

Научная статья

УДК 677.017

doi 10.34216/2587-6147-2021-4-54-16-21

Дмитрий Вячеславович Сорокин¹

Александр Леонидович Никифоров²

^{1,2}Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново, Россия

¹element_37@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7613-3315>

²anikiforoff@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7356-9300>

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПАКЕТА МАТЕРИАЛОВ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО

Аннотация. Статья посвящена оценке влияния эксплуатационных факторов на теплозащитные показатели пакета материалов боевой одежды пожарного. В работе рассмотрено влияние повышенной влажности, сжатия пакета материалов, наличия светоотражающих элементов в пакете материалов одежды. Определены эксплуатационные факторы влияния на теплозащитные показатели пакета материалов боевой одежды пожарного, которые сокращают время защитного действия более, чем в 3 раза. В работе отмечается, что именно влажность и сжатие пакета материалов изменяют характер нагрева, что обусловлено увеличением теплопроводности слоев при воздействии данных факторов на пористый материал.

Ключевые слова: боевая одежда пожарного, специальная защитная одежда, теплозащитные показатели, теплообмен, эксплуатационные факторы, пакет материалов, тепловой поток

Для цитирования: Сорокин Д. В., Никифоров А. Л. Исследование влияния эксплуатационных факторов на теплозащитные показатели пакета материалов боевой одежды пожарного // Технологии и качество. 2021. № 4(54). С. 16–21. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-4-54-16-21>.

Original article

Dmitriy V. Sorokin¹

Alexandr L. Nikiforov²

^{1,2}Ivanovo Fire Rescue Academy of SFS of EMERCOM of Russia, Ivanovo, Russia

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF OPERATIONAL FACTORS ON THE HEAT-PROTECTIVE CHARACTERISTICS OF A PACKAGE OF MATERIALS FOR FIREFIGHTER COMBAT CLOTHING

Abstract. The article is devoted to the assessment of the impact of operational factors on the heat-protective performance of a package of materials of firefighter's combat clothing. The paper considers the influence of high humidity, compression of a package of materials, the presence of reflective elements in a package of clothing materials. The operational factors of influence on the heat-protective indicators of the package of materials of the firefighter's combat clothing, which reduce the protective action time by more than 3 times, are determined. The paper notes that it is the humidity and compression of the package of materials that change the nature of heating, which is due to an increase in the thermal conductivity of the layers when these factors affect the porous material.

Keywords: firefighter's combat clothing, special protective clothing, heat protection indicators, heat exchange, operational factors, package of materials, heat flow

For citation: Sorokin D. V., Nikiforov A. L. Investigation of the influence of operational factors on the heat-protective characteristics of a package of materials for firefighter combat clothing. Technologies & Quality. 2021. No 4(54). P. 16–21. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-4-54-16-21>.

Работы по спасению пострадавших и тушению пожаров невозможны без применения пожарными средств индивидуальной защиты (СИЗ). СИЗ служат для защиты личного состава

подразделений пожарной охраны от опасных факторов пожара, неблагоприятных климатических воздействий. СИЗ должны иметь светоотражающие нашивки для визуального наблюдения и облегчения поиска пострадавших пожарных при плотном задымлении [1].

© Сорокин Д. В., Никифоров А. Л., 2021

Главным средством защиты от опасных факторов пожара, а именно от негативных тепловых воздействий, является боевая одежда.

Боевая одежда пожарного (БОП) – это комплект многослойной специальной защитной одежды общего назначения, состоящий из куртки, брюк (полукомбинезона) и 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 воздействий [2].

