

УДК 614.89:331.45

© Костенко Т.В.*

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ТАКТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ
СПАСАТЕЛЕЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОЖАРОВ С ВЫСОКИМ
ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЕМ**

Проведен анализ условий работы спасателей, выделены граничные значения тепловых потоков и температуры воздуха окружающей среды, проанализированы конструктивные особенности различных видов противотепловой защиты, включая светоотражающие, теплоизолирующие характеристики, и применение автономных охлаждающих элементов. Поверхностные слои защитной одежды также имеют ограниченный температурно-временной режим. Анализ показал, что существующие средства противотепловой защиты имеют ограниченный ресурс и большую массу, что сковывает действия спасателей. Сделан вывод о возможности применения воды или пенообразующего состава, отбираемой из систем пожаротушения, для охлаждения тела и одежды спасателей.

Ключевые слова: спасатель, экстремальные микроклиматические условия, противотепловая одежда, водяное охлаждение.

Костенко Т.В. Підвищення безпеки і тактичних можливостей рятувальників під час ліквідації пожеж з високим тепловиділенням. Проведено аналіз умов роботи рятувальників, виявлені граничні значення теплових потоків і температури повітря навколишнього середовища, проаналізовано конструктивні особливості різних видів протитеплого захисту, включаючи світловідбиваючі, теплоізолюючі характеристики, і застосування автономних охолоджуючих елементів. Поверхневі шари захисного одягу також мають обмежений температурно-часовий режим. Аналіз показав, що існуючі засоби протитеплого захисту мають обмежений ресурс і велику масу, що сковує дії рятувальників. Зроблено висновок про можливість застосування води або піноутворюючого розчину, що відбирають з систем пожежогашіння, для охолодження тіла й одягу рятувальників.

Ключові слова: рятувальник, екстремальні мікрокліматичні умови, протитепловий одяг, водяне охолодження.

T.V. Kostenko. Increased safety and tactical abilities of rescuers in liquidation of fires with high heat release. Characteristic features of firefighters' rescue work are risks for their lives because of possible explosions and collapses, danger of injuries, limited visual range or complete absence of visibility, high temperature and high humidity. Extinguishing fires in different weather conditions, the firefighters can be influenced by abrupt and repeated changes in ambient temperature. Close to the seat of fire the rescuer is exposed to powerful thermal radiation that makes it necessary to use personal individual thermal protection means. Fire units in Ukraine are equipped with heat-reflective and thermal protective suits, that have become outdated, with rather limited protective service life and don't ensure safety of firefighters during extinguishing fires and rescue operations under high temperature conditions. The drawbacks of these existing protective suits reduce the efficiency of the firefighters' rescue work. That is why the improvement of individual thermal protection means will make it possible to increase the efficiency of work within the areas of high temperatures. The purpose of the work is to identify ways of upgrading the safety and tactical possibilities of emergency rescue operations under high temperature conditions. The article analyzes the working conditions of the rescuers, various types of thermal protection structural features and applying autonomic cooling elements, defines limiting values of heat flows and ambient air temperature. The surface layers of the

* канд. техн. наук, доцент, Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобыля НУГЗ України, г. Черкаси, tatiana.kostenko@gmail.com

protective clothing are of time and temperature limited utility. Analysis showed that the existing means of thermal protection are of limited usefulness and are too massive thus restraining the activities of firefighters. It has been concluded that it is possible to use water or foam forming composition from fire fighting systems for cooling the body and clothes of the rescuers. Following these recommendations may increase the tactical possibilities of rescue units in extinguishing fires under high temperature conditions.

Keywords: *rescuer, extreme microclimate conditions, thermal protective suits, water cooling.*

Постановка проблеми. Во многих отраслях хозяйства Украины на производстве или при ведении аварийно-спасательных работ подразделениями Государственной военизированной горноспасательной службы (ГВГСС) и Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям (ГСЧС) возникают экстремальные микроклиматические условия (высокая температура, повышенная или сниженная влажность, высокая скорость движения воздуха, загазованность, задымленность).

