

УДК 614.895.5:621.5

ТЕПЛОЗАХИСНИЙ КОСТЮМ РЯТУВАЛЬНИКА З СИСТЕМОЮ ВОДЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ

В.К. Костенко, д.т.н., проф., О.Л. Зав'ялова, канд. техн. наук, доц., Т.В. Костенко, канд. техн. наук

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 10.10.2016

Пройшла рецензування: 19.12.2016

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

теплозахисний костюм, система водяного охолодження, рятувальник, знімання тепла.

АНОТАЦІЯ

Запропоновано конструкцію теплозахисного костюма з проточною схемою руху холодоагенту для захисту рятувальників від впливу інтенсивного теплового випромінювання, високих температур навколишнього середовища в ході гасіння пожеж і ліквідації аварійних ситуацій. Використання теплозахисного пристрою забезпечує збереження цілісності зовнішнього шару костюма при тривалому впливі високих температур з одночасним забезпеченням в підкостюмному просторі комфортних умов роботи рятувальника.

Оперативні співробітники ДСНС України, в ході ліквідації пожеж та надзвичайних ситуацій, піддаються впливу небезпечних і шкідливих факторів. Найбільш вірогідним з них є: полум'я, іскри, підвищена температура навколишнього середовища [1,2]. Результати розслідування нещасних випадків показують, що близько 29% рятувальників при ліквідації аварій і пожеж отримували травми в результаті впливу відкритого полум'я або інтенсивного теплового потоку. Прикладом такого розвитку подій є пожежа, що виникла 8 червня 2015 року на території нафтобази ТОВ «БРСМ-нафта» в смт. Глеваха Васильківського району Київської області. В результаті впливу теплового випромінювання та конвективних потоків від палаючого палива в ході гасіння пожежі постраждало 20 осіб, з них 6 - зі смертельним результатом.

Спеціальний захисний одяг рятувальників від підвищеного теплового впливу, що використовується в даний час підрозділами служби надзвичайних ситуацій України, заснований на пасивному способі захисту. Він передбачає застосування декількох шарів матеріалів, які мають різні фізико-хімічні характеристики, для зниження кількості тепла, що проникає ззовні в підкостюмний простір. При цьому виробники встановлювали все більш високі температурні межі, від яких захисний одяг має захищати рятувальників, проте ресурс захисного часу збільшувався ненабагато. На практиці, навіть при показових виступах випробувачі, що одягнені в ці засоби захисту, отримували термічні опіки. Відсутність на оснащенні підрозділів ефективних протитеплових засобів нерідко призводить до перегрівання організмів рятувальників, погі-

ршення здоров'я, значних матеріальних витрат на лікування, виплат за професійними травмами. Недостатньо уваги приділялося розробці та оснащенню особового складу пожежно-рятувальних підрозділів засобами індивідуального протитеплового захисту з активним зніманням тепла, що забезпечує значне збільшення захисних характеристик.

Тому дослідження можливостей створення таких засобів є актуальним завданням, рішення якого забезпечить підвищення ефективності роботи і безпеки рятувальників при гасінні пожеж.

Результати аналізу останніх досліджень і публікацій. В даний час для ведення аварійно-рятувальних робіт в умовах підвищених температур підрозділами гірничорятувальної служби України застосовується типоряд протитеплового одягу (куртки, костюми) з активним зніманням тепла, тобто, з локально розташованими в підкостюмному просторі водольодяними охолоджуючими елементами, знімання в яких відбувається за рахунок конвекції і випромінювання [3,4]. Для їх заморожування, зберігання і доставки до місця ведення робіт застосовують морозильні установки, в тому числі пересувні азотні, а також переносні і пересувні теплоізолюючі контейнери [5].

Наприклад, теплозахисний комплект [6], складається з теплозахисної об'ємної куртки, що виконує функцію теплоізолюючого шару, і жилету (шар, що знімає тепло), зовні якого настрочені матерчаті кишені для охолоджуючих елементів, а всередині - м'які прокладки з пінополіуретану. В умовах дії високих температур верхня половина тіла і голова людини за допо-

могою куртки і шолому буде ізольовано від навколишнього середовища, тепло з поверхні тіла знімається за рахунок розморожування охолоджуючих елементів (ОЕ).

