

«Забезпечення комфортної роботи рятувальників в протитеплових засобах з активним відбором тепла при низькій температурі довкілля»

Шифр роботи: «Рятувальники»

АНОТАЦІЯ

Наукова робота: 20 с., 7 рис., 10 джерел.

Об'єкт дослідження – теплообмінні процеси в системі «навколишнє середовище - протитепловий костюм - організм рятувальника».

Предмет дослідження – конструктивні і експлуатаційні параметри системи водяного охолодження протитеплого костюма рятувальника, що забезпечує підвищення безпеки праці рятувальника та розширення тактичних можливостей підрозділів при гасінні пожеж в умовах низьких температур оточуючого середовища.

Мета роботи – розкриття закономірностей теплообмінних процесів в системі «навколишнє середовище – протитепловий костюм – організм рятувальника» для обґрунтування параметрів системи водяного охолодження протитеплого костюма рятувальника, при низьких температурах оточуючого середовища.

Методи дослідження – при виконанні роботи був використаний комплексний метод дослідження: аналіз та узагальнення інформаційних джерел, присвячених питанням забезпечення комфортної роботи рятувальників в протитеплових засобах та експериментальні методи.

Відсутність на оснащенні пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України протитеплого одягу з активним відбором тепла істотно впливає на безпеку особового складу при веденні аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж. В Україні терміном до половини року температура повітря і води нижча за 15°C, що призводить до переохолодження організмів рятувальників, а можливо до замерзання води в системах охолодження.

Завдання дослідження – створення безпечних та комфортних умов роботи рятувальників при гасінні пожеж в холодну пору року.

Ключові слова: ПРОТИТЕПЛОВІ ЗАСОБИ, ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ, СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ РЯТУВАЛЬНИКІВ, НИЗЬКІ ТЕМПЕРАТУРИ ДОВКІЛЛЯ, КОМФОРТНА ТЕМПЕРАТУРА НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 УМОВИ ВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ.....	6
2 ПЕРСПЕКТИВНІ ВИДИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ВІД ТЕПЛА СЛУЖБОВЦІВ РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ.....	9
3 СТВОРЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ ТА КОМФОРТНИХ УМОВ РОБОТИ РЯТУВАЛЬНИКІВ ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖ В ХОЛОДНУ ПОРУ РОКУ.....	15
ВИСНОВКИ.....	18
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	19

ВСТУП

Професія рятувальника є однією з найбільш небезпечних в переліку професійного ризику. Це пов'язано з тим, що гасіння пожеж, ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій здійснюється при підвищеному тепловому впливі, вологості, задимленості атмосфери, часто при значних фізичних навантаженнях, нервовому напруженні, тобто при високих ергономічних і психоемоційних навантаженнях рятувальника.

Розвиток науки і техніки, виробництв, технологічних процесів, в яких використовується велика кількість вогнебезпечних речовин, тенденції до збільшення поверховості і площ громадських і виробничих будівель вимагають постійного вдосконалення спеціального захисного одягу рятувальників.

Пожежі, наслідки надзвичайних ситуацій призводять до значних матеріальних збитків, травмування та загибелі людей, в тому числі особового складу пожежно-рятувальних підрозділів, який бере участь в їх ліквідації та проведенні аварійно-рятувальних робіт.

Найбільш резонансні пожежі останніх років підтверджують ці висновки. Так в 2015 році в ході гасіння пожежі на нафтобазі в смт. Василькове Київської області загинули 6 вогнеборців, а 14 отримали термотравми.

Відсутність на оснащенні пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України протитеплового одягу з активним відбором тепла істотно впливає на безпеку особового складу при веденні аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж, знижує час перебування рятувальників в зоні підвищеного температурного впливу, що призводить до перегрівання організму, втрати здоров'я, великих витрат на лікування і значним виплатам з професійного захворювання. Однією з ускладнюючих причин використання такого обладнання є те, що в Україні терміном до половини року температура повітря і води нижча за 15°C, що призводить до переохолодження організмів рятувальників, а можливо до замерзання води в системах охолодження.

Наукова новизна отриманих результатів. Модернізовано систему охолодження рятувальників при гасінні пожеж в умовах низьких температур оточуючого середовища.

Наукове значення роботи полягає в тому, що вперше запропоновано використовувати променеву енергію вогнища горіння для підігріву низькотемпературного холодоагенту в системах охолодження рятувальників.

Практичне значення роботи полягає в тому, що покращена безпека та покращені умови комфортної роботи рятувальників в оточуючому середовищі.

