очага пожара.

***Рис. 1.*** Термограмма распределения температур на БОП при работе у очага пожара

Целью работы является разработка технических решений по повышению теплозащитных свойств боевой одежды пожарного в местах расположения светоотражающих элементов.

На первом этапе проведены исследования устойчивости боевой одежды пожарного к воздействию высоких температур на различных участках тела. Данные измерения позволили выявить наиболее уязвимые участки, в которых вероятность получения повреждения от воздействия высоких температур наиболее высока. Для проведения исследования устойчивости боевой одежды пожарного к воздействию высоких температур использовалось следующее оборудование:

– учебно-тренировочный огневой комплекс ПТС «Уголек М»;

– тепловизор «FlukeTi20»;

– термометрические полоски «TestoAGD-79849 Lenzkirch»;

– боевая одежда пожарного (производитель ЗАО «Элиот»);

– манекен весом 30 кг.

Полученная термограмма с точками контроля температур на поверхности БОП при проведении исследования позволяет доказать тот факт, что наиболее интенсивному нагреву, помимо каски и верхней части куртки, подвергаются участки рукавов с расположенными на них светоотражающими элементами (рис. 1). При этом температура наружного слоя БОП, измеренная с помощью тепловизора, составляет 127–139°С – на местах расположения светоотражающих полосок и 101–103°С – на соседних участках, что является свидетельством более низкой теплоемкости светоотражающих элементов. Таким образом, температура нагрева светоотражающих элементов выше температуры материала верха БОП на 25-35 %, что оказывает существенное влияние на температуру в подкостюмном пространстве в данных областях.

В ходе дальнейшего исследования получены данные температур на внутренней и внешней поверхностях образцов пакета материалов БОП с имеющимися на них светоотражающими элементами и при их отсутствии (таблица 1). Анализ представленных данных позволяет сделать вывод о том, что температура и внутренней, и наружной поверхности пакета материалов БОП с наличием светоотражающего элемента выше аналогичного показателя контрольного образца на 10-30 % в зависимости от времени экспозиции материала. Таким образом, защитные свойства боевой одежды в местах наличия светоотражающих элементов значительно снижаются.

Таблица 1

**Результаты исследования температур на внутренней и внешней поверхностях БОП**

| Т, °С / Время, с | $T_{внутр.пов.}$ | | $T_{внешн. пов.}$ | |
|---|---|---|---|---|
| | Обр. без СОЭ | Обр. с СОЭ | Обр. без СОЭ | Обр. с СОЭ |
| 0 | 25 | 25 | 27 | 27 |
| 20 | 25,75 | 26,25 | 42 | 38,1 |
| 40 | 26,2 | 27,25 | 45,8 | 50 |
| 60 | 27,75 | 27,75 | 53 | 53,9 |
| 80 | 27,9 | 28,25 | 54,6 | 60,1 |
| 100 | 28,3 | 30,9 | 57 | 66,6 |
| 120 | 28,8 | 31,8 | 63 | 72,1 |
| 140 | 29,1 | 33,75 | 68,7 | 77,3 |
| 160 | 29,9 | 34,3 | 71,2 | 81,5 |
| 180 | 30,25 | 35,5 | 74,8 | 85,4 |
| 200 | 30,9 | 36,5 | 77,2 | 89,1 |
| 220 | 31,75 | 39,3 | 79,5 | 91,6 |
| 240 | 32,8 | 41,2 | 80,3 | 94,2 |
| 260 | 35,3 | 45,5 | 81,3 | 96,2 |
| 280 | 38,1 | 47,3 | 81,6 | 98,5 |
| 300 | 39,7 | 54,7 | 82,2 | 100,7 |
| 320 | 42,7 | 57,7 | 85,1 | 102,2 |
| 340 | 45,2 | 60,2 | 86,6 | 103,6 |
| 360 | 48,5 | 63,5 | 89,7 | 104,8 |
| 380 | 49,1 | 65,3 | 91,1 | 106 |
| 400 | 50,5 | 64,5 | 92,3 | 107,2 |
| 420 | 51,7 | 66,7 | 94,8 | 107,8 |
| 440 | 53,8 | 68,8 | 96,9 | 108,8 |
| 460 | 58,3 | 73,3 | 98,5 | 109,8 |
| 480 | 62,2 | 77,2 | 100,3 | 111 |

