

- of the Methodology for determining the risks and their acceptable levels for declaring the safety of high-risk objects]. Kiev, 2002, 25 p. (Ukr.)
2. DSTU EN 1050:2003. *Bezpeka mashin. Printsipi otsiniuvannia riziku* [State standart EN 1050:2003. Safety of machines. Principles of risk assessment]. Kiev, Derzhspozhivstandart Ukraïni Publ., 2004. 12 p. (Ukr.)
 3. DSTU OHSAS 18001:2010. *Sistemi upravlinnia gigienoiu ta bezpekoiu pratsi. Vimogi* [State standart OHSAS 18001:2010. Hygiene and safety management systems. Requirements]. Kiev, Derzhspozhivstandart Ukraïni Publ., 2011. 20 p. (Ukr.)
 4. Murtonen M. *Otsenki riskov na rabochem meste: prakticheskoe posobie. Opyt Finliandii* [Risk assessments in the workplace. Experience in Finland]. Kyev, 2012, 63 p. (Rus.)

Рецензент: В.В. Кухарь
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 18.07.2017

УДК 614.895.5:621

© Костенко Т.В.¹, Костенко В.К.², Александров С.Н.³

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПРОТИВОТЕПЛОВЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ СПАСАТЕЛЕЙ

Предложено усовершенствование системы охлаждения тела спасателя путем перехода на проточную схему охлаждения от систем с расположенными в подкостюмном пространстве поглотителями тепла. Предложенная конструкция обеспечивает практически неограниченный ресурс хладагента и, соответственно, увеличивает срок защитного действия противотеплового средства. Для повышения эффективности механизма снятия тепла с поверхности тела человека путем испарения пота предложено обеспечить сорбцию влаги в подкостюмном пространстве путем установления поглощающих элементов. Проблему термодеструкции ткани внешней оболочки можно решить путем ее орошения водой или образованием пенного барьера. Использование предложенных конструктивных решений позволит значительно увеличить защитный ресурс противотепловых средств и снизить риск выхода их из строя при ведении аварийных работ.

Ключевые слова: спасатель, нагревающий микроклимат, индивидуальная защита от тепла, хладагент, срок защитного действия, сорбция влаги, термодеструкция.

Костенко Т.В., Костенко В.К., Александров С.Н. Удосконалення індивідуальних протитеплових засобів захисту рятувальників. Запропоновано удосконалення системи охолодження тіла рятувальника шляхом переходу на проточну схему охолодження від систем з розташованими в підкостюмному просторі поглиначами тепла. Запропонована конструкція забезпечить практично необмежений ресурс холодоагенту і, відповідно, збільшить термін захисної дії протитеплого засобу. Для підвищення ефективності механізму зняття тепла з поверхні тіла людини шляхом випаровування поту запропоновано забезпечити сорбцію вологи в підкостюмному просторі шляхом встановлення поглинаючих елементів. Проблему термодеструкції тканини зовнішньої оболонки можна вирішити шляхом її зрошення водою або утворенням пінного бар'єру. Використання запропонованих конструк-

¹ канд. техн. наук, докторант, Донецький національний технічний університет МОН України, г. Покровск, tatiana.kostenko@gmail.com

² д-р техн. наук, професор, Донецький національний технічний університет МОН України, г. Покровск, yk.kostenko@gmail.com

³ д-р техн. наук, професор, Донецький національний технічний університет МОН України, г. Покровск

тивних рішень дозволить значно збільшити захисний ресурс протитеплових засобів і знизити ризик виходу їх з ладу при веденні аварійних робіт.

Ключові слова: рятувальник, нагріваючий мікроклімат, індивідуальний захист від тепла, холодагент, термін захисної дії, сорбція вологи, термодеструкція.