От дыма и газов при пожарах в мире ежегодно погибает около 86 человек на 1 млн. населения, причем эта величина имеет тенденцию к дальнейшему росту. Уже сегодня число жертв в США, Швеции, Франции и ряде других стран достигает 20...27 человек на 1 млн. населения. В Украине этот показатель превысил 50 человек на 1 млн. населения.

Специфической особенностью деятельности пожарных спасательных подразделений является то, что производимые работы связаны с опасностью травмирования и риском для жизни из-за возможных взрывов и обвалов, ограниченной видимости или полного ее отсутствия, высокой температуры, чаще всего высокой влажности воздуха. При работе в защитных дыхательных аппаратах, теплоотражающих и, особенно, теплозащитных костюмах, пожарные испытывают большую физическую нагрузку, значительное напряжение всех функциональных систем организма, в том числе терморегуляции, нагрузку на нервную систему.

Физические нагрузки при тушении пожаров и ликвидации аварий в целом можно отнести к категории тяжелого физического труда. В настоящее время тушение пожаров в большинстве случаев проводится вручную (прокладка рукавных линий, работа со стволами и пеногенераторами, раскрытие конструкций, спасение людей, эвакуация имущества и так далее), а объем так называемой малой механизации (бетоноломы, ножницы для резания арматуры, пневматические перфораторы, механические пилки и так далее) – небольшой. К этому стоит прибавить, что ношение противогаза и работа в нем увеличивает затрату энергии человека приблизительно на 25-27% в сравнении с обычными условиями.

При ведении работ по тушению пожаров в разных погодных условиях организм пожарных может поддаваться влиянию резких и многократных перепадов внешней температуры. Вблизи очага пожара на спасателя действует значительное тепловое излучение, которое вызывает необходимость применения средств индивидуальной защиты – теплоизолирующих и теплозащитных костюмов. Кроме того, значительно повышается психоэмоциональное напряжение пожарного, потому что при работе в защитных костюмах резко снижается обзор окружающего пространства, отсутствует контроль за работой дыхательного аппарата, ограничивается свобода движений.

В оснащении ГСЧС Украины имеются теплоотражающие и теплозащитные костюмы, которые морально устарели, имеют достаточно ограниченные сроки защитного действия, область применения и не обеспечивают безопасность пожарных при тушении пожаров и ведении аварийно-спасательных работ в условиях высоких температур, что приводит к ограничению тактических возможностей пожарных. В связи с вышесказанным, совершенствование средств индивидуальной противотепловой защиты является актуальной научно-технической задачей, решение которой позволит повысить эффективность ведения работ в условиях нагревательного микроклимата.

Анализ последних исследований и публикаций. Наибольший вклад в разработку и внедрение средств индивидуальной противотепловой защиты спасателей с использованием различных хладагентов внесли ученые И.И. Волохов, В.А. Вольский, А.А. Гаврилко, И.Я. Землянський, В.В. Карпекин, М.В. Колосниченко, И.Ф. Марийчук, А.А. Мичко, О.О. Онасенко, В.И. Очкуренко и др. На смену старым теплоизоляционным материалам при-

шли материалы нового поколения, позволяющие достичь высоких показателей изоляции, появились новые технологии управления тепловыми потоками. Недостатки существующих средств во многом снижают эффективность работы в условиях нагревательного микроклимата. Поэтому совершенствование средств индивидуальной противотепловой защиты позволит повысить эффективность ведения работ в зонах высоких температур [1-3].

Цель работы – на основании анализа условий работы и существующих видов противотепловой одежды спасателей определить пути повышения безопасности и тактических возможностей аварийно-спасательных работ в условиях нагревательного микроклимата.