Для улучшения теплозащитных свойств БОП со светоотражающими элементами на область их крепления предложено наносить дополнительное теплозащитное покрытие на основе вакуумированных микросфер. Исследуемое теплозащитное покрытие представляет собой многоуровневую систему, состоящую из силиконовых и керамических вакуумированных микросфер и связующего вещества. Связующее вещество обеспечивает заполнение пространства между микросферами высококачественным латексно-акриловым полимерным материалом, который при высыхании образует тонкопленочное покрытие, играющее роль теплового зеркала. Данное теплозащитное покрытие является тепло- и энергосберегающим материалом, который не содержит органических растворителей и летучих соединений, поэтому безопасен, нетоксичен и предназначен для различных видов поверхностей.

В ходе исследования получены данные, представленные в таблице 2, которые свидетельствуют о том, что на внутренней поверхности пакета материалов БОП значения температуры снизились на 10-12%. Из этого следует, что дополнительное покрытие обеспечивает повышенную теплозащиту БОП, тем самым решается проблема низкой теплоемкости светоотражающих элементов.

Таблица 2

**Результаты исследования с нанесением дополнительного теплозащитного покрытия**

| Время, с \ T, °C | $T_{внутр.ср.}$ | $T_{внешн.ср.}$ |
|---|---|---|
| | Обр. с СОЭ | Обр. с СОЭ |
| 0 | 25 | 27 |
| 20 | 25,8 | 36,8 |
| 40 | 26,5 | 47,1 |
| 60 | 27,1 | 49,75 |
| 80 | 28,3 | 54,9 |
| 100 | 29,15 | 60,2 |
| 120 | 30,75 | 64,7 |
| 140 | 32,1 | 70,35 |
| 160 | 32,85 | 76,4 |
| 180 | 34,7 | 81,5 |
| 200 | 35,95 | 85,3 |
| 220 | 37,5 | 87,25 |
| 240 | 41,2 | 90,5 |
| 260 | 45,5 | 93,7 |
| 280 | 47,3 | 96,5 |
| 300 | 50,75 | 97,7 |
| 320 | 52,4 | 99,2 |
| 340 | 54,8 | 100,6 |
| 360 | 57,3 | 102,8 |
| 380 | 60,9 | 103,1 |
| 400 | 62,15 | 104,2 |
| 420 | 64,2 | 105,8 |
| 440 | 66,53 | 107,3 |
| 460 | 67,1 | 108,5 |
| 480 | 68,5 | 109,4 |

Выводы

1. Выявлено, что температура на внутренней поверхности БОП в местах наличия светоотражающих элементов выше на 30%, чем в местах, где светоотражающие элементы отсутствуют, что приводит к возможности получения травм пожарными, а также снижению теплозащитных свойств комплекта боевой одежды в целом.

2. Представлено техническое решение по повышению теплозащитных свойств боевой одежды в местах расположения светоотражающих элементов за счет использования покрытия на основе вакуумированных микросфер, что позволяет снизить риск получения травмы пожарным и обеспечить более комфортные условия работы при высоких тепловых воздействиях.