T.V. Kostenko, V.K. Kostenko, S.M. Aleksandrov. Perfection of individual heat protective means of rescuers. Most often rescuers working at extinguishing fires are subjected to high air temperatures and intense thermal radiation. Particularly difficult is the microclimate The heat conditions when there gets more heat into the body than out of the body are particularly difficult by removal of excess radiation, moisture evaporation, heat exchange with the environment. Special heat protective means must be used under such extreme conditions. The reasons for thermal lesions and their complications are the lack of protective effect of the heat protective means, the rescue units are equipped with, and incomplete knowledge of the thermal factors and therefore erroneous actions of the executives responsible for firefighting. Therefore, improving the ways and means to protect rescuers from the negative impact of heat is important and urgent. Such passive methods as reflection of rays of heat isolating layers are mostly used in the firefighters' protective equipment. Their disadvantages are a limited security resource that is just tens of seconds and a great probability of violating the integrity of the shells because of heating, aggressive chemicals and light radiation. The article proposed to improve the cooling system for the human body by adopting a flowing cooling scheme with heat absorbers located in the underwear space. This will ensure a practically unlimited resource of a coolant and increase the term of the heat protective means action. To increase the heat removal from the surface of the body by sweat evaporation it has been proposed to provide moisture sorption in underwear by installing absorbing elements. Water irrigation or foam barrier formation can solve the problem of thermal destruction of the outer shell cloth. Using the proposed constructive solutions will make it possible to increase the security resource of heat protective means and reduce the risk of their ruining during emergency works.

Keywords: rescuer, microclimate heat condition, heat protective means, coolant, term of protective action, moisture sorption, thermal destruction.

Постановка проблеми. При тушении пожаров аварийно-спасательные работы выполняются в различных микроклиматических условиях: температура воздуха может колебаться в широком диапазоне от -40 до 500°C и более, температура пламени и разогретых окружающих поверхностей составляет более 1000°C , относительная влажность воздуха может составлять $0\ldots 100\%$, скорость ветрового потока – от нуля до нескольких десятков метров в секунду [1]. Такая обстановка существенно отличается от нормируемой, при переохлаждении или нагреве резко уменьшается работоспособность личного состава, учащаются тепловые травмы (обморожение, потеря сознания, перегрев организма, тепловые удары, ожоги), иногда случаются летальные случаи. Поэтому специальная одежда спасателей должна обеспечивать защиту организма в широком диапазоне температур, влажности и скорости газового потока [2, 3].

Чаще всего работа спасателей при ликвидации пожаров происходит в условиях высокой температуры окружающего воздуха и действия интенсивного теплового излучения. Особенно тяжелыми являются условия нагревающего микроклимата, когда поступление тепла в организм превышает отвод путем излучения, испарения влаги, теплообмена с окружающей средой. При выполнении оперативных действий в таких экстремальных условиях обязательно применять специальные противотепловые средства защиты [4, 5].

Причиной, приводящей к тепловым поражениям и их осложнениям, является недостаточное защитное действие противотепловых средств, находящихся на оснащении спасательных подразделений, и неполнота знаний механизмов действия тепловых факторов и, как следствие, ошибочные действия руководителей тушения пожаров [6, 7]. Поэтому проведение работ по совершенствованию способов и средств защиты личного состава спасательных подразделений от негативного воздействия тепла является, на наш взгляд, весьма актуальным направлением исследований.

Анализ последних исследований и публикаций. Принцип действия современных

средств защиты спасателей от тепла базируется на нескольких направлениях защиты: отражение тепловых лучей отражающими поверхностями, обеспечение спецодежды изолирующими от тепла прокладками, размещение хладагентов в подкостюмном пространстве и т. д. [8].

Создание отражающих покрытий, например, нанесение алюминиевой пленки, обеспечивает перенаправление потока инфракрасного излучения от спасателя во внешнюю среду, снижая их негативное воздействие. К сожалению, при большой тепловой нагрузке эффективность такого метода недостаточна. Кроме того, ресурсы отражающих покрытий небольшие, через два-пять пожара они разрушаются, а повторное окрашивание не обеспечивает качественного отражения лучей.

Использование в конструкции одежды прокладок из материала, который имеет низкий коэффициент теплопередачи, позволяет удерживать в течение нескольких десятков секунд относительно низкую температуру внутренней поверхности одежды при разогреве внешней. Недостатком данного способа является угроза термодеструкции нагретой до высокой температуры оболочки спецодежды, после чего она перестает выполнять защитные функции [9]. Термостойкость волокон, из которых изготавливают специальную одежду спасателей, характеризует необратимые изменения их свойств от воздействия высоких температур и определяется после охлаждения волокна до нормальной температуры. Для большинства волокон предельная температура термостойкости не превышает 150...170°C [10]. В условиях пожара ткань подвергается интенсивному световому и химическому воздействию, что также способствует ухудшению ее физико-механических свойств. Кроме того, толстый слой изоляционного материала способствует накоплению физиологической теплоты, выделяющейся при работе мышц, он также ограничивает движение спасателя и создает дополнительную нагрузку на него.