Пакет материалов и тканей защитной одежды пожарного изготавливается из различных материалов с наличием воздушных прослоек. Каждый слой пакета материалов имеет особое функциональное значение. Однако степень взаимодействия слоев в при различных эксплуатационных нагрузках является практически неизученной. Именно поэтому теплозащитные характеристики пакета материалов БОП при реальной эксплуатации на пожаре и в лабораторных испытаниях значительно различаются. В качестве теплоизоляционной подкладки БОП, как правило, применяются пористые материалы: войлоки, шерстяные или полшерстяные ватины, нетканые материалы из арамидных волокон. Основным недостатком этих материалов является низкая устойчивость механическому износу и, как следствие, снижение теплозащитных показателей. Современное конструктивное исполнение пакета материалов защитной одежды пожарного не является совершенным и имеет ряд существенных недостатков, что влияет на безопасность пожарного при выполнении им работ при высоких значениях температуры окружающей среды.

На основании результатов проведенного нами исследования [8] и анализа литературы

[3–7] можно констатировать, что на теплозащитные показатели специальной защитной одежды пожарного оказывает существенное влияние ряд факторов:

– высокая влажность материалов и тканей БОП, которая возникает при попадании на защитную одежду огнетушащих растворов, а также в результате значительного потоотделения человека, работающего в БОП при высоких температурах;

– сжатие теплоизолирующей подкладки БОП, возникающее под влиянием механических нагрузок при изменении положения пожарного, при давлении веса дыхательного аппарата на область плеч, а также изменении пористой структуры материала в результате механического износа;

– повышенный нагрев светоотражающих элементов (СОЭ).

С целью определения количественной оценки влияния этих факторов нами было проведено лабораторное исследование.

Исследование выполнялось на специальной лабораторной установке по определению устойчивости материалов к сдерживанию теплового потока [2]. Для исследования были подготовлены пакеты материалов БОП (производитель ЗАО «Элиот») с различной влажностью, а также наличием СОЭ.

Увлажнение материалов производилось методом равномерного нанесения одинакового количества жидкости на внутреннюю поверхность пакета материалов образцов.

Результаты испытания образцов с СОЭ приведены на рис. 1.

Результаты свидетельствуют о том, что время достижения предельно допустимого значения температуры на внутренней поверхности образцов с СОЭ составляет 187 с, что меньше времени контрольных образцов.

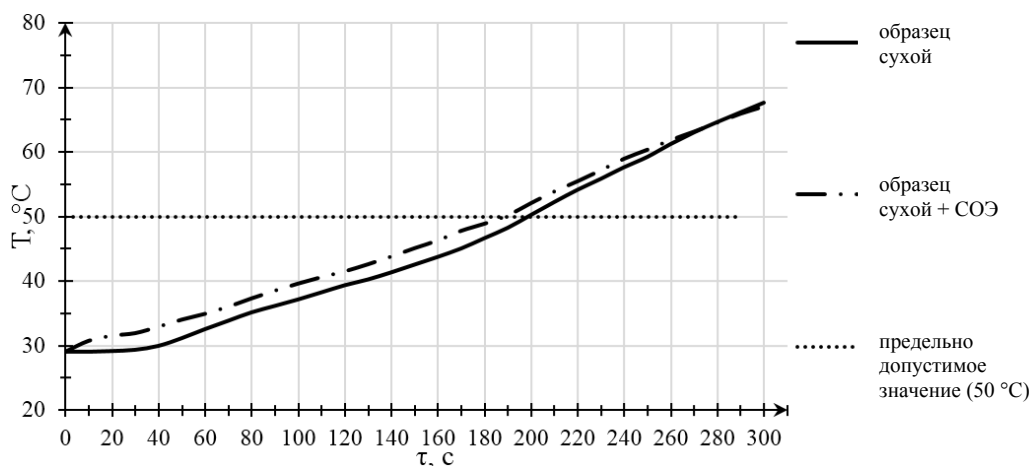


Рис. 1. Температурные зависимости на внутренней поверхности пакета материалов

Повышенный нагрев внутренней поверхности образцов с СОЭ обусловлен наличием металлов в составе светоотражающих нашивок и, как следствие, их избыточным нагревом. Разница температур внешней поверхности образцов существенна и составляет 28,1 °С (рис. 2).

На рис. 3 представлены результаты испытания образцов пакета материалов с различной влажностью.