Особистий внесок полягає в дослідженні температурних умов та охолодження рятувальників.

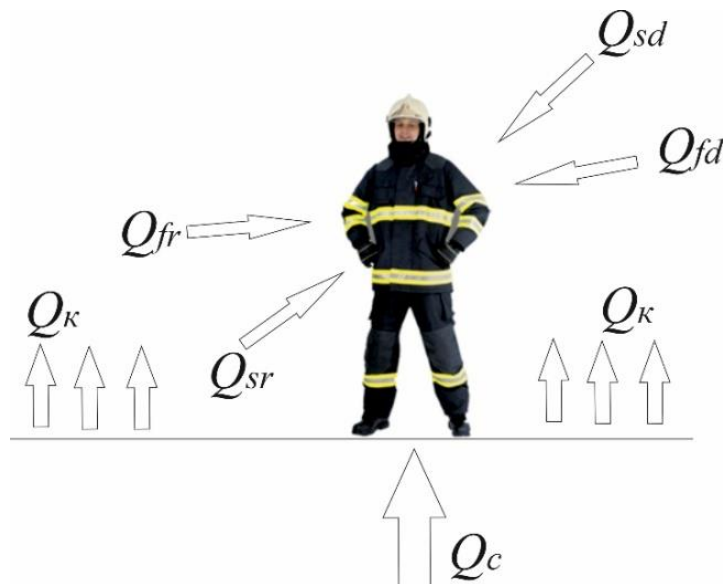
1 УМОВИ ВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ

В даний час пожежно-рятувальні підрозділи застосовують тепловідбивні і теплозахисні костюми з часом захисної дії при температурі навколишнього середовища 200°C не менше 16 хв. і 10 хв. відповідно, що є недостатнім для гасіння складних пожеж, не забезпечує при цьому необхідну безпеку праці рятувальника, а іноді призводить до невиконання поставлених завдань [1,2,3].

В гірничорятувальній службі вугільної галузі України застосовують засоби захисту з водокрижаними охолоджуючими елементами [4], які вимагають великих матеріальних і енергетичних витрат на придбання і обслуговування морозильних установок, теплоізолюючих контейнерів, а також періодичного виходу рятувальника із зони підвищених температурних впливів для заміни використовуваних охолоджуючих елементів. Тому в якості холодоагенту в системі водяного охолодження протитеплого костюму рятувальника запропоновано використовувати проточну воду з пожежного рукава, яка застосовується при гасінні пожеж [5]. Для використання цього способу охолодження організму рятувальника обґрунтовані параметри системи водяного охолодження протитеплого костюма на підставі результатів досліджень теплообмінних і гідравлічних процесів з урахуванням впливу високих теплових впливів навколишнього середовища і фізичного навантаження (енерговитрат) рятувальника при гасінні пожеж в різних умовах. Однак, такому способу захисту рятувальників від негативного впливу тепла присутні певні недоліки, які обмежують його використання. Річ іде про ведення робіт в умовах низьких, а саме нижче 15°C, температурах оточуючого середовища. Вплив відносно низьких температур на поверхні тіла людини призводить до переохолодження організму, простудних захворювань, міазитів, радикулітів, запалень нирок тощо.

На даний час визначений механізм променевого впливу на рятувальника та набуло подальшого уточнення рівняння теплового балансу в системі

«навколишнє середовище – протитепловий костюм – організм рятувальника» [6]. Для випадку гасіння пожеж на відкритій місцевості у сонячну погоду рівняння балансу теплового навантаження на організм рятувальника доповнено компонентами, зумовленими впливом прямих і відбитих сонячних променів (рис.1.1):



прямі промені від фронту горіння (Q_{fd}) і Сонця (Q_{sd}); відбиті – пожежні (Q_{fr}) і сонячні (Q_{sr}); конвекційні (Q_k); кондуктивні (Q_c)

Рисунок 1.1 – Схема впливу на рятувальника зовнішніх теплових потоків

$$(Q_{wt}) = Q_{sd} + Q_{fd} + Q_{fr} + Q_{sr} + Q_k + Q_{mb} + Q_{ar} + Q_c, \quad (1)$$

де Q_{sd} – прямі теплові потоки від Сонця, дія яких має векторну спрямованість;

Q_{fd} – прямі теплові потоки від пожежі;

Q_{fr} – відбиті від ґрунту і стінок променеві потоки;

Q_{sr} – відбиті від ґрунту і стінок променеві потоки від Сонця, що мають дзеркальний і дифузний характер;