Более эффективным является решение активного противодействия нагреву спасателей путем использования хладагентов, например, размещение внутри защитной оболочки ледяных охлаждающих элементов (рис. 1). Запас холода, заранее приготовленный в холодильных устройствах, размещенный в спецодежде, позволяет увеличить время пребывания спасателей в зонах действия повышенных температур. Такая система охлаждения является квазиавтономной из-за того, что до аварийной обстановки охлаждающие элементы находятся вне защитной одежды в холодильных установках. Но ресурс подобных средств ограничен в связи с недопущением чрезмерной нагрузки спасателей значительной массой охлаждающих элементов, это сдерживает тактические возможности пожарных подразделений.

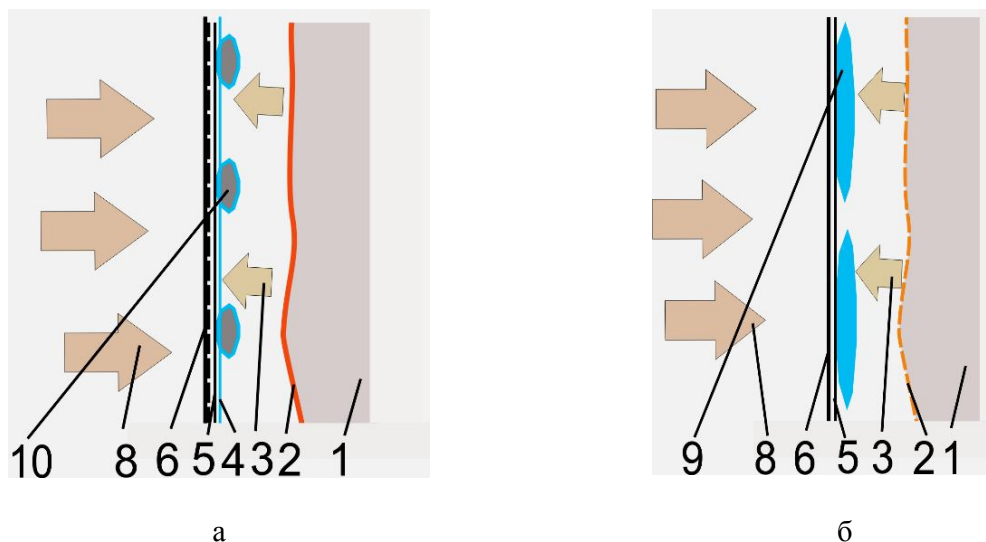


Рис. 1 – Схемы тепловых потоков в противотепловой одежде, имеющей дополнительные детали конструкции: а – охлаждающие элементы; б – вставки, поглощающие влагу; 1 – тело; 2 – выделение пота на коже; 3 – поток тепла от тела; 4 – конденсат на ткани; 5 – влаговпитывающая ткань; 6 – непроницаемая оболочка; 8 – внешний тепловой поток от пожара; 9 – влагопоглощающая вставка; 10 – охлаждающий элемент

Оболочки почти всех конструкций специальной одежды не обеспечивают проникновение влаги от тела человека к внешней среде. При работе в такой одежде влага, испаряющаяся от тела, остается в подкостюмном пространстве. Это приводит к повышению парциального давления водяного пара над поверхностью кожи, прекращению испарения пота, перегреву организма и, как следствие, снижению работоспособности пожарных [11, 12].

При использовании охлаждающих элементов сниженная температура на их поверхностях способствует конденсации и снижению концентрации водяного пара в воздухе. После таяния льда и нагрева воды в элементах, количество конденсированной влаги снижается, а парциальное давление водяного пара в подкостюмном пространстве увеличивается. Это ухудшает эффективность охлаждения поверхности кожи человека за счет испарения пота с нее и теплозащиты пожарного в целом. Известны исследования по оценке воздействия влаги на теплообмен между телом человека и теплозащитной оболочкой в подкостюмном пространстве [13]. В качестве критерия предложен показатель Φ_{EM} – мощность теплового потока от тела спасателя за счет испарения или конденсации влаги, Вт/м²:

$$\Phi_{EM} = \frac{11 \cdot 10^{-3} h_C (P_K - P_C)}{1 + 0,143 h_C M}, \quad (1)$$

где h_C – коэффициент теплообмена конвекцией, Вт/(м²·К);

M – коэффициент теплоизоляции одежды, КЛО;

P_K – парциальное давление водяного пара над поверхностью кожи, Па;

P_C – парциальное давление водяного пара в воздухе, Па.