Изложение основного материала. Рассмотрим процессы теплообмена организма спасателя с окружающей средой. В организме человека постоянно происходит образование тепла в результате окислительных процессов при расщеплении еды и за счет его мышечной деятельности. При интенсивности обмена веществ в состоянии покоя, равной 87 Вт, у пожарного при выполнении физической работы в теплозащитном костюме она может вырасти до 700-800 Вт, при этом приблизительно 80-85% ее превращается в теплоту.

При нормальных и низких температурах окружающей среды, пока температура кожи выше температуры воздуха, теплоотдача происходит путем конвекции, теплопроводности и радиации. Высокая температура окружающей среды вызывает нагревание кожных покровов и, если температура кожи ниже температуры воздуха, то теплоотдача этими путями прекращается и происходит только путем испарения пота. При испарении каждого грамма воды с поверхности кожи организм отдает 2,43 кДж. Однако интенсивность испарения пота зависит от разницы парциальных давлений водяного пара над поверхностью кожи и в окружающем воздухе. При относительной влажности 100% испарение, как правило, прекращается. При высокой температуре окружающей среды и тяжелой физической нагрузке увеличение скорости движения воздуха не принимает охлаждающего действия, а, наоборот, увеличивает эффект нагрева.

Влияние теплового излучения на организм имеет ряд особенностей в сравнении с эффектом высокой температуры нагретого воздуха. В первую очередь, это более глубокое прогревание, которое приводит к повышению температуры кожи, тканей и внутренних органов. К важнейшим последствиям теплового излучения стоит отнести возникновение ожогов. При использовании боевой одежды значительная часть теплового излучения задерживается ею и не достигает кожи в течение некоторого времени. Однако отсутствие специальной отражающей поверхности приводит к быстрому нагреванию одежды, что способствует накоплению тепла в организме.

В теплоотражающих и теплозащитных костюмах, которые имеют металлизированное покрытие, отражающее тепловое излучение, организм пожарного некоторое время не перегревается при высоком излучении. Поэтому, если плотность теплового потока в зоне работы не превышает 4,2 кВт/м², спасатели могут работать в боевой одежде и касках с защитными щитками. При более интенсивном тепловом излучении работа должна проводиться в теплозащитном костюме (ТЗК) под прикрытием водяных распыленных струй, которые препятствуют прохождению теплового излучения.

Условия среды на пожарах по степени опасности для спасателя можно условно подразделить на три зоны. Первая зона – условия, которые возникают на достаточном отдалении от фронта пламени, температура не превышает 60...70°C, тепловое излучение – 1,2...4,1 кВт/м². Вторая зона – опасные условия, которые возникают вблизи фронта пламени, верхняя граница температуры этой зоны около 300°C, тепловое излучение – 4,2...14,0 кВт/м². Третья зона – чрезвычайно опасные условия, которые создаются, например, при вспышке в помещении или при взрыве. При этих условиях температура достигает 1000°C и более, а излучение – 100...200 кВт/м² [4].

Работа пожарных в 2-й и 3-й зонах без дыхательных аппаратов и теплозащитной одежды может вызвать поражение легких и ожоги тела, а также поверхностные повреждения одежды. Во всех трех зонах может наступить тепловое поражение спасателей при достижении ректальной температуры тела 38,6°C и частоты сердечных сокращений – 170 мин⁻¹.

При температуре сухого воздуха 150°C дыхание становится очень затруднительным, температура 160°C вызывает ожог сухой кожи через 30 с, а 180°C вообще непереносима. При радиации 2 кВт/м² ожоги кожи второй степени наступает через 100 с, а при 10 кВт/м² – через 10 с.

Из вышеизложенного следует, что спасатели, в основном, выполняют работы III категории по степени тяжести, в условиях высоких температур до 1000°C и более и теплового излу-

чения до 200 кВт/м^2 с длительностью при разведке и тушении пожара около 35 мин. При этом не приводятся данные об энергозатратах при выполнении разных видов работ.

