

*Т.В. Костенко, канд. техн. наук
(Черкаський інститут пожежної безпеки
імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України)*

ОХОЛОДЖЕННЯ ПОЖЕЖНИКІВ-РЯТУВАЛЬНИКІВ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЇ

Обґрунтовано шляхи удосконалення терморегуляції в системі «пожежа – теплозахисний пристрій – організм людини» при веденні аварійно-рятувальних робіт на підставі теоретичних досліджень термовологісної ситуації в піддежному просторі оснащення рятувальника. Встановлено, що в умовах високого рівня теплового випромінювання та температури навколишнього середовища потрібен спецодяг з більшим ступенем теплоізоляції та додаткові заходи для інтенсифікації випаровування. Ефективним способом посилення випаровування є охолодження піддежного простору завдяки встановленню водокрижаних елементів або використання проточної схеми подавання охолоджуючого агенту. При відсутності джерел охолодження перспективним є розміщення між тілом і одягом вставок з сорбуючою речовиною.

Ключові слова: терморегуляція, термоіндекс, охолодження піддежного простору, холодоагент, сорбуюча речовина.

T. V. Kostenko

INTENSIFICATION OF EVAPORATION FROM THE SKIN SURFACE AS A WAY OF FIREFIGHTERS COOLING

The article substantiates ways to improve thermoregulation in the system "fire - heat device - body" in the conduct of rescue operations on the basis of theoretical research thermal-humidity situation in space under the cloth rescue equipment. Established, that conditions of high level of heat radiation and ambient temperature needs clothes with more of thermal insulation and extra measures intensification of evaporation. Effective way to enhance evaporation is a cooling space under the cloth by installing ice-water elements or using of flow scheme feeding cooling agent. In the absence of source cooling installation, perspective is using inserts with sorbent material between the body and clothing.

Key words: thermoregulation, thermoindex, cooling space under the cloth, refrigerant, sorbing substance.

T. V. Kostenko

ОХЛАЖДЕНИЯ ПОЖАРНЫХ-СПАСАТЕЛЕЙ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ

Обоснованы пути совершенствования терморегуляции в системе «пожар - теплозащитное устройство - организм человека» при ведении аварийно-спасательных работ на основании теоретических исследований термовлажностной ситуации в поддежном пространстве оснащение спасателя. Установлено, что в условиях высокого уровня теплового излучения и температуры окружающей среды нужно спецодежду с большей степенью теплоизоляции и дополнительные меры по интенсификации испарения. Эффективным способом усиления испарения является охлаждение поддежного пространства благодаря установлению водоледовых элементов или использования проточной схемы подачи охлаждающего агента. При отсутствии источников охлаждения перспективным является размещение между телом и одеждой вставок с сорбирующим веществом.

Ключевые слова: терморегуляция, термоиндекс, охлаждения поддежного пространства, хладагент, сорбирующее вещество.

Пожежники-рятувальників під час ліквідації пожеж працюють в умовах високої температури та дії інтенсивного теплового випромінювання. Аварійна обстановка суттєво відрізняється від встановленої санітарними нормативами, від нагрівання різко зменшується працездатність особового складу, часто трапляються теплові ураження, перегрів організму, втрата свідомості, теплові удари, опіки. Причиною, що призводить до такого роду ускладнень є неповнота знань механізмів дії теплових чинників, захисної дії протитеплових засобів, якими оснащені рятувальні підрозділи та раціональні способи їх використання. Тому проведення наукових робіт з удосконалення способів і засобів захисту особового складу рятувальних підрозділів від негативної дії тепла є досить актуальним напрямом досліджень.

Стан питання. Фізична терморегуляція здійснюється шляхом віддавання тепла організмом. При цьому тепловіддача відбувається завдяки: випромінюванню (радіації); кондукції; конвекції; випаровуванню. Наукові пошуки методів оцінки впливу теплової обстановки на організм людини проводять вчені багатьох держав. Чимало уваги цьому приділяють в галузях, пов'язаних з виготовленням та обробкою металів, гірничорятувальною справою тощо. Найбільш близькими, на наш погляд, є дослідження, що проведені при розробці гірничорятувального та пожежного оснащення, тому що у підземних і аварійних умовах неможливо керувати зовнішніми чинниками тепловиділення, та доводиться обмежуватися вивченням системи «пожежа (джерело тепла) – теплозахисний пристрій – організм людини».

Мікрокліматичні умови характеризуються такими параметрами: температурою, відносною вологістю і швидкістю руху повітря, а також температурою випромінювання поверхні. Поєднання значень цих параметрів в різних варіантах часто викликає ускладнення в якісній і, тим більше, в кількісній порівняльній оцінці мікроклімату в різних умовах.