Цель работы заключается в обосновании конструктивных решений, которые позволят усовершенствовать защитные свойства противотепловой одежды спасателей и повысить безопасность их работы в экстремальных условиях нагревающего микроклимата.

Изложение основного материала. Прогрессивной, на наш взгляд, может быть конструкция специальной одежды, в которой происходит поглощение влаги путем ее сорбции (рис. 1, б) [14]. В таком варианте продукты испарения безвозвратно поглощаются способным к сорбции материалом, что приводит к уменьшению разницы $(P_K - P_C)$ в выражении (1). Расчет теплового потока, показателя Φ_{EM} , при изменении влагосодержания (рис. 2) показывает, что таким путем можно достичь радикального улучшения условий труда спасателей даже при высоком уровне температуры (до 50°C) в подкостюмном пространстве.

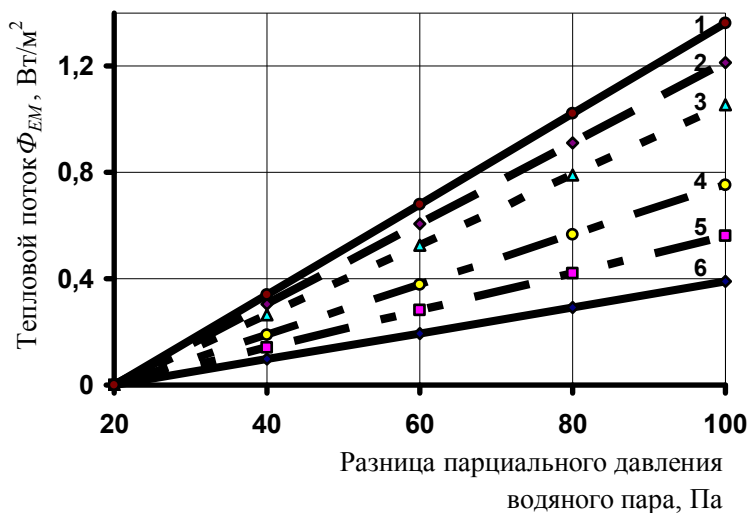


Рис. 2 – Влияние параметров паровоздушной смеси $(P_K - P_C)$ на тепловой поток, созданный испарением пота при температуре в подкостюмном пространстве 50°C и h_C , равном: 1 – 19,66; 2 – 16,53; 3 – 13,05; 4 – 8,7; 5 – 6,1; 6 – 4,02 Вт/(м²·К)

Сорбционная емкость поглощающих материалов определяется количеством влаги, которую выделяет организм через кожу. Масса пота, испаряющегося при нагревании и выполнении тяжелой работы в течение аппаратосмены (до четырех часов), не превышает четырех кило-

граммов. Поэтому массу сорбентов можно определить как ресурс, необходимый для поглощения части или всего пота, исходя из физико-химических свойств вещества. Существенным является то, что масса спасателя в такой защитной одежде остается неизменной в процессе выполнения аварийных работ.

Ресурсное ограничение при использовании конструкции, приведенной на рис. 1, можно обойти путем перехода от автономной системы охлаждения с использованием охлаждающих элементов к открытой (шланговой) [15, 16]. В ней хладагент, который поступает от пожарного рукава, движется по размещенным внутри костюма трубкам, которые охватывают поверхность тела, а затем, отобрав тепло из подкостюмного пространства, выливается наружу.

Вынос теплоты (Q_y) можно ориентировочно рассчитать по формуле:

$$Q_y = m \cdot c \cdot (t_1 - t_2), \quad (2)$$

где m – масса нагреваемого хладагента; c – теплоемкость хладагента; t_1, t_2 – температура хладагента, соответственно, поступающего и вытекающего из костюма.

Внешняя тепловая нагрузка (Q_{wi}) на поверхность тела или теплозащитного устройства, которое используют спасатели во время пожара, состоит из следующих основных составляющих [17]:

- прямые тепловые потоки от пожара (Q_{fd}) и солнца (Q_{sd});
- отраженные ($Q_{fr} + Q_{sr}$) от почвы и стенок лучевые потоки;
- конвективные потоки нагретых газов (Q_k), обусловленные нагревом воздуха от поверхности или действием горячих продуктов горения;
- кондукционный (Q_c) нагрев от прикосновения к нагретым поверхностям, искр или пламени.