Рассмотрим эффективность защиты спасателей ГСЧС существующими термостойкими противогазотепловыми средствами, которые находятся на их оснащении, с учетом приведенных экстремальных микроклиматических условий, которые влияют на них, и тяжести производимых работ, а также аварийно-спасательных подразделений других отраслей промышленности Украины, за рубежом и регламентацией их работы.

Для создания безопасных условий работы на пожаре применяется боевая одежда из винилискожи (трудно воспламеняющаяся), а для защиты пожарных от тепла – два вида костюмов: теплоотражающий (ТОК) и теплозащитный (ТЗК), разработанные сотрудниками бывшего Всесоюзного научно-исследовательского института противопожарной обороны (ВНИИПО) МВД СССР.

ТОК предназначен для защиты пожарных от теплового излучения до 14 кВт/м^2 при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ. Он не является средством защиты от непосредственного влияния горячих газов, пламени и может использоваться для работы в непосредственной близости от поверхности пламени, раскаленных конструкций домов, сооружений и материалов в течение 2...3 мин. В комплект костюма входят куртка, штаны с бахилами и капюшон с пелериной. При работе во вредной для органов дыхания атмосфере применяется противогаз или аппарат со сжатым воздухом, который надевается поверх куртки под капюшон, выполненный заодно с пелериной.

Теплозащитный костюм ТЗК предназначен для защиты пожарных от высокой температуры и пламени при тушении пожаров [5]. Он может быть использован для работы на границе пламени. ТЗК состоит из комбинезона с отсеком дыхательного аппарата, капюшона, однопальных рукавиц и сапог. Противотепловая защита осуществляется за счет использования многослойного пакета тканей и утеплителя. Внешний слой изготовлен из металлизированной ткани.

Для тушения пожаров в зоне тепловой радиации $4,2...14,0 \text{ кВт/м}^2$ пожарными используется ТОК, а свыше 14 кВт/м^2 – ТЗК.

Допустимая длительность работы средней тяжести (разведка пожара, работа со стволом и т. д.) в ТОК при тепловых потоках $10,5$, $7,0$ и $4,2 \text{ кВт/м}^2$ должна равняться соответственно не более 10, 15 и 20 мин, а при тяжелой работе (передвижение со стволом, перенесение груза, разборки конструкций и т. д.) при этих же условиях – не более 8, 12 и 16 мин.

Допустимая длительность работы средней тяжести в ТЗК (ТК-800) в зоне с температурой среды до $450...650^\circ\text{C}$ и тепловым потоком $5...59 \text{ кВт/м}^2$ должна составлять не более 13 мин, а длительность тяжелой работы в этих условиях – не более 9 мин. При этом пожарный должен ежеминутно изменять свою ориентацию относительно фронта пламени в пределах 180° .

Допускается кратковременный контакт с пламенем при температуре 800°C и выше, тепловом потоке $85...90 \text{ кВт/м}^2$. Разрешается заход в пламя на время не более 15 с, общее время мероприятия должно быть не более 1 мин, причем это время должно входить в общую длительность работы в ТЗК. При менее жестких тепловых условиях в зоне работы, т. е. $14...35 \text{ кВт/м}^2$, время работы пожарного в ТЗК не должно превышать 20 мин.

При необходимости применения ТЗК при высокой температуре не в зоне влияния тепловой радиации допустимое время работы ограничивается: при температуре $200...230^\circ\text{C}$ длительность работы не должна превышать 15 мин, при $100...120^\circ\text{C}$ – не более 20 мин.

Длительность непрерывной работы пожарных в противогазах и спецодежде, которая допускается при отсутствии тепловой радиации, зависит от температуры окружающей среды, относительной влажности и скорости движения воздуха. Без учета последнего фактора допустимое время работы пожарных для наиболее типичных условий, которые создаются на пожарах в помещениях, по трем диапазонам относительной влажности воздуха приведено в табл. 1.