***Библиография***

1. *Болибрух Б.В. Модель теплового состояния пожарного в защитной одежде / Б.В. Болибрух, М. Хмель, Ю. Мазур // Bezpieczeństwoi Technika Pożarnicza. – 2016. – Vol. 41 Issue 1 – Pp. 37-46.*
2. *Архиреев К.Э. Проблемные вопросы разработки и использования боевой одежды пожарных / К.Э. Архиреев, В.И. Логинов, И.В. Коршунов, А.В. Смагин // Материалы 6-й международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». – 2018. – С. 105-108.*
3. *ГОСТ Р 53264-2009. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт Российской Федерации. Стандратинформ. – 2009. – 37 с.*

***References***

1. *Bolibruh B.V. Model' teplovogo sostoyaniya pozharnogo v zashchitnoj odezhde / B.V. Bolibruh, M. Hmel', YU. Mazur // Bezpieczeństwoi Technika Pożarnicza. – 2016. – Vol. 41 Issue 1 – Pp. 37-46.*
2. *Arhireev K.EH. Problemnye voprosy razrabotki i ispol'zovaniya boevoj odezhdy pozharnyh / K.EH. Arhireev, V.I. Loginov, I.V. Korshunov, A.V. Smagin // Materialy 6-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Pozharotushenie: problemy, tekhnologii, innovacii». – 2018. – S. 105-108.*
3. *GOST R 53264-2009. Tekhnika pozharnaya. Special'naya zashchitnaya odezhda pozharnogo. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytanij. Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. Standratinform. – 2009. – 37 c.*

# IMPROVING THE HEAT-PROTECTIVE PROPERTIES OF COMBAT FIRE CLOTHES IN THE PLACE OF REFLECTIVE ELEMENTS FASTENING

*The article presents a technical solution to improve the heat-shielding properties of fire fighting clothing in the places of reflective elements attachment. It is revealed that the temperature on the inner surface of the clothing at the locations of the reflective elements is 30% higher than in neighboring areas, which leads to a higher risk of injury to firefighters, as well as a decrease in the heat-shielding properties of the combat clothing set in general. The use of coatings based on evacuated microspheres, which are located under the light-reflecting element, reduces the risk of injury to firefighters and provides more comfortable working conditions with significant thermal effects on humans.*

***Keywords:*** *fire fighting clothing, reflective element, insulating layer, thermal conductivity.*

***Сорокин Дмитрий Вячеславович****,*
*ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,*
*Россия, г. Иваново,*
*тел. 8-915-844-29-35,*
*e-mail: element_37@mail.ru,*
***Sorokin D.V.,***
*Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,*
*Russia, Ivanovo.*

***Никифоров Александр Леонидович****,*
*доктор технических наук, старший научный сотрудник,*
*профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор»),*
*ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,*
*Россия, г. Иваново,*
*тел. 8-920-345-08-10,*
*e-mail: anikiforoff@list.ru,*
***Nikiforov A.L.,***
*Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher,*
*professor of the fire safety department of defense facilities (as part of the «State Supervision»),*
*Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,*
*Russia, Ivanovo.*

***Ульева Светлана Николаевна,***
*кандидат химических наук,*
*доцент кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор»),*
*ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,*
*Россия, г. Иваново,*
*8-910-668-00-38, jivotyagina@mail.ru,*
***Ulyeva S.N.,***
*PhD in Chemistry,*
*Associate Professor of the Fire Safety Department of Defense Facilities (as part of the «State Supervision»),*
*Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,*
*Russia, Ivanovo.*

***Циркина Ольга Германовна****,*
*доктор технических наук, доцент,*
*профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор»),*
*ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,*
*Россия, г. Иваново,*

*8-980-680-87-27, ogtsirkina@mail.ru,*
***Cirkina O.G.,***
*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,*
*Professor of the Department of Fire Safety of Protected Facilities (as part of the ESC «State Supervision»),*
*Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia, Russia, Ivanovo.*

***Шарабанова Ирина Юрьевна***,
*кандидат медицинских наук, доцент,*
*заместитель начальника академии по научной работе,*
*ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,*
*Россия, г. Иваново,*
*тел. 8-962-157-49-99,*
*e-mail: sharabanova@bk.ru,*
***Sharabanova I.U.,***
*Candidate of Medical Sciences, Associate Professor,*
*Deputy Head of the Academy for Scientific Work,*
*Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia, Russia, Ivanovo.*

*© Сорокин Д.В., Никифоров А.Л., Ульева С.Н., Циркина О.Г., Шарабанова И.Ю., 2018*