Кроме внешней, есть внутренняя тепловая нагрузка, обусловленная тепловыделением при работе мышц человека (Q_{mb}) и функционированием регенеративной дыхательной системы (Q_{ar}). Общее количество теплоты, поступающей и генерируемой в системе «человек–теплозащитная одежда–окружающая среда», можно выразить уравнением:

$$(Q_{wi}) = Q_{sd} + Q_{fd} + Q_{fr} + Q_{sr} + Q_k + Q_{mb} + Q_{ar} + Q_c. \quad (3)$$

Стабильный тепловой режим в подкостюмном пространстве можно обеспечить, сравнив поступления энергии (Q_{wi}) и ее потерю (Q_y).

Проточная схема охлаждения позволяет использовать практически без ограничения значительные объемы жидкого хладагента. Проведенные полигонные испытания такой конструкции продемонстрировали продолжительность 23 мин набора подкостюмной температуры от 25 до 40°C, при этом внешняя оболочка была постоянно нагрета до 180...220°C. Во время испытаний к костюму подавали около 2 л/мин воды с температурой t_1 около 23...25°C.

Преимуществом такого технического решения является отсутствие дополнительной нагрузки на спасателя вне зоны нагревающего микроклимата при остановленном охлаждении, масса сухих трубок значительно меньше массы охлаждающих элементов. Шланговая схема подачи хладагента частично ограничивает перемещение ствольщика, она является проблемной при защите спасателей, находящихся на расстоянии от пожарных трубопроводов. Недостатком конструкции является также нагрев до высокой температуры внешней оболочки и угроза ее термодеструкции.

Циклы эпизодической экстремальной тепловой нагрузки-разгрузки внешней оболочки защитного костюма во время нескольких пожаров приводят к накоплению деформаций, термодеструкции и постепенной потере противотепловых свойств костюма. Это определяет сокращение срока эксплуатации защитного костюма и увеличивает риски тепловых травм личного состава. Для преодоления этого недостатка предлагается перейти к внешнему охлаждению костюма при шланговой схеме проточной подачи воды (рис. 3). В отличие от известных технических решений по внешнему охлаждению спасателей, предложено создавать над и на поверхности оболочки костюма водяной экран, который обеспечивает эффективное поглощение тепловой энергии и вынос ее наружу. Температура оболочки не превышает температуру хладагента, не прогревается больше 100°C. Возможно создание пенного защитного слоя на поверхности оболочки (рис. 3, б).

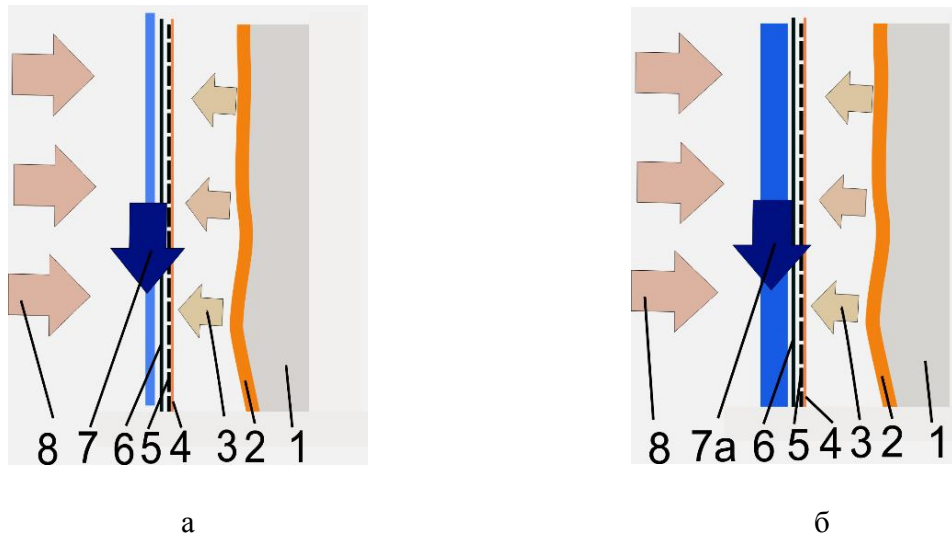


Рис. 3 – Схема теплових потоків в противотепловій одязі, яка має зовнішнє проточне охолодження струями: а – водними; б – пінними; 7, 7а – відповідно водна і пінна поверхнісні струї охолодження; інші позначення – як на рис. 1