Первый диапазон низкой влажности $15...49\%$ встречается при проведении разведки в условиях высокой температуры, второй – повышенной влажности $50...84\%$ наблюдается при тушении пожара водой и пеной в жилищных и производственных помещениях с высокой температурой, третий – высокой влажности $85...100\%$, которая возникает при проведении разведки и работе с водяными и пенными стволами в ограниченном пространстве, например, в тоннелях, подземных галереях, каналах кабельных коммуникаций, очень больших подвалах и тому подобных местах.

Таблица 1

Допустимое время непрерывной работы спасателей в спецодежде
в зависимости от температуры и влажности воздуха

Температура воздуха, °С	Допустимое время, мин при относительной влажности воздуха, %		
	15...49	50...84	85...100
31	90	90	90
35	90	70	50
40	60	50	25
45	50	40	20
50	45	35	15
55	40	30	10
60	35	20	5
65	30	20	-
70	25	15	-

Длительность работы спасателей при тушении пожаров и ликвидации аварий в непригодной для дыхания среде в условиях высокой температуры и теплового излучения должна ограничиваться, но не указано какими значениями, при этом не учитывается скорость движения воздуха и энергозатраты пожарных.

С целью безопасного проведения разведки в условиях высоких температур и предотвращения перегрева организма пожарного необходимо делать расчет допустимого времени на движение звена пожарных вперед и назад. При прохождении звена вперед по горизонтальному пути или подъеме по лестнице или трапам половина общего допустимого времени выделяется на передвижение вперед и половина – на движение назад. При спуске звена вниз по лестнице или трапам на передвижение вперед выделяется одна треть времени, а на подъем назад – две трети. После окончания расчетного времени на движение вперед звено пожарных должно немедленно возвращаться.

Также на оснащении подразделений пожарной охраны есть боевая одежда, разработанная и изготовленная предприятием «Индекс».

Комплект одежды «Мечта» предназначен для личного состава пожарной охраны и защищает от высоких температур, теплового излучения, возможных выбросов пламени при работе в экстремальных ситуациях, которые возникают при тушении пожаров, проведении разведки и спасении людей, а также от неблагоприятных климатических влияний (ветра, осадков). В конструкции применены современные материалы с полимерным покрытием, повышенной прочностью и эффективным водозащитным барьером.

В комплект «Мечта» входят куртка с отложным воротником, штаны на бретельках, краги. Отличительной чертой комплекта «Мечта-1» является наличие в нем утеплителя.

Теплоотражающий костюм «Индекс-1» предназначен для защиты пожарных от теплового излучения высокой интенсивности, позволяет длительное время находиться в непосредственной близости от очага, с высокой степенью мобильности и эффективности производить необходимые работы по ликвидации аварийных ситуаций. Он состоит из куртки, штанов, рукавиц и жилета с капюшоном. Дыхательный аппарат находится с внешней стороны.

Термозащитный костюм «Индекс-1200» предназначен для использования при тушении пожаров большой интенсивности (на нефтехранилищах, нефтяных и газовых фонтанах), включая прямой контакт и заход в открытое пламя. В этом костюме пожарный может находиться в эпицентре огня, как утверждают авторы разработки, в течение как минимум 5 мин. Материалы и конструкция, используемые при изготовлении костюма, обеспечивают его многократное применение при непосредственном контакте с открытым огнем. «Индекс-1200» – это многослойный полукombineзон и куртка с капюшоном с обзорным двухслойным стеклом и светофильтром. Дыхательный аппарат находится внутри костюма и располагается на спине.