Q_k – конвекційні потоки нагрітих газів, які обумовлені нагріванням повітря від поверхні або дією гарячих продуктів горіння;

Q_c – кондуктивне нагрівання від дотику до нагрітих поверхонь, іскор чи полум'я;

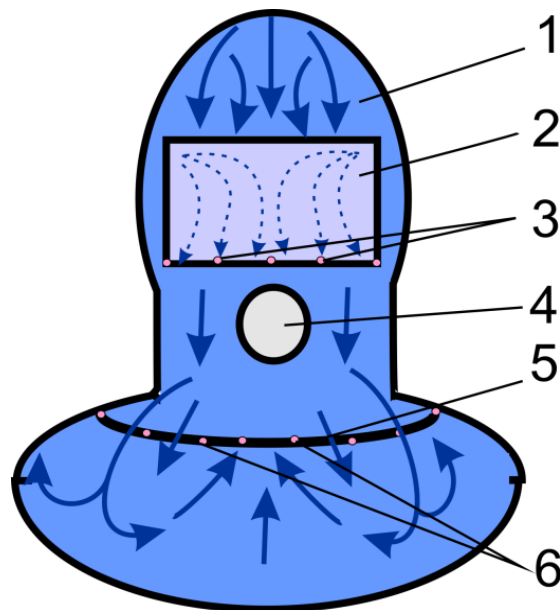
Q_{mb} – виділення тепла при роботі м'язів людини;

Q_{ar} – функціонування регенеративної дихальної системи.

Теоретично встановлено, що Q_{fr} може сягати до 10...30% від Q_{fd} . Розрахунки показали, що в ясну сонячну погоду, потік сонячної радіації може сягати $q_{sd} = 120...400 \text{ Вт/м}^2$. Така енергія порівнянна з такою що продукує пожежа, але діє вона набагато довше ніж час перебування рятувальників в зонах теплового враження тому повинна враховуватись обов'язково.

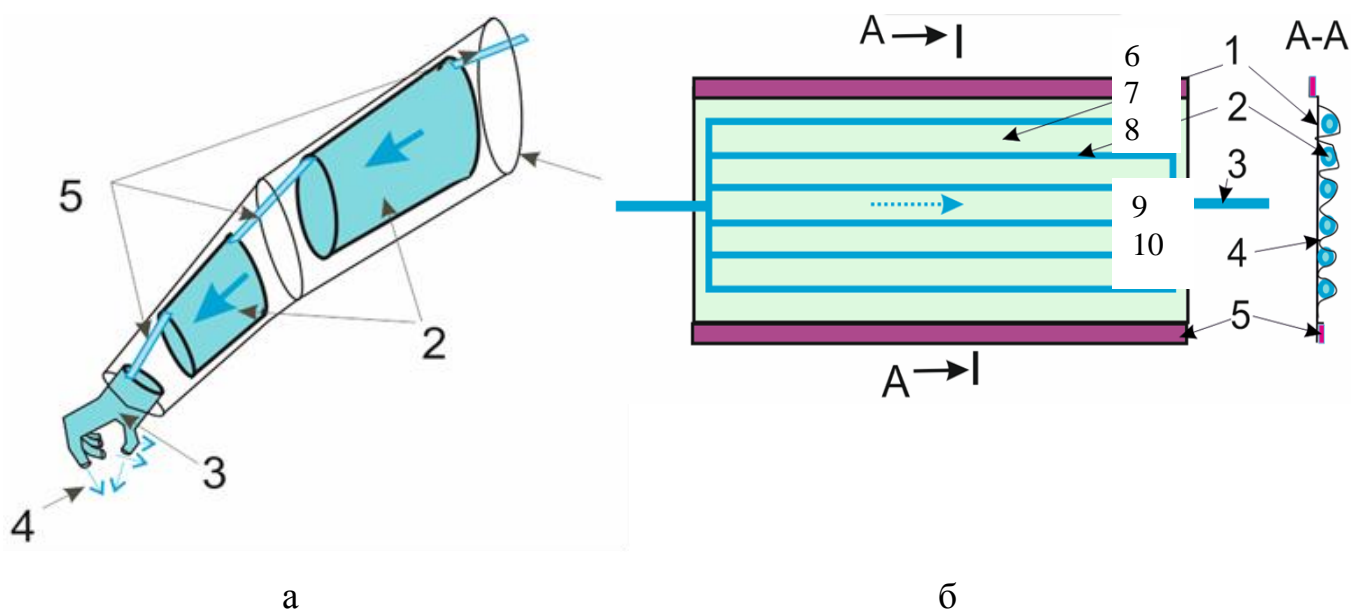
2 ПЕРСПЕКТИВНІ ВИДИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ВІД ТЕПЛА СЛУЖБОВЦІВ РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