Выводы

При тушении пожаров спасатели работают в экстремальных условиях, отличающихся воздействием высоких температур, которые определяют значительные риски теплового поражения. Имеющиеся на оснащении подразделений Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям средства защиты пожарных от негативных факторов пожара основаны на использовании пассивных способов, таких как отражение лучей и установка изолирующих от тепла слоев. Их недостатками являются ограниченный защитный ресурс, который исчисляется десятками секунд, а также вероятность нарушения целостности оболочек в результате нагрева, воздействия агрессивных химических веществ и светового излучения.

Авторами предложено усовершенствование системы охлаждения тела человека путем перехода на проточную схему охлаждения систем с расположенными в подкостюмном пространстве поглотителями тепла. Это позволит обеспечить практически неограниченный ресурс хладагента и, соответственно, увеличить срок защитного действия противотеплового средства.

Для повышения эффективности механизма снятия тепла с поверхности тела человека путем испарения пота предложено обеспечить сорбцию в подкостюмном пространстве влаги путем установления поглощающих элементов.

Для того, чтобы избавиться от проблем, связанных с термодеструкцией ткани внешней оболочки, предложен способ ее орошения водой или образования пенного барьера.

Использование предложенных конструктивных решений позволит значительно увеличить защитный ресурс противотепловых средств и снизить риск выхода их из строя при ведении аварийных работ.

Список использованных источников:

1. Костенко Т.В. Повышение безопасности и тактических возможностей спасателей при ликвидации пожаров с высоким тепловыделением / Т.В. Костенко // Вісник Приазовського державного технічного університету : Зб. наук. пр. / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2016. – Вип. 33. – С. 198-205. – (Серія: Технічні науки).
2. ГОСТ ISO 11612-2014. Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и пламени. Общие требования и эксплуатационные характеристики. – Введ. 2015-12-01. – М. : Стандартинформ, 2015. – 27 с.
3. ДСТУ 4366:2005. Одяг пожежника захисний. Загальні технічні вимоги та методи випробувань. – Чинний від 2005-01-07. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 35 с. – (Національний стандарт України).
4. Особливості теплового впливу пожежі на теплозахисний костюм пожежника / Т.В. Костен-

- ко [та ін.] // Пожежна та техногенна безпека. Теорія, практика, інновації : Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Львів : ЛДУБЖД, 2016. – С. 486-488.
5. Про затвердження Правил безпеки праці в органах і підрозділах МНС України : Наказ МНС України № 312 від 07.05.2007. – Київ, 2006. – 215 с.
 6. Костенко Т.В. Можливості захисту рятувальників від теплового впливу / Т.В. Костенко // Пожежна безпека: теорія і практика: збірник наукових праць. – Черкаси : АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2015. – № 20. – С. 53-60.
 7. Пропозиції щодо удосконалення засобів протитеплового захисту / Т.В. Костенко [та ін.] // Пожежна та техногенна безпека. Теорія, практика, інновації : Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Львів : ЛДУБЖД, 2016. – С. 422-424.
 8. Воронов П.С. Обґрунтування параметрів і створення комплексу протитеплового захисту гірничорятувальників з використанням стиснутого повітря : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.26.01 / П.С. Воронов; Держ. Макиїв. н-д. ін-т з безпеки робіт у гірн. пром-сті. – Макиївка, 2009. – 20 с.
 9. Обґрунтування вибору матеріалів для виготовлення спеціального захисного одягу рятувальників від підвищеного теплового впливу / В.К. Костенко [та ін.] // Вісті Донецького гірничого інституту. – Покровськ : ДонНТУ, 2016. – № 2 (39). – С. 87-97.
 10. Баженов В.И. Материаловедение трикотажно-швейного производства / В.И. Баженов. – М. : Легкая индустрия, 1971. – 304 с.
 11. Клименко Ю.В. Воздействие лучистого потока на человека при тушении подземного пожара / Ю.В. Клименко, И.Ф. Марийчук // Науковий вісник НГА України. – Дніпропетровськ, 2002. – № 1. – С. 46-49.
 12. Онасенко А.А. Комплексный показатель шахтного микроклимата – Термоиндекс / А.А. Онасенко, Ю.В. Клименко, В.В. Карпекин // 10-я Пленарная сессия международного бюро по Горной теплофизике «18 МТ2005». – Гливице : Силезский Политехнический институт, 2005. – С. 455-459.
 13. Онасенко А.А. Теоретические основы тепломассопереноса в газозащитном костюме с водоледяной системой охлаждения / А.А. Онасенко // Проблемы экологии : Сб. науч. тр. – Донецк : ДонНТУ, 2005. – № 6. – С. 67-77.
 14. Костенко Т.В. Охлаждения пожежників-рятувальників шляхом удосконалення терморегуляції / Т.В. Костенко // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. – Львів : ЛДУБЖД, 2016. – № 29 – С. 77-86.
 15. Пат. 109668 Україна, МПК А 62 В 17/00, А 41 D 13/02. Теплозахисний костюм / В.К. Костенко, О.Л. Зав'ялова, Г.В. Зав'ялов, Т.В. Костенко, В.М. Покалюк. – № u201603119; заявл. 25.03.16; опубл. 25.08.16, Бюл. № 16. – 6 с.
 16. Костенко В.К. Теплозахисний костюм рятувальника з системою водяного охолодження / В.К. Костенко, О.Л. Зав'ялова, Т.В. Костенко // Цивільний захист та пожежна безпека. – Київ : УкрНДЦЗ, 2016. – № 20. – С. 38-43.
 17. Zhurbinskiy D. Evaluation of radial component of thermal load at work places in hot shops / D. Zhurbinskiy, T. Kostenko, V. Kostenko // Metallurgical and mining industry. – 2016. – № 9. – Pp. 20-26.