Основные технические характеристики костюмов «Мечта», «Индекс-1» и «Индекс-1200» приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные технические характеристики термостойких противотепловых костюмов

Показатель	Значение показателя костюмов		
	«Мечта»	«Индекс-1»	«Индекс-1200»
1. Температурный интервал эксплуатации, °С	-30...+200	-50...+200	-50...+1200
2. Стойкость к влиянию температуры окружающей среды, с, не менее	до 300°С – 150 до 200°С – 240	200°С – 900	1200°С – 300 200°С – 1200
3. Стойкость к влиянию теплового лучистого потока, с, не менее	5 кВт/м ² – 240 40 кВт/м ² – 5	40 кВт/м ² – 30 18 кВт/м ² – 900 10 кВт/м ² – 1200	40 кВт/м ² – 600 20 кВт/м ² – 1200
4. Стойкость к контакту с нагретыми поверхностями, с, не менее	400°С – 30	400°С – 5	1200°С – 10
5. Стойкость к влиянию открытого пламени, с, не менее	15	20	300
6. Водопроницаемость	водонепроницаемый	водонепроницаемый	водонепроницаемый
7. Морозостойчивость, °С	-40	-50	-50
8. Масса, кг, не более	2,5	4,5	12,0

Имеющиеся на оснащении подразделений пожарной охраны теплоотражающие и теплозащитные костюмы морально устарели, имеют достаточно ограниченные сроки защитного действия, область применения и, естественно, не отвечают современным требованиям к безопасности пожарных при тушении пожаров и ведении аварийно-спасательных работ в условиях высоких температур, что приводит к ограничению тактических возможностей пожарных (невозможность сократить расстояние до очага пожара и увеличить время безопасной работы в средствах противотепловой защиты).

Для нужд горноспасательного дела разрабатывали и в тех или иных объемах по максимуму использовали на практике исключительно автономную и частично полуавтономную противотепловую одежду (ПТО). К первому поколению такой ПТО, которая стала уже достоянием истории развития данного вида защитной техники, относятся автономные аппараты ГТЗА-С, скафандр «Гатескаф», костюм «Прометей», полуавтономный костюм ГТК. Тенденция использования в горноспасательном деле исключительно автономных средств защиты была продолжена и дальше (костюмы ПТК-100, ТК-60, КР-150, протитепловые куртки ТК-40).

По виду применяемого хладагента известны отечественные модели ПТО с обдувом подождежного пространства охлажденным воздухом, с углекислотным льдом (ГТЗА-З), с испаряющимся сжиженным газом (жидкий воздух в «Гатескафе» и КР-150 и жидкий аммиак в «Прометее»).

В Государственном Макеевском Научно-исследовательском Институте по безопасности работ в горной промышленности (МакНИИ) разработаны неавтономные средства индивидуальной противотепловой защиты горняков с ограниченной рабочей зоной по использованию сжатого воздуха и вихревого генератора холода [6]. Опытная партия испытана на шахте им. К.Е. Ворошилова ПО «Артемуголь», однако дальнейшего применения при трансформационных изменениях они не получили. В то же время в работах института сделан вывод о необходимости разработки для горняков автономных средств с использованием водолеяных аккумуляторов холода.

По способу теплоотвода с поверхности тела человека наиболее эффективна так называемая «водяная рубашка», состоящая из большого количества тонких эластичных пластмассовых трубок, облегающих все тело и голову человека или его часть. По трубкам специальным насосом прокачивается хладоноситель – охлажденная жидкость. Такое техническое решение разработчики заимствовали из конструкции космических скафандров и применили в полуавтономном ГТК и «Прометее». Сложность данного технического решения заключалась, в частности, в том, что для приведения в действие насоса для циркуляции хладоносителя требовался автономный электро- или пневмопривод, что затрудняло конструкцию костюма, увеличивало его массу и уменьшало надежность. С этой точки зрения оригинальным и довольно удачным было при-

менение «водяной рубашки» в противогазотепловом костюме ПТК-100, опытная партия которых эксплуатировалась в некоторых подразделениях Военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ) до 2000 г. В этом костюме для приведения в действие циркуляционного насоса используется мускульная энергия ног горноспасателя, работающего в костюме. Для этого в сапогах под пятками человека установлены пневмокамеры, которые горноспасатель попеременно сжимает при ходьбе или при переступании с ноги на ногу и тем самым приводит в действие насос.