Однак при тривалому впливі теплових навантажень костюм не зберігає захисні функції, а саме, достатню тривалість одночасного забезпечення комфортної для людського організму температури в підкостюмному просторі і запобігання нагріву зовнішнього шару куртки вище температури термодеструкції матеріалу, з якого він виготовлений. Причиною цього є обмежений ресурс холоду в комплекті охолоджуючих елементів. Збільшення кількості або розмірів ОЕ призводить до збільшення маси теплозахисного комплексу, що не відповідає фізичним можливостям рятувальника.

Розроблені протитеплові костюми з подібним охолодженням рятувальників для гасіння пожеж з високим тепловим випромінюванням [7] не знайшли широкого застосування в зв'язку з великими матеріальними витратами на заморожування і зберігання великої кількості ОЕ.

Запропоновано також теплозахисний костюм [8], який містить комбінезон, що виконаний із зовнішньою оболонкою з вогнестійкого тепловідбиваючого матеріалу, внутрішньою оболонкою з гігієнічного матеріалу, через який проникає повітря, і проміжною теплоізолюючою оболонкою, яка встановлена з проміжком з боку зовнішньої оболонки і утворена декількома шарами термостійкого нетканого матеріалу, між якими знаходяться наповнені повітрям прокладки у вигляді плоских шайб з еластичного пористого матеріалу. При впливі теплового випромінювання в умовах високих температур зовнішня відбиваюча поверхня, забезпечує скорочення зовнішнього прямого теплового навантаження на костюм. Зниження температури в підкостюмному просторі здійснюється за рахунок низької теплопровідності шарів захисного одягу.

При тривалому впливі високих температур в цьому костюмі також не вдається реалізувати необхідну тривалість одночасного забезпечення комфортної для людського організму температури в підкостюмному просторі і нагрівання зовнішнього шару не вище температури термодеструкції матеріалу, з якого він виготовлений. Це пояснюється тим, що наповнені повітрям

прокладки у вигляді плоских шайб з еластичного пористого матеріалу виконують тільки теплоізолюючі функції і не відводять зайве тепло з підкостюмного простору.

Тому авторами було висунуто ідею розробити для костюм з кондуктивним зніманням тепла проточною водою, яка широко використовується рятувальниками для гасіння пожеж.

Постановка завдання досліджень. Метою роботи є створення теплозахисного костюма з системою проточного водяного охолодження, в якому досягається збереження цілісності оболонки пристрою, при тривалому впливі високих температур, з одночасним забезпеченням в підкостюмному просторі комфортних умов роботи рятувальників.

Результати досліджень. Поставлена задача вирішується за рахунок того, що теплозахисний костюм, у якому комбінезон (рис. 1) із зовнішньою оболонкою з вогнестійкого тепловідбивного матеріалу, внутрішньою оболонкою з гігієнічного матеріалу, що пропускає повітря, і проміжною оболонкою, оснащують системою відводу тепла, яка виконана у вигляді трубок з холодоагентом, в якості якого використовується вода або піноутворюючий склад для пожежогасіння з температурою 10 ... 25 °С [9].

Теплозахисний костюм містить комбінезон 1 з оболонкою, що виконана з декількох шарів. Зовнішній шар оболонки 2 виконаний з вогнестійкого тепловідбиваючого матеріалу - металізованої тканини з відбиваючою поверхнею 3. Внутрішній шар оболонки 4 виконаний з гігієнічного повітряпроникного матеріалу - гігроскопічного полотна типу сатину, що пропускає воду. Проміжний шар оболонки 5 з термостійкого нетканого матеріалу встановлено з проміжком 6 з боку зовнішньої оболонки 2. Між проміжним 5 і внутрішнім 4 шарами оболонки розташовані трубки 7 з холодоагентом, що приєднані до гнучкого шлангу 8, підключеному за допомогою швидкороз'ємного з'єднання системи NiTO 1/2 "9 до вставки 10, встановленої між рукавною лінією 11 і пожежним стволом 12. до гнучкого шлангу 8 підключено пристрій для регулювання подачі холодоагенту - кран-регулятор 13. У нижній частині костюма знаходяться відкриті кінці трубок 14.