Для нейтралізації негативного впливу зовнішньої теплової навантаги та такої що генерує організм фізіологічної (метаболічної) теплоти було запропоновано індивідуальні засоби проти теплового захисту з активним відбором тепла [6–8]. Сутність такого підходу до охолодження тіла рятувальника полягає в тому що від пожежного рукаву за допомогою спеціальної вставки відбирають невелику частину води, яку використовують для охолодження людини, а також зовнішньої поверхні оболонки теплозахисного костюму. До тіла людини холодоагент подають крізь систему трубочок. На рис. 2.1 і 2.2 надані конструкції систем охолодження голови та верхніх кінцівок [9].



1 – капюшон з системою трубок для холодоносія; 2 – ілюмінатор з водяною плівкою; 3 – розприскувачі під ілюмінатором; 4 – отвір для мундштука дихального апарату; 5 – трубка з розприскувачами; 6 – напрямки руху холодоносія в системі трубок

Рисунок 2.1 – Схема охолодження верхньої частини тіла рятувальника



1– зовнішня оболонка спеціального одягу; 2 – манжети з трубками для холодоносія; 3 – рукавичка з розприскувачами на фалангах пальців; 4 – потоки холодоносія з розприскувачів; 5 – магістральні трубки з холодоносієм; 6 – гнучка проміжна оболонка; 7 – мережа трубок з холодоносієм; 8 – магістральна трубка; 9 – внутрішній, фіксує трубки, шар матерії; 10 – еластичний фіксує вузол

Рисунок 2.2 – Схема охолодження верхньої кінцівки рятувальника (а) та трубчатого охолоджуючого елемента – манжета (б)

Після зняття тепла з відповідних поверхонь нагріту воду скидають на ґрунт, охолоджуючи його та знижуючи небезпеку кондуктивного (Q_c) нагріву стоп рятувальника.

Проблему захисту рятувальників від дії тепла з позицій системного підходу уявляють у вигляді сукупності кількох елементів «організм людини – джерело горіння – захисне обладнання – оточуюче середовище» (ОДЗО). Теплові потоки розподілені наступним чином. Від джерела горіння основна енергія передається переважно у вигляді інфрачервоних променів, частина їх діє на захисний спеціальний одяг (Q_{fd}), інша частина нагріває повітря навколо одягнутого у спецодяг рятувальника – конвекційний перенос тепла (Q_k). На

захисний одяг також може впливати тепло від іскор, а також від розжарених поверхонь і падаючих предметів – кондукційний перенос тепла (Q_c). У залежності від властивостей захисного спорядження, які визначаються коефіцієнтом теплового опору одягу (k_z), частка таких потоків тепла передається до організму рятувальника, який також є джерелом метаболічного тепла, основна доля якого генерується при роботі м'язів (Q_{mb}). При виконанні рятувальником інтенсивної роботи тепло виділяється і накопичується в тілі та підкостюмному просторі, що призводить до перегріву організму. Додатковим джерелом теплоти є нагріте повітря, яке поступає орально з дихального апарату (Q_{ar}). Захист рятувальника від дії тепла в даній системі відбувається шляхом відбиття променів з металізованої поверхні костюму, а також шляхом конвекційного знімання тепла з поверхні оболонки костюму (Q_r). Охолодження у такий спосіб мало заважає накопиченню тепла в захисному одязі і організмі рятувальника. Можливості управління процесом охолодження системи відбиттям або конвекцією є дуже обмеженими.

Регулювання теплообміну між засобами протитеплового захисту і організмом здійснюють збільшенням величини коефіцієнта теплового опору одягу (k_z) шляхом використання для виготовлення костюмів матеріалів з високими теплоізолюючими та термостійкими властивостями. Це визначає зростання маси і ціни виробів. Виготовлення спецодягу з найсучасніших матеріалів все одно обмежує його захисні показники внаслідок генерації метаболічної теплоти (Q_{mb}).

Відбувається відбиття від ґрунту або стінок конструкцій частини пожежних променів (Q_{fd}), які додають теплового навантаження на рятувальника (Q_{fr}). Інша частина пожежних променів забезпечує нагрівання ґрунту, утворюючи небезпеку кондуктивного нагріву (Q_c), а також посилюючи земну радіацію та, відповідно, конвекційний нагрів повітря (Q_k). При гасінні пожеж на відкритому просторі слід враховувати вплив сонячної радіації (Q_{sd}), а також відбитих сонячних променів (Q_{sr}). Слід враховувати, що сонячна радіація впливає на оперативний персонал не тільки коли вони перебувають у зоні

теплого ураження від пожежі, а завжди в теплий сезон на відкритій місцевості, тому термін її впливу значно більший.