Для защиты органов дыхания костюм ПТК-100 укомплектован штатным регенеративным респиратором Р-30, расположенным под теплоизолирующей оболочкой, высокочастотной переговорной связью и головным светильником. Общая масса снаряжения, надетого на человека, составляет около 38 кг, а защитное действие костюма при температуре шахтного воздуха 100°C равно 60 мин. Тем не менее, такое техническое решение съема тепла оказалось слишком сложным для спасателей по своему устройству, условиям эксплуатации, и из-за большой массы снаряжения в противогазотепловых костюмах не применялось.

Однако наибольшее распространение в качестве хладагента получил тающий водяной лед, размещенный или в отдельном резервуаре (полуавтономный ГТК, ПТК-100), или в виде водолеяных охлаждающих элементов, размещенных локально в пододежном пространстве (куртка ТК-40, костюм ТК-60) [7].

К преимуществам такой системы охлаждения относятся: простота конструкции, высокая степень надежности (отсутствие механических устройств с движущимися деталями, узлов, работающих под давлением); безвредность хладагента, его безопасность в пожарном и доступность в экономическом отношении, а также возможность длительного хранения в морозильных камерах в подразделениях ГВГСС в режиме ожидания выезда на аварию; простота и удобство в эксплуатации; возможность создания различных унифицированных модификаций ПТО (костюмы, куртки, жилеты).

Недостатками этой системы охлаждения является невозможность управления процессом теплообмена в подкостюмном пространстве, необходимость замены водолеяных элементов по мере таяния льда, необходимость наличия контейнеров для их доставки на место аварии. Эти обстоятельства приводят к уменьшению времени нахождения в зоне высокого теплового излучения, а, следовательно, к уменьшению тактических возможностей спасательных подразделений при ликвидации пожаров с высоким тепловым излучением.

В то же время в распоряжении пожарных всегда имеется основное средство тушения пожара – вода, которую всегда можно использовать для охлаждения в подкостюмном пространстве.

В связи с вышеизложенным, раскрытие закономерностей нестационарных процессов теплообмена в системе водяного охлаждения подкостюмного пространства противотепловой защитной одежды и обоснование на этой основе ее параметров, которые обеспечат повышение тактических возможностей спасательных подразделений при ликвидации пожаров с высоким тепловыделением, представляется весьма перспективным направлением.

Выводы

Таким образом, на основании обобщения опыта создания средств противотепловой защиты спасателей различных служб сделан вывод о перспективности охлаждения подкостюмного пространства и обеспечения целостности наружного слоя противотепловой защитной одежды за счет водяного потока, отбираемого из системы пожаротушения. При этом возможно повышение тактических возможностей спасательных подразделений при ликвидации пожаров с высоким тепловыделением. Для решения данной научно-технической задачи необходимо: провести теоретические исследования процесса теплопереноса в подкостюмном пространстве противотеплового костюма; выполнить экспериментальные исследования по определению параметров индивидуальной противотепловой защиты спасателей при различных видах эргодинамической нагрузки; разработать рекомендации по повышению тактических возможностей пожарно-спасательных подразделений.

Список использованных источников:

1. Морозов А.І. Удосконалення протитеплового одягу гірників та рятувальників / А.І. Морозов, В.В. Колеснікова // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2010. – № 2 (22). – С. 81-86.
2. Колесникова В.В. Об изменении конструкции противотеплового жилета горнорабочих и