Нагрев внутренней поверхности влажных образцов происходит значительно быстрее, чем контрольных. Время защитного действия влажных образцов сократилось более чем в 2 раза. Значения температуры внутренней поверхности в процессе испытания достигло 76,8 С, что значительно превышает предельно допустимое значение температуры в подкостюмном пространстве БОП. Высокая влажность материалов БОП оказывает существенное влияние на ско-

рость роста температуры на внутренней поверхности образцов.

На рис. 4 приведены термограммы внешней поверхности влажных образцов. Можно отметить, что наименьшее значение температуры внешней поверхности наблюдается у образца с максимальной влажностью.

Наличие влаги и ее количество в пакете материалов значительно изменяет характер его нагрева, повышает теплопроводность, за счет чего происходит снижение теплозащитных свойств и времени защитного действия всего комплекта БОП.

В процессе эксплуатации на отдельных элементах БОП происходит сжатие пакета материалов по различным причинам. Зависимости изменения температуры на внутренней поверхности образцов пакета материалов БОП при сжатии до 60 % от начальной толщины приведены на рис. 5.

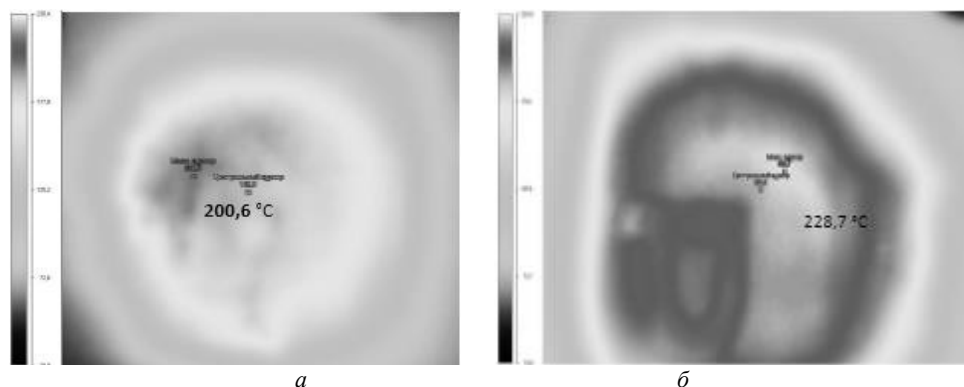


Рис. 2. Термограммы внешней поверхности образцов:
а – образец сухой; б – образец сухой + СОЭ

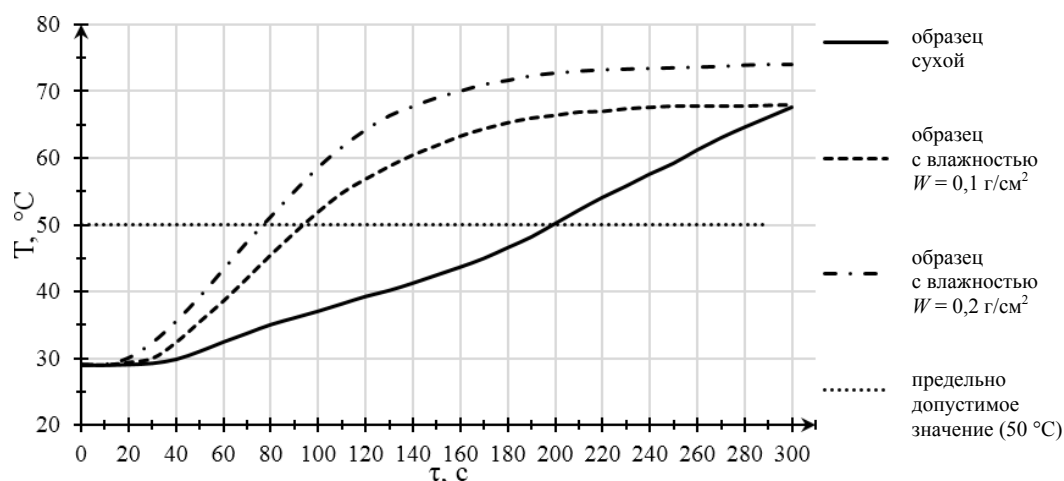


Рис. 3. Температурные зависимости на внутренней поверхности образцов пакета материалов с различной влажностью