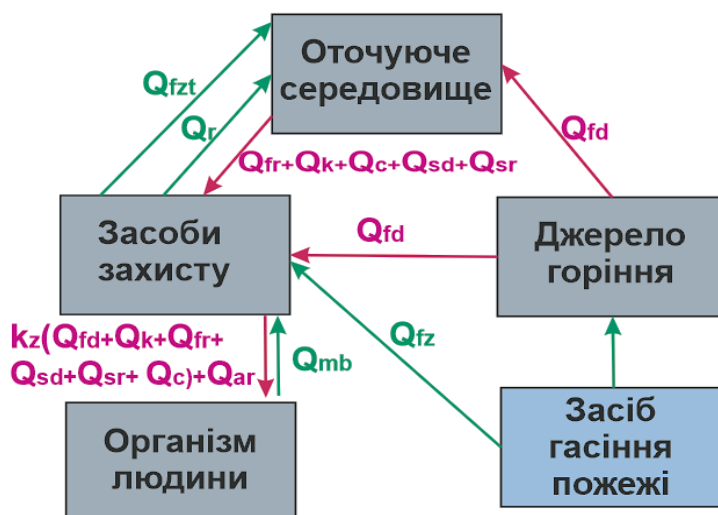
Усі означені компоненти теплового навантаження впливають, в першу чергу, на захисний одяг, а через нього на організм рятувальника. Ресурси з охолодження залишаються обмеженими – (Q_r).

Запропоновано доповнити систему ОДЗО ще одним елементом (рис. 2.3). Розглянуто використання енергетичних можливостей водяних або пінних засобів гасіння пожеж. Температура води та піноутворюючої розчину, зазвичай перебуває у діапазоні від $+2^{\circ}\text{C}$ до $+25^{\circ}\text{C}$, тому їх доцільно використати в якості холодоносія. В такому випадку до системи додано ще один елемент, а саме – «засіб гасіння пожежі». Такий розвиток системи ОДЗО забезпечує її мобільність та компактність.

Від засобу гасіння низькотемпературний потік енергії Q_{tz} подається до поверхні захисного одягу. Там відбувається теплообмін з тими, що поступають зовні: $Q_{fd} + Q_k + Q_c + Q_{ar} + Q_{fr} + Q_{sd} + Q_{sr}$ та від організму Q_{mb} нагрівальними потоками. Для умов нульового теплового балансу, коли термін захисної дії системи може сягати нескінченості:

$$Q_{fd} \pm Q_k + Q_c + Q_{mb} + Q_{ar} + Q_{fr} + Q_{sd} + Q_{sr} - Q_{tz} = 0, \quad (2)$$

Слід відмітити, що у виразі (2) величина Q_{tz} має негативне значення, а Q_k може, в залежності від мікрокліматичних умов, набувати як позитивне так і негативне значення.



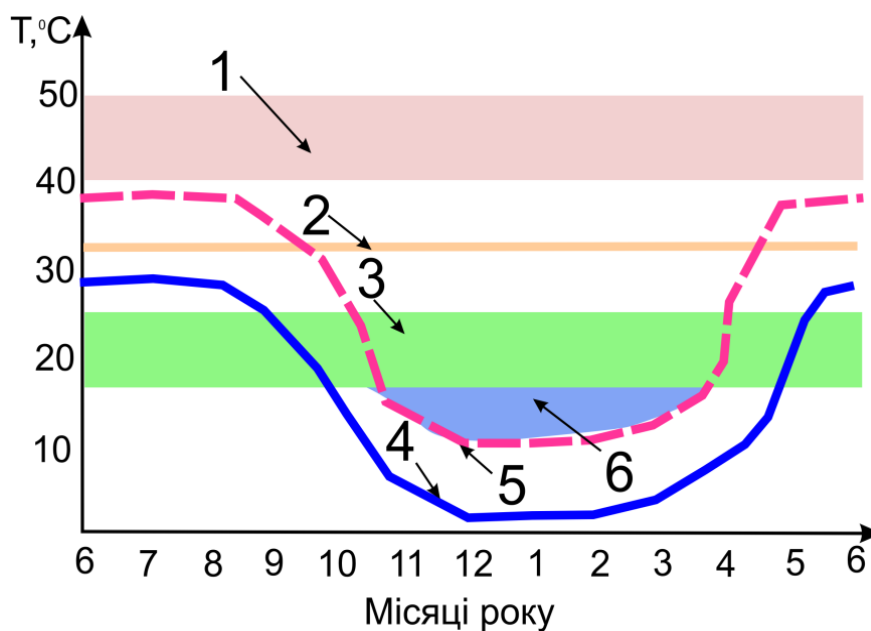
Q_{fd} – випромінювання з джерела горіння; Q_k, Q_c – відповідно конвекційне і кондуктивне тепло від джерела горіння; Q_{mb} – метаболічне тепло організму людини; Q_{ar} – тепло регенеративних реакцій дихального апарата; Q_r – відбите та конвекційне тепло від поверхні захисного одягу; Q_{fr} – відбиті від ґрунту пожежні промені; Q_{sd} – сонячна радіація; Q_{sr} – відбиті сонячні промені; Q_{fz} – потік енергії від засобу гасіння пожежі до захисного одягу; Q_{fzt} – потік тепла, що скидають в оточуючий простір k_z – коефіцієнт захисту одягу