References:

1. Kostenko, T.V. Povyshenie bezopasnosti i takticheskikh vozmozhnostei spasatelei pri likvidatsii pozharov s visokim teplovydeleniem [Increased safety and tactical abilities of rescuers in liquidation of fires with high heat release]. *Visnik Priazov'skogo derzhavnogo tehnicnogo universitetu. Seria: Tehnicni nauki – Reporter of the Priazovskyi state technical university. Section: Technical Sciences*, 2016, no.33, pp. 198-205. (Rus.)
2. *GOST ISO 11612:2015. Sistema standartov bezopasnosti truda. Odezhda dlia zashchity ot tepla i plameni. Obshchie trebovaniia i ekspluatatsionnye kharakteristiki* [Protective clothing. Clothing to protect against heat and flame. Minimum performance requirements]. Moscow, Standartinform Publ., 2015. 27 p. (Rus.)
3. *ISO 4366:2005. Odiag pozhezhnika zakhisnii. Zagal'ni tekhnichni vimogi ta metodi viprobuvan'* [Firefighter uniform. General technical requirements and test methods]. Kiev, Derzhspozhivstandart Publ., 2005. 35 p. (Ukr.)
4. Kostenko T.V., Pokalyuk V.M., Mayboroda A.O., Nuyanzin O.M., Nesterenko A.A. *Osoblivosti*