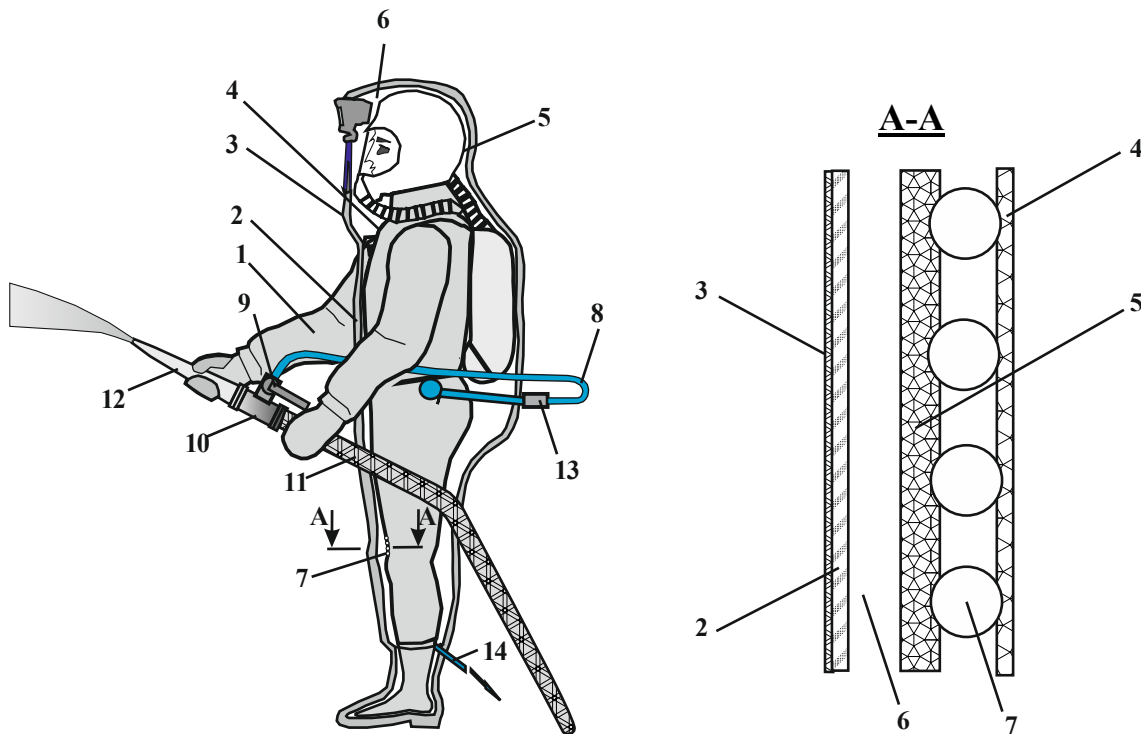


Рисунок 1 – Теплозахисний костюм з проточною системою водяного охолодження
 1 - комбінезон; 2 - зовнішній шар оболонки; 3 - металізована тканина з відбиваючою поверхнею;
 4 - внутрішній шар оболонки; 5 - проміжний шар оболонки; 6 - проміжок між шарами;
 7 - трубки з холодоагентом; 8 - гнучкий шланг; 9 - швидкокороз'ємне з'єднання; 10 - вставка;
 11 - рукавна лінія; 12 - пожежний ствол; 13 - кран-регулятор; 14 - відкриті кінці трубок.

Теплозахисний костюм експлуатується в такий спосіб. Рятувальник надягає комбінезон 1 безпосередньо перед проведенням рятувальної роботи. Перед заходом в зону підвищеного теплового випромінювання і температур, він підключає гнучкий шланг 8 за допомогою швидкокороз'ємного з'єднання 9 до вставки 10, віддає команду на подачу води в рукавну лінію 11 і з виходом на бойову позицію відкриває кран-регулятор 13, заповнює трубки водою з рукавної лінії 11. Потім в залежності від виконуваних робіт подає воду за допомогою пожежного ствола 12 на гасіння пожежі, захист технологічного обладнання або виконує його відключення. Зовнішня відбиваюча поверхня 3 зовнішнього шару оболонки 2 забезпечує зниження зовнішньої прямої теплового навантаження на костюм. Проміжок 6 з боку зовнішньої оболонки 2 зменшує кількість тепла, що проникає через проміжний шар оболонки 5 в підкостюмний простір, знижує теплове навантаження на рятувальника. Зниження температури зовнішнього шару костюма і всередині костюма досягається за рахунок виносу тепла холодоагентом, що

проходить по трубках 7, які розташовані між внутрішнім 4 і проміжним 5 шарами оболонки. Система відведення тепла видаляє з підкостюмного простору тепло, яке надходить в костюм з навколишнього середовища і вироблене організмом протягом усього проміжку часу роботи рятувальника. Нагрітий холодоагент видаляється самопливом з відкритих кінців трубок 14 в нижній частині костюма.