Рисунок 2.3 – Системне уявлення про енергетичний взаємозв'язок між елементами системи захисту рятувальника від дії тепла

Якщо обидві негативні складові рівняння будуть в сумі більше ніж решта позитивних, то тіло рятувальника буде охолоджуватись. Така ситуація можлива в осінньо - весняний період, коли температура води становить близько 0°C , а повітря - нижче цього показника. Можлива суперечлива ситуація, коли висока теплова навантага від пожежі вимагає використання потужних засобів протитеплого захисту, але їх використання призводить до переохолодження рятувальників та обмерзання амуніції [10]. Це відбувається внаслідок того, що потік тепла від джерела горіння обумовлений переважно дією прямих та відбитих променів, які характеризуються векторною спрямованістю, і нагрівають вище допустимої норми лише один бік рятувальника. Інший бік – підданий дії негативних температур – промерзає. Складаються нездорові і

некомфортні умови роботи рятувальників, обумовлені контрастом температур, нижче 15°C з одного боку та вище 35°C – з іншого.

Виходячи з клімату України, можна уявити, що небезпека переохолодження рятувальників існує в період з жовтня по квітень (рис. 2.4). В цій проміжок часу температура води в водоймищах та водопровідних мережах не перевищує 10°C .



1 – максимально допустимих на поверхні шкіри (40°C) і у внутрішній поверхні одягу (50°C);
 2 – середня, на поверхні шкіри людини (33°C); 3 – комфортних для людини ($18...25^{\circ}\text{C}$);
 4 – води у водоймищах; 5 – повітря в піддежному просторі; 6 – охолодження організму (нижче 15°C)

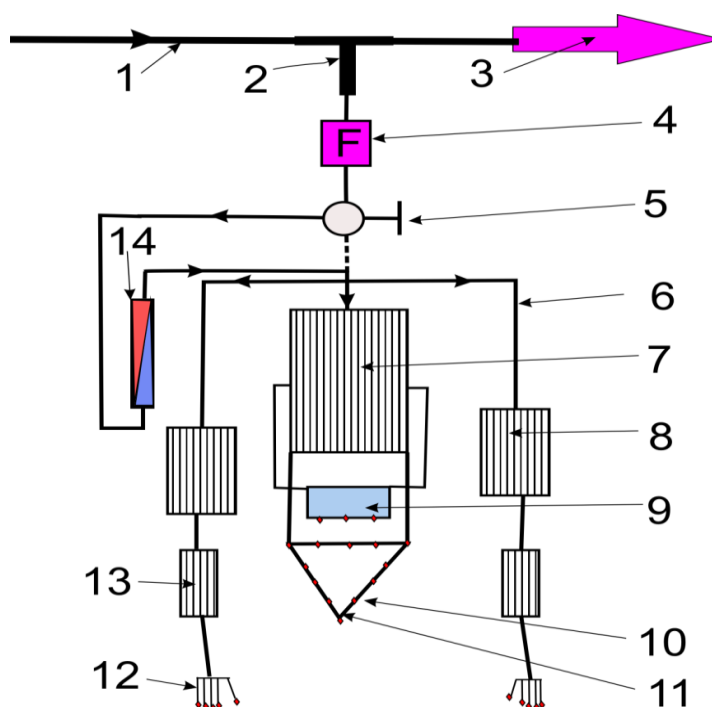
Рисунок 2.4 - Схема розподілення протягом року температур, $^{\circ}\text{C}$

3 СТВОРЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ ТА КОМФОРТНИХ УМОВ РОБОТИ РЯТУВАЛЬНИКІВ ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖ В ХОЛОДНУ ПОРУ РОКУ

Для зниження при гасінні інтенсивних пожеж негативних проявів високих температур на рятувальників запропоновано використовувати системи охолодження з активним вилученням тепла проточною водою. Однак, в холодну пору року існує небезпека дії на організм рятувальника контрастних температур від джерела горіння і холодоагенту. Це призводить до некомфортного становища в під костюмному середовищі та до простудних захворювань.