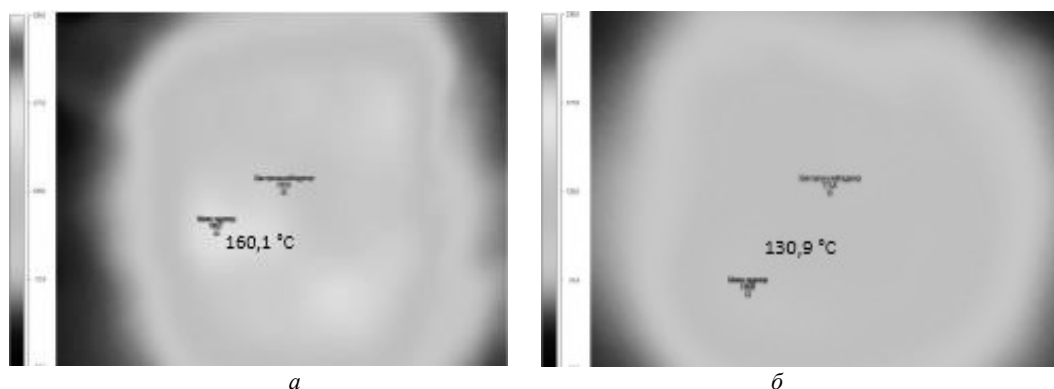


Рис. 4. Термограммы внешней поверхности образцов с различной влажностью:
а – $W = 0,1 \text{ г/см}^2$; б – $W = 0,2 \text{ г/см}^2$

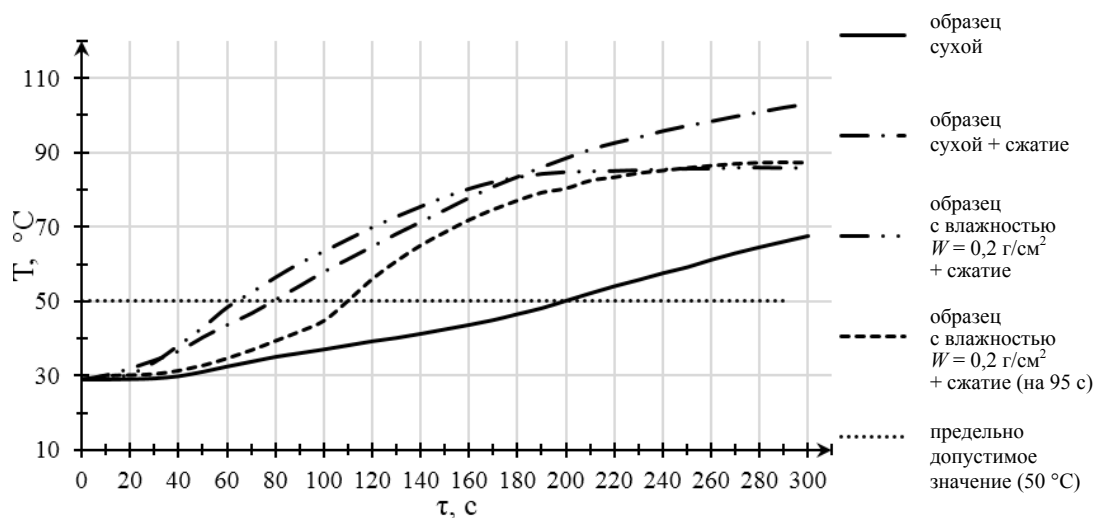


Рис. 5. Изменение температуры на внутренней поверхности образцов при сжатии

Сжатие пакета материалов характеризуется уменьшением его толщины, снижением пористости теплоизолирующего слоя, отсутствием воздушных теплоизолирующих прослоек между слоями пакета. В сжатом пакете материалов теплообмен преимущественно происходит за счет теплопередачи, являющейся наиболее эффективным способом теплообмена.