Були проведені попередні полігонні випробування теплозахисного костюма. Максимальне теплове випромінювання при горінні штабелю деревини висотою 3 м і шириною 1,5 м дорівнювало 18 кВт/м^2 , що відповідає температурі поверхні оболонки костюму 400°C при розрахунковій відстані від високотемпературного джерела до випробувача 1,5 м. Час впливу теплового навантаження обмежувалося 30 хв. У якості зовнішньої тепловідбивної оболонки застосовували костюм ТК-800, що є на оснащенні ДСНС. Маса зовнішньої оболонки – 6,5 кг.

В ході експерименту використовувалися поліхлорвінілові трубки діаметром 2 мм, відстань між ними була 100 мм. Температура води на вході становила 25 °С. Витрата води в системі охолодження дорівнювала 0,22 м³/год. Температура повітря оточуючого середовища складала 35 °С, від рукавної лінії пожежного автомобіля подача води до внутрішньої оболонки костюма здійснювалась під тиском 0,2 МПа.

В якості критерію теплозахисної здатності оболонки костюма було обрано температуру підкостюмного простору. Якщо ця температура не перевищує 40 °С, то костюм виконує свої функції. При цьому важливим було забезпечити найбільш низьку температуру внутрішньої поверхні костюма. Температуру підкостюмного простору вимірювали за допомогою електротермометру медичного ТПЕМ-1 (з датчиками). Цілісність зовнішньої оболонки визначалася візуально. В ході експерименту спостерігали початок термодеструкції матеріалу костюму, тому відстань від рятувальника до вогнища збільшили.

Зміну температури, що впливає на зовнішню оболонку костюма, визначали приблизенням або віддаленням випробувача від палаючого штабелю за показниками пірометра. Допустима, з точки зору цілісності, температура 200 °С встановлювалася на зовнішній оболонці костюму на відстані 2,3 м від фронту полум'я до випробувача. Фізичне навантаження імітували переміщенням випробувача із пожежним стволом вздовж фронту вогнища пожежі.

Випробувач підходив до фронту вогнища пожежі і, імітуючи гасіння вогнища, переміщувався вздовж фронту горіння на відстані близько 2 м (рис. 2). При цьому температура на зовнішній поверхні костюма добігала в середньому 200 °С, яку кожні 2хв вимірювали пірометром.

Похибка результатів теоретичних досліджень з визначення теплового променистого потоку (температури на зовнішній поверхні костюму), що впливає на випробувача, та експериментальних даних не перевищувала 15%.

Результати експерименту показали, що ефект охолодження підкостюмного простору зберігається при розташуванні трубок діаметром не менше 2 мм на відстані не більше 100 мм один від одного і температурі холодоагенту 25 °С. Цілісність зовнішньої оболонки при таких параметрах зберігалася.

Нагрівання підкостюмного простору до 40 °С спостерігали після 23 хв перебування випробувача перед джерелом горіння на відстані 2...2,3 м. Цей показник значно перевищує ана-

логічні характеристики існуючих на оснащенні ДСНС засобів захисту рятувальників від дії тепла.



Рисунок 2 – Розміщення випробувача перед вогнищем горіння

Під час експерименту було визначено, що використання холодоагенту з температурою менше 10 °С призводить до переохолодження рятувальника в результаті створення нижньої межі допустимої величини температури, яка становить 13 °С при важкій роботі. Використання в якості холодоагенту води з температурою понад 25 °С, не гарантує істотного охолоджуючого ефекту в підкостюмному просторі протягом тривалого періоду.

Висновки. Запропоновано модель теплозахисного костюму з системою водяного охолодження, яка містить комбінезон із зовнішньою оболонкою з вогнестійкого тепловідбивного матеріалу, внутрішньою оболонкою з гігієнічного повітропроникного матеріалу і проміжної оболонкою, забезпеченою системою відводу тепла, яка виконана у вигляді трубок з холодоагентом з температурою 10 ... 25 °С, в якості якого використовується вода або розчин піноутворювача.

Попередні експерименти підтвердили правильність ідеї з використанням проточної схеми охолодження підкостюмного простору для забезпечення захисту організму рятувальника від теплового впливу пожежі. При нагріванні зовнішньої оболонки костюму до 200 °С на тілі випробувача температура була нижчою 40 °С на протязі 23 хв.