Для попередження цього небезпечного становища авторами запропоновано виконувати підогрів води яка поступає з пожежного рукава до трубок на тілі рятувальника. Ідея полягає в тому, щоб інфрачервоні промені що надходять від джерела горіння використати для нагрівання води до температури 18...25°C. В якості нагрівального пристрою доцільно використовувати променевий колектор, подібний таким що використовують для геліосистем. Колектор-підігрівач розташовують в місці подавання води в охолоджуючу систему проти теплового костюму (рис. 3.1).

Таким чином, поступаючи по пожежному рукаву, вода, яка має температуру нижчу за 15°C, проходячи по трубкам колектора нагрівається до комфортного рівня 18...25°C, и після цього рухається по каналам системи охолодження тіла рятувальника. При цьому виключається небезпека дії контрастних температур і загроза захворювання людини.

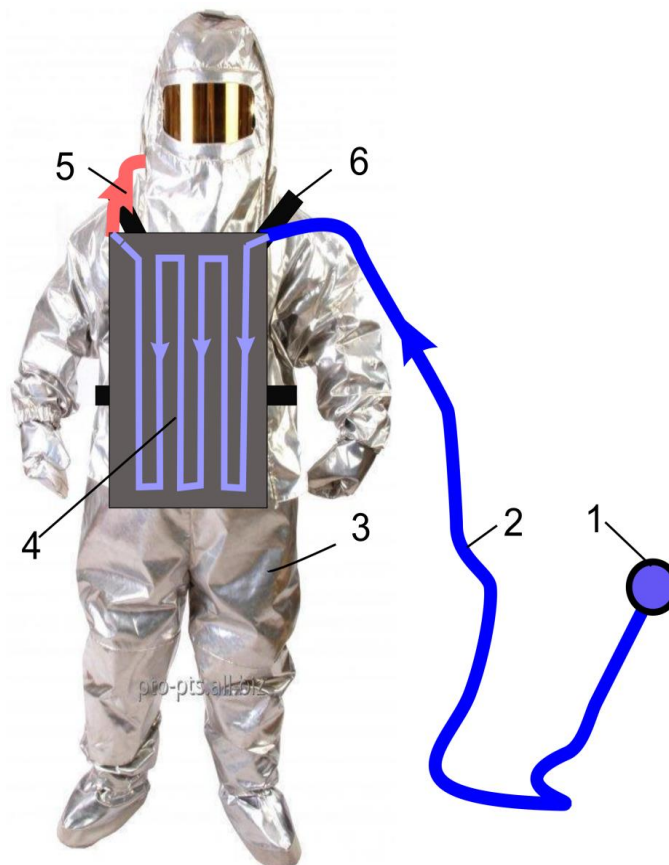


1 – пожежний рукав; 2 – вставка для відбору рідини; 3 – пожежний ствол; 4 – фільтр; 5 – кран-регулятор; 6 – гнучкі магістральні шланги; 7 – система трубок для охолодження верхньої частини тіла рятувальника; 8, 13 – манжети з трубками для охолодження, відповідно, плеча та передпліччя; 9 – ілюмінатор з водяною плівкою та розприскувачами; 10 – розприскувач; 11 – трубка з розприскувачами для зрошення зовнішньої оболонки костюму; 12 – трубки в рукавичці з розприскувачами на фалангах пальців; 14 – колектор-підігрівач

Рисунок 3.1 - Загальна гідравлічна схема охолоджуючого пристрою

Однак, додатковий агрегат може обмежувати свободу переміщень рятувальника, погіршуючи його тактичні можливості. Позбавитись такої незручності можна застосувавши колектор-підігрівач гнучкої конструкції. Він являє собою пластину з теплопровідного еластичного матеріалу в середині котрої виконані лабіринти каналів для руху холодоносія. З одної сторони канали підключені до пожежного рукава за допомогою шланга водоживлення, з протилежної – до трубок системи охолодження рятувальника. Теплові промені від пожежі нагрівають пластину і воду, яка рухається в неї. Пластина розміщується на грудях рятувальника, за допомогою підвісної системи з

ременів, і виконує подвійну функцію (рис. 3.2). По-перше, це нагрів холодоагенту, а по-друге – колектор-підігрівач виступає в ролі екрана, який перешкоджає прямої дії теплових променів та конвекційних газових потоків на зовнішню оболонку протитеплого костюму.