Скорость нагрева внутренней поверхности сжатых образцов значительно выше, чем у контрольных образцов.

Характер изменения температуры сжатых образцов аналогичен изменениям температуры образцов без сжатия, однако значения скорости роста и максимальные температуры значительно выше.

Сжатые образцы сухого материала достигают более высоких значений температуры по сравнению с влажным материалом по причине того, что при достижении высокой температуры пакета материалов часть подводимой тепловой энергии расходуется на испарение влаги.

Время достижения предельно допустимого значения температуры на внутренней поверхности сжатого влажного образца минимально и составляет 65 с, что в 3 раза меньше времени у сухого, не подвергнутого сжатию образца.

Для оценки влияния накапливаемой тепловой энергии в пакете материалов БОП было проведено измерение температур при сжатии пакета материалов влажного образца после 95 с теплового воздействия на образец. При сжатии образца происходит высвобождение накопленной энергии, что вызывает резкий скачок температуры на внутренней поверхности образца. В момент сжатия наблюдается максимальная скорость роста температуры на внутренней поверхности. Полученные данные свидетельствуют о возможности получения ожоговой травмы пожарным при смене положения, при работе у очага пожара.

На рис. 6 представлены термограммы наружной поверхности образцов при сжатии пакета материалов. Температура нагрева влажного образца значительно ниже, что объясняется

более высоким коэффициентом теплопроводности, обусловленным присутствием влаги и, как следствие, лучшим теплопереносом, распределением и отводом тепла.

Из проведенного исследования оценки влияния эксплуатационных факторов на теплозащитные показатели пакета материалов БОП можно сделать следующие выводы:

– наличие СОЭ в пакете материалов приводит к снижению времени достижения предельно допустимого значения температуры на внутренней поверхности при нормируемом тепловом потоке на 11,5 с (5,8 %);

– наличие влаги в пакете материалов БОП приводит к увеличению теплопроводности материалов и уменьшению времени достижения предельно допустимого значения температуры

на внутренней поверхности БОП при нормируемом тепловом потоке. У образцов с влажностью 0,1 г/см² разница составила 95,1 с (47,8 %), у образцов с влажностью 0,2 г/см² разница составила 122,2 с (61,4 %) по сравнению с воздушно-сухими образцами;

– сжатие пакета материалов БОП приводит к снижению времени достижения предельно допустимого значения температуры на внутренней поверхности при нормируемом тепловом потоке. Для воздушно-сухих образцов со сжатием разница составила 123,6 с (62,1 %) по сравнению с образцами без сжатия;

– при совокупном воздействии влажности (0,2 г/см²) и сжатия на пакет материалов БОП разница по сравнению с воздушно-сухими образцами составила 134 с (67,3 %).

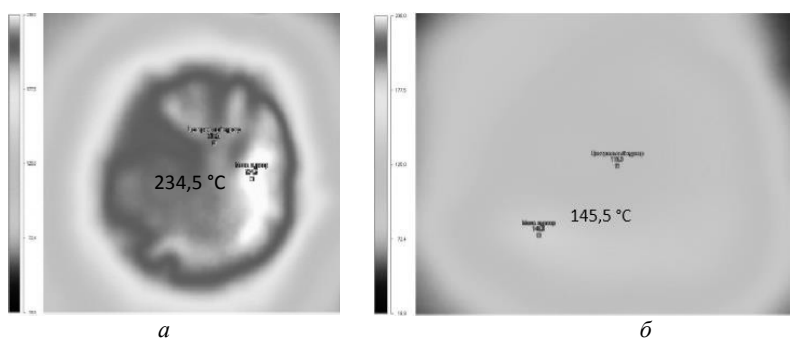


Рис. 6. Термограммы наружной поверхности образцов при сжатии:
а – образец сухой; б – $W = 0,2 \text{ г/см}^2$