Відомі спроби обґрунтувати інтегральні показники мікроклімату, що впливає на тіло людини [1]. Наприклад, індекс впливу високотемпературного середовища (*WBGT – Wet Bulb Globe Temperature, °C*):

$$WBGT = 0,7WB + 0,2GT + 9,1DB,$$

Де *WB* – температура повітря по вологому термометру, °C;

GT – температура кульового термометра, °C;

DB – температура повітря по сухому термометру, °C.

Використовується також Оксфордський індекс (*WD, °C*):

$$WD = 0,85WB + 0,15DB.$$

Аналіз цієї формули показує, що при збільшенні відносної вологості повітря значення наближається до значення *WB*, і при її досягненні 100%, їх значення стають однакові. У цьому випадку значення Оксфордського індексу визначається температурою вологого термометра, тобто: $WD = WB$.

У вугільній промисловості деяких зарубіжних країн використовуються комплексні показники мікроклімату за двома параметрами: показниками сухого і вологого термометра. Так, за бельгійськими правилами допускається робота в шахті при температурі, розрахованій за залежністю

$$0,9t_B + 0,1t_C = 31^\circ\text{C}$$

де t_B, t_C – відповідно температура повітря за вологим і сухим термометрами.

Згідно з цією залежністю допускається перебування в шахті гірника при температурі 34°C , який не виконує роботу.

За нормами, що прийняті в Індії, допускається робота в шахті з температурою до 43°C за сухим і 27°C за вологим термометром, що відповідає значенню оксфордського індексу $WD = 29,45^\circ\text{C}$.

Існує ряд інтегральних показників мікроклімату, що названі «ефективними температурами», які враховують температуру, відносну вологість, швидкість руху повітря і визначаються графічно за номограмами.

Найбільш глибокі дослідження впливу тепла на організм гірничорятувальника при гасінні підземних пожеж виконані НВО «Респіратор» Мінпаливенерго України [2]. На відміну від існуючих інтегральних показників, заснованих на емпіричних залежностях, запропоновано комплексний інтегральний показник *Термоіндекс*, який розроблено на базі теплофізичних закономірностей, що характеризують тепловий вплив навколишнього середовища на організм людини. *Термоіндекс* описується такою залежністю

$$TI = (\Phi_C + \Phi_R + \Phi_{EM}) / m^* \quad (1)$$

де Φ_C – потужність теплового потоку при теплообміні конвекцією, $Вт/м^2$;

Φ_R – потужність теплового потоку шляхом теплообміну випромінюванням, $Вт/м^2$;

Φ_{EM} – потужність теплового потоку шляхом випаровування або конденсації вологи на поверхні тіла людини, $Вт/м^2$;

m^* – параметр перетворення, $Вт/м^2$.

Потужності теплових потоків, що входять у формулу (1), описані такими формулами:

$$\Phi_C = h_C (t_K - t_C) / (1 + 0,155 h_C M), \quad (2)$$

$$h_C = 3,5 + 5,2v \quad \text{при } v < 1 \text{ м/с},$$

$$h_C = 8,7v^{0,588} \quad \text{при } v \geq 1 \text{ м/с},$$

$$\Phi_R = 4,23 \cdot 10^{-8} ((t_K + 273)^4 - (t_C + 273)^4) / (1 + 0,85M) \quad (3)$$

$$\Phi_{EM} = 11 \cdot 10^{-3} h_C (P_K - P_C) / (1 + 0,143 h_C M), \quad (4)$$

де h_C – коефіцієнт теплообміну конвекцією, $Вт/(м^2 \cdot К)$;

t_K – середньозважена температура шкіри людини, $^{\circ}С$;

M – коефіцієнт теплоізоляції одягу, *КЛО*;

v – швидкість руху повітря, *м/с*;

P_K – парціальний тиск водяної пари над поверхнею шкіри, *Па*;

P_C – парціальний тиск водяної пари в повітрі, *Па*.

Термоіндекс в безрозмірних величинах (балах) характеризує, в принципі, тепловий потік, що віддається від 1 м^2 поверхні тіла людини в навколишнє середовище або підводиться до неї з навколишнього середовища.

Багато наукових досліджень присвячено створенню засобів захисту рятувальників від теплового впливу [3, 4]. Світловідбиваючі поверхні спецодягу дають змогу суттєво знизити рівень інфрачервоного випромінювання що діє на людину, теплоізолюючі шари протитеплових засобів перешкоджають проникненню конвективних потоків енергії до організму, але скорочують зворотний потік енергії від тіла.