1 – пожежний рукав; 2 – шланг водоживлення; 3 – теплозахисний костюм; 4 – колектор-підігрівач; 5 – шланг подавання нагрітої води; 6 – підвісна система

Рисунок 3.2 – Рятувальник в протитепловому оснащенні з нагрівним колектором

Таким чином, досягається мета роботи з забезпечення безпечних і комфортних умов роботи рятувальників в холодну пору року при гасінні пожеж.

ВИСНОВКИ

1. Створення безпечних умов праці рятувальників залишається актуальним і потребує свого рішення на загальнодержавному рівні. При цьому найбільш небезпечними є пожежі, які призводять до значних матеріальних збитків, великому числу потерпілих і загибелі людей, в тому числі рятувальників підрозділів ДСНС при ліквідації пожеж і веденні аварійно-рятувальних робіт.

2. Відсутність на оснащенні рятувальників підрозділів ДСНС України протитеплових костюмів з активним теплозіманням знижує безпеку праці, призводить до перегрівання організму, втрати здоров'я, значних витрат на лікування і виплат по професійному захворюванню.

3. Найефективнішим способом захисту пожежних від негативних проявів пожежі є використання проточної схеми охолодження з використанням в якості холодоагенту води або піноутворюючого розчину. Недоліком даного способу є вплив на тіло людини контрастних температур, які створюють небезпеку переохолодження нирок, простудних захворювань, міазіту, радикуліту тощо.

4. Для попередження дії низьких температур в холодну пору року запропоновано використання колектора-підігрівача, виконаного з еластичного теплопровідного матеріалу. Колектор - підігрівач виконує подвійну функцію, а саме нагрів холодоагенту, а також екранує зовнішню оболонку протитеплого костюму від прямої дії теплових променів та конвекційних газових потоків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ ISO 11612-2014 Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и пламени. Общие требования и эксплуатационные характеристики.
2. ДСТУ EN 340:2001 Одяг спеціальний захисний. Загальні вимоги (EN 340:1993, IDT). – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 12 с.
3. Боевая одежда и снаряжение пожарного/Д.В.Поповский, В.Ю. Охломенко /Метод. пособие под общей ред.. В.А. Грачева/ Академия ГПС МЧС России – М.: 2004. – 86 с.
4. Марійчук І. Ф. Індивідуальна протипогазотеплова захиста / В. О. Положий, І. Ф. Марійчук // Уголь України. – 2008. – № 12. – С. 26–28.
5. Костенко В.К., Зав'ялов Г.В., Костенко Т.В., Покалюк В.М., Зав'ялова О.Л., Майборода А.О., Нестеренко А.А., Нуянзін О.М., Гаврилко О.А. Захист рятувальників від впливу тепла. Монографія під загальною редакцією д.т.н., проф. В.К. Костенка, ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, Черкаси, 2017. 144с.
6. Костенко В.К., Зав'ялова О.Л., Костенко Т.В. Теплозахисний костюм з системою водяного охолодження. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека, 2016. №2 (2). С.38 – 43.
7. Костенко Т.В. Розвиток наукових основ підвищення безпеки рятувальників під час ведення оперативних дій в умовах нагрітого мікроклімату. автореф. дис....д-ра. техн. наук: 05.26.01. Костенко Тетяна Вікторівна, ДонНТУ, - Покровськ: 2019. - 38 с.
8. Костенко Т.В. Охолодження пожежників рятувальників шляхом удосконалення терморегуляції. Пожежна безпека: збірник наукових праць. Львів: ЛДУБЖД, 2016. № 29. С.77-86.

9. Костенко Т.В. Охолодження теплозахисного костюму рятувальника за допомогою пінного пристрою. Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць. Дніпро, 2017. Вип. 137. С. 42-48.
10. Болібрух Б. В. Розвиток наукових основ створення високоефективних засобів індивідуального захисту пожежника: автореф. дис....д-ра. техн. наук: 05.26.01. Болібрух Борис Васильович, ДОННТУ, - Покровськ: 2017. - 26 с.