- teplovogo vplyvu pozhezhi na teplozakhisnii kostium pozhezhnika. Anotatsii dopovidei Mizhn. nauk.-prakt. konf. «Pozhezhna ta tekhnogenna bezpeka. Teoriia, praktika, innovatsii»* [Peculiarities heat exposure of fire on heat protection costume of firefighter. Abstracts of Int. Sci-Pract. Conf. «Fire and Technological safety: Theory, Practice, Innovations»]. Lviv, 2016, pp. 486-488. (Ukr.)
5. *Order of MNS of Ukraine № 312 of 07.05.2007. Pro zatverdzhennia Pravil bezpeki pratsi v organakh i pidrozdilakh MNS Ukraïni* [About confirmation of Labour Safety Rules in units and sub-units of MNS of Ukraine]. Kiev, 2006. 215 p. (Ukr.)
 6. Kostenko T.V. *Mozhlyvosti zakhystu ryatuval'nykiv vid teplovoho vplyvu* [Possibilities of protection rescuers from thermal effects]. *Pozhezhna bezpeka: teoriia i praktika – Fire safety: theory and practice*, 2015, no.20, pp. 53-60. (Ukr.)
 7. Kostenko T.V., Pokalyuk V.M., Mayboroda A.O., Nuyanzin O.M., Nesterenko A.A. *Propozitsii shchodo udoskonalennia zasobiv protiteplovogo zakhystu. Anotatsii dopovidei Mizhn. nauk.-prakt. konf. «Pozhezhna ta tekhnogenna bezpeka. Teoriia, praktika, innovatsii»* [Suggestions for improving antiheat protection means. Abstracts of Int. Sci-Pract. Conf. «Fire and Technological safety: Theory, Practice, Innovations»]. Lviv, 2016, pp. 422-424. (Ukr.)
 8. Voronov P.S. *Obgruntuvannia parametriv i stvorennia kompleksu protiteplovogo zakhystu girnichoriatuval'nikiv z vikoristanniam stisnutogo povitria*. Diss. kand. techn. nauk [Substantiation of parametres and creation of complex protivoteplovoy protect mine rescuers using compressed air. Cand. tech. sci. diss.]. Makeevka, 2008. 176 p. (Rus.)
 9. Kostenko V.K., Zav'yalova O.L., Kostenko T.V., ZhurbInskiy D.A. *Obruntuvannia viboru materialiv dlia vigotovlennia spetsial'nogo zakhisnogo odiagu riatuval'nikiv vid pidvishchenogo teplovogo vplyvu* [Rationale for the choice of materials for manufacturing special protective rescuers clothes from high thermal effects]. *Visti Donets'kogo girnichogo institutu – Journal of Donetsk mining institute*, 2016, no.2(39), pp. 87-97. (Ukr.)
 10. Bazhenov V.I. *Materialovedenie trikotazhno-shveinogo proizvodstva* [Materials science of the knitted sewing production]. Moscow, Legkaya industriya Publ., 1971. 304p. (Rus.)
 11. Klimenko Yu.V., Mariychuk I.F. *Vozdeistvie luchistogo potoka na cheloveka pri tushenii podzemnogo pozhara* [The impact of the radiant flux per person to extinguish underground fire]. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu – Scientific Bulletin of National Mining University*, 2002, no.1, pp. 46-49. (Rus.)
 12. Onasenko A.A., Klimenko Yu.V., Karpekin V.V. *Kompleksnyi pokazatel' shakhtnogo mikroklimata – Termoindeks* [An integrated component of mine microclimate – Termoindeks]. *10-ya Plenarnaya sessiya mezhdunarodnogo byuro po Gornoy teplofizike «18 MT2005» – 10th Plenary Session of the International Bureau for Mining Thermal Physics «18 MT2005»*, Gliwice, 2005, pp. 455-459. (Rus.)
 13. Onasenko A.A. *Teoreticheskie osnovy teplomassoperenosa v gazozashchitnom kostiume s vodoledianoï sistemoi okhlazhdeniia* [Theoretical basis of heat and mass transfer in the gas protection suit with icewater cooling system]. *Problemy ekologii – Environmental problems*, 2005, no.6, pp. 67-77. (Rus.)
 14. Kostenko T.V. *Okholodzhennia pozhezhnikiv-riatuval'nikiv shliakhom udoskonalennia termoregulatsii* [Cooling firefighters, rescuers by improving thermoregulation]. *Pozhezhna bezpeka – Fire safety*, 2016, no.209, pp. 77-86. (Ukr.)
 15. Kostenko V.K., Zav'yalova O.L., Kostenko T.V., Zav'yalov G.V., Pokalyuk V.M. *Teplozakhisnii kostium* [Heat-protective suit]. Patent UA, no.109668, 2016. (Ukr.)
 16. Kostenko V.K., Zav'yalova O.L., Kostenko T.V. *Teplozakhisnii kostium riatuval'nika z sistemoiu vodianoï okholodzhennia* [Rescuer's heat protection suit with water cooling system]. *Tsivil'nii zakhist ta pozhezhna bezpeka – Civil protection and fire safety*, 2016, no.2, pp. 38-43. (Ukr.)
 17. ZhurbInskiy, D., Kostenko, T., Kostenko, V. *Evaluation of radial component of thermal load at workplaces in hot shops*. *Metallurgical and mining industry*, 2016, no.9, pp. 20-26.

Рецензент: С.В. Поздеев

д-р техн. наук, проф., ЧИПБ им. Героев Чернобыля НУГЗ Украины

Статья поступила 20.09.2017