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // СПС «КонсультантПлюс». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699 (дата обращения: 1.07.2021).
2. ГОСТ Р 53264–2009. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2009. 37 с.
3. Thermal Capacity of Fire Fighting Protective Clothing : Final Report / Submitted by Center for Research on Textile Protection & Comfort, College of Textiles, North Carolina State University in collaboration with the National Personal Protective Technology Laboratory (NPPTL) and the National Institute of Standards and Testing (NIST). Quincy, 2008.
4. Михайлов Е. С., Логинов В. И. Влияние температурно-влажностного режима внутреннего пространства термоагрессивостойких костюмов на их теплозащитные свойства // Пожарная безопасность. 2014. № 1. С. 56–62.
5. Логинов В. И., Игнатова М. Д., Архиереев К. А. Результаты испытаний специальной защитной одежды пожарного на стенде «Термоманекен» // Пожарная безопасность. 2011. № 3. С. 89–93.
6. Barker R. L., Guerth-Schacher C., Grimes R. V. and Hamouda H. Effects of Moisture on the Thermal Protective Performance of Firefighter Protective Clothing in Low Level Radiant Heat Exposures // Textile Research Journal. 2006. January.
7. Федеральный банк данных «Пожары» // МЧС России. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/informacionnyye-sistemy/federalnyy-bank-dannyh-pozhary> (дата обращения: 1.07.2021).
8. Влияние температурно-влажностного режима подкостюмного пространства на защитные свойства боевой одежды пожарного / Д. В. Сорокин, А. Л. Никифоров, И. Ю. Шарабанова, О. Г. Циркина // Современные проблемы гражданской защиты. 2018. № 2(27). С. 12–16.

REFERENCES

1. *Federal'nyy zakon ot 22.07.2008g. № 123-FZ "Tekhnicheskiy reglament o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti"* [Federal Law of the Russian Federation No 123-FZ dated July 22, 2008 "Technical regulations on fire safety requirements"]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699 (date of access: 1.07.2021).
2. *GOST R 53264–2009. Tekhnika pozharnaya. Spetsial'naya zashchitnaya odezhda pozharnogo. Obshchiye tekhnicheskiye trebovaniya. Metody ispytaniy* [State Standart R 53264–2009. Fire equipment. Special protective clothing for firefighters. General technical requirements. Test methods]. Moscow, Standartinform Publ., 2009. 37 p.
3. Thermal Capacity of Fire Fighting Protective Clothing: Final Report. Submitted by Center for Research on Textile Protection & Comfort, College of Textiles, North Carolina State University in collaboration with the National Personal Protective Technology Laboratory (NPPTL) and the National Institute of Standards and Testing (NIST). October 2008.
4. Mikhaylov Ye. S., Loginov V. I. The influence of temperature-and-humidity conditions inside of the chemical-and-heat resistant suits on their heat-proofing characteristics. *Pozharnaya bezopasnost'* [Fire safety]. 2014;1:56–62.
5. Loginov V. I., Ignatova M. D., Arkhiyereyev K. A. Test results of special protective clothing for firefighters by "termomaneken" tester. *Pozharnaya bezopasnost'* [Fire safety]. 2011;3:89–93.
6. Barker R. L., Guerth-Schacher C., Grimes R. V. and Hamouda H. Effects of Moisture on the Thermal Protective Performance of Firefighter Protective Clothing in Low Level Radiant Heat Exposures. *Textile Research Journal*. January 2006.
7. Federal data bank "Fires" // EMERCOM of Russia. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/informacionnye-sistemy/federalnyy-bank-dannyh-pozhary> (date of access: 1.07.2021)
8. Sorokin D. V., Nikiforov A. L., Sharabanova I. Yu., Tsirkina O. G. The influence of temperature and humidity conditions podcasting space on the protective properties of combat clothing fire. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity* [Modern problems of civil protection]. 2018;2(27):12–16.

Статья поступила в редакцию 3.11.2021
Принята к публикации 18.11.2021