Використання теплозахисного костюму забезпечує збереження цілісності зовнішнього шару виробу при тривалому впливі високих температур, з одночасним забезпеченням в підкостюмному просторі комфортних умов для організму рятувальника.

Подальші роботи в напрямку розробки сучасних засобів протитеплового захисту пожеж-

ників-рятувальників автори планують спрямувати на забезпечення захисту цілісності зовнішньої оболонки костюму при нагріві до або більше температури термодеструкції матеріалу з якого вона виготовлена.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Иваников В. П. Справочник РТП / В. П. Иваников, Ключ. – М.: Стройиздат, 1987. – 287 с.
2. Астапенко В.М., Кошмаров Ю.А. Термогазодинамика пожаров в помещениях. – М.: Стройиздат, 1988.– 448с.
3. Многократное применение охлаждающих элементов противотепловой одежды / [Положий В.О., Марийчук И.Ф., Попазова О.В., Гаврилко А.А.] // Горноспасательное дело: сб. науч. тр. НИИГД «Респиратор».– Донецк, 2012.– Вып. 49.– С. 165-172.
4. Клименко Ю.В. Теоретические основы тепловых расчетов противотепловой одежды для горноспасателей // Науковий вісник НГА України.– Дніпропетровськ, 2001.– № 3.– С. 70-73.
5. Воронов П.С. Обоснование параметров и создание комплекса противотепловой защиты горноспасателей с использованием сжатого воздуха: дис...канд. техн. наук: 05.26.01 «Охрана труда» / МакНИИ.– Макеевка, 2008.– 176 с.
6. Патент на изобретение № 2076619, кл. А41D13/00, А62В17/00. опубл. 10.04.1997
7. Гаврилко О.А. Математичне моделювання нестационарного переносу тепла в захисному одязі пожежних і гірничорятувальників з водольодяною системою охолодження / Гаврилко О.А. // Пожежна безпека: Зб. наук. праць, ЛПБ: УкрНДІПБ МНС України. – Львів. 2002. – С. 76-82.
8. Патент на изобретение № 1793582 , кл. А62В17/00. Теплозащитный костюм / Л.М. Гутман, Т.А. Жигирева, М.И. Харченко, В.И. Остапенко; заявитель и собственник Институт биофизики Минздрава СССР. - № 4857412/23; заявл. 18.06.1990; опубл. 10.11.1996.
9. Патент на корисну модель № 109668 Україна, МПК А62В17/00, А41D13/00. Теплозахисний костюм / В.К. Костенко, О.Л. Зав'ялова, Г.В. Зав'ялов, Т.В.Костенко, В.М. Покалюк; заявник і власник В.К. Костенко, О.Л. Зав'ялова. – № u2016 03119; заявл. 25.03.2016; опубл. 25.08.2016, Бюл. №16.

RESCUER'S HEAT PROTECTION SUIT WITH WATER COOLING SYSTEM

V. Kostenko, Doc. of Sc. (Eng.), Prof., O. Zavalova, Cand. of Sc. (Eng.), Doc.,

T. Kostenko, Cand. of Sc. (Eng.)

Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Defense of Ukraine

KEYWORDS

heat protecting suit, cooling water system, rescuer, heat removal.

ANNOTATION

It is proposed heat suit construction with the flow circuit of the refrigerant movement to protect rescuers from influence of heat radiation, high ambient temperatures during the fire-fighting and liquidation of emergencies. Using heat device maintains the integrity of the outer layer of the suit at long influence of high temperatures while providing comfort rescuer work in the inside suit.

ТЕПЛОЗАЩИТНЫЙ КОСТЮМ СПАСАТЕЛЯ З СИСТЕМОЙ ВОДЯНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

В.К. Костенко, д.т.н., проф., О.Л. Завьялова, канд.техн.наук, доц., Т.В. Костенко, канд.техн.наук

Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

теплозащитный костюм, система водяного охлаждения, спасатель, отвод тепла.

АННОТАЦИЯ

Предложена конструкция теплозащитного костюма с проточной схемой движения хладагента для защиты спасателей от воздействия теплового излучения, высоких температур окружающей среды в ходе тушения пожаров и ликвидации аварийных ситуаций. Использование теплозащитного устройства обеспечивает сохранение целостности верхнего слоя костюма при длительном воздействии высоких температур с одновременным обеспечением в подкостюмном пространстве комфортных условий работы спасателя.