- спасателів / В.В. Колесникова // Вісті Донецького гірничого інституту : Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2010. – № 2. – С. 220-224.
3. Костенко В.К. Дослідження теплофізичних властивостей протитеплого жилету / В.К. Костенко, В.В. Колесникова, А.І. Морозов // Пожежна безпека : Зб. наук. пр. – Львів : ЛДУ БЖД, 2011. – № 18. – С. 81-85.
 4. Астапенко В.М. Термогазодинамика пожаров в помещениях / В.М. Астапенко, Ю.А. Кошмаров. – М. : Стройиздат, 1988. – 448 с.
 5. Гаврилко О.А. Математичне моделювання нестационарного переносу тепла в захисному одязі пожежних і гірничорятувальників з водольодяною системою охолодження / О.А. Гаврилко // Пожежна безпека : Зб. наук. пр. – Львів : ЛДУ БЖД, 2002. – С. 76-82.
 6. Воронов П.С. Обґрунтування параметрів і створення комплексу протитеплого захисту гірничорятувальників з використанням стиснутого повітря : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.26.01 / П.С. Воронов; Держ. Макиївський н.-д. ін-т з безпеки робіт у гірн. пром-сті. – Макиївка, 2009. – 20 с.
 7. Клименко Ю.В. Теоретические основы тепловых расчетов противотепловой одежды для горноспасателей / Ю.В. Клименко // Науковий вісник НГА України. – Дніпропетровськ. – 2001. – № 3. – С. 70-73.

References:

1. Morozov A.I., Kolesnikova V.V. Udoskonalennya protyteplovoho odyahu hirnykiv ta ryatuvальnykiv [Improvement of against heat clothes for miners and rescuers]. *Naukovyy visnyk UkrNDIPB – Scientific bulletin Ukrainian Research Institute of Civil Protection*, 2010, no. 2 (22), pp. 81-86. (Ukr.)
2. Kolesnikova V.V. Ob izmenenii konstruksii protivoteplovogo zhileta gornorabochih i spasateley [About change of design against heat waistcoat for miners and rescuers]. *Visti Donets'koho hirnychoho instytutu: Vseukrayins'kyu naukovo-tekhnichnyy zhurnal hirnychoho profilyu – Proceedings of the Donetsk Mining Institute: Ukrainian scientific journal of a mining structure*, Donetsk, 2010, no. 2, pp. 220-224. (Rus.)
3. Kostenko V.K., Kolesnikova V.V., Morozov A.I. Doslidzhennya teplofizychnykh vlastyvostey protyteplovoho zhyletu [Researches of antitermal waistcoat thermal physical propertis]. *Pozhezhna bezpeka: zbirnyk naukovykh prats' – Fire safety: the collection of scientific works*, 2011, no. 18, pp. 81-85. (Ukr.)
4. Astapenko V.M., Koshmarov Yu.A. *Termogazodinamika pozharov v pomescheniyah* [Thermogasdynamics of fires on premises]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1988. 448 p. (Rus.)
5. Havrylko O.A. Matematychnе modelyuvannya nestatsionarnoho perenosu tepla v zakhysnomu odyazi pozhehznykh i hirnychoryatuvальnykiv z vodol'odyanoyu systemoyu okholodzhennya [Mathematical modeling of unsteady heat transfer in protective clothing firefighters and rescuers from icewater cooling system]. *Pozhezhna bezpeka: zbirnyk naukovykh prats' – Fire safety: the collection of scientific works*, 2002, pp. 76-82. (Ukr.)
6. Voronov P.S. *Obgruntuvannya parametriv i stvorennia kompleksu protiteplovoho zakhystu girnichoriatuvальnykiv z vikoristanniam stisnutogo povitria*. Avtoref. diss. kand. tehn. nauk. [Substantiation of parametres and creation of complex antitermal protect rescuers using compressed air. Thesis of cand. tech. sci. diss.]. Makiivka, 2009. 20 p. (Ukr.)
7. Klimenko Yu.V. Teoreticheskie osnovy teplovyih raschetov protivoteplovoy odezhdy dlya gornospasateley [Theoretical basis of thermal calculations antitermal clothing for mine rescuers]. *Naukovyy visnyk NHA Ukrayiny – Scientific Journal NGA Ukraine*, 2001, no. 3, pp. 70-73. (Rus.)

Рецензент: С.В. Подкопаев
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ДонНТУ»

Статья поступила 14.10.2016