Зниження температури повітря у просторі між тілом та одягом забезпечують за допомогою холодоагентів, наприклад, водокрижаних елементів або систем циркуляції охолоджувальних рідин. На жаль, ресурс холоду в цих пристроях є доволі скороченим. Додавання об'єму холодоагентів веде до збільшення маси оснащення та обмеження працездатності рятувальників.

В той же час відсутня інформація про забезпечення комфортних умов шляхом управління термовологісним станом повітря в піддежному просторі протитеплових засобів. Це може бути перспективним напрямом підвищення ресурсів захисного спорядження та покращення умов діяльності рятувальників.

Мета роботи – на підставі теоретичних досліджень термовологісної ситуації в піддежному просторі оснащення рятувальника обґрунтувати шляхи удосконалення терморегуляції в системі «пожежа (джерело тепла) – теплозахисний пристрій – організм людини» при веденні аварійно-рятувальних робіт.

Основний зміст. Термовологісний стан системи «шкіряний покрив тіла – захисний одяг» при веденні рятувальних робіт, в основному, залежить від таких показників, як теплозахисні характеристики спецодягу, показники вологості повітря над поверхнею шкіри та спецодягу, умов конвективного теплопереносу між системою та навколишнім середовищем.

Віддача тепла організмом здійснюється випаровуванням води з поверхні шкіри (потові виділення) та із слизових оболонок дихальних шляхів. Навіть у стані комфорту без суттєвого потовиділення крізь шкіру щодобово випаровується до 0,5 л води. Шляхом випаровування з організму випаровується до 20% тепла, втрата одного літру поту дає змогу знизити температуру тіла на 10^0C . Зменшення маси шахтаря протягом напруженої робочої зміни у важких теплових умовах може сягати 5 кг та більше, в основному шляхом потовиділення, при чому одночасне поповнення водного балансу завдяки питву становить кілька літрів. При температурі навколишнього середовища, яка дорівнює або перевищує температуру тіла людини, коли інші способи віддачі тепла різко зменшуються, випаровування води стає основним способом віддачі тепла, але при збільшенні відносної вологості повітря до 100%, воно повністю припиняється.

Узагальнення дає змогу встановити, що випаровування поту має складний характер, і визначається декількома чинниками. Для вибору оптимальних шляхів покращення умов роботи рятувальників слід провести аналіз дії кожного з них.

Найбільш типовим є випадок, коли спеціальний одяг пожежника є проникним для водяної пари, тому охолодження організму відбувається шляхом виносу у зовнішній простір вологи, що просочується з піддежного простору (рис.1 а). Внаслідок аеродинамічного опору тканини частка пари залишається біля тіла, сприяючи його нагріванню. Людина під впливом зовнішнього нагрівання або внаслідок виконання м'язової роботи пітніє. З поверхні шкіри волога випаровується, якщо є умови для цього, в навколишній простір внаслідок чого організм охолоджується. В іншому випадку волога залишається на тілі, а процес охолодження припиняється.

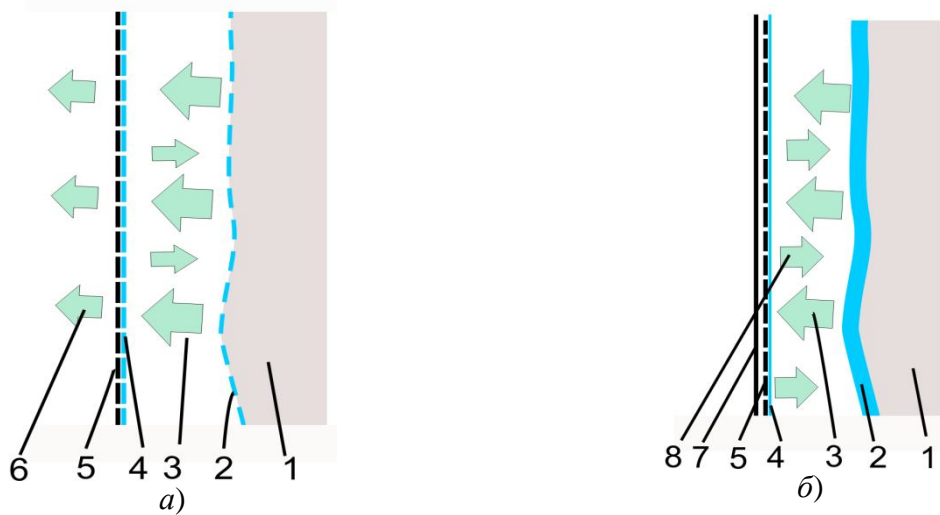


Рисунок 1 – Динаміка вологи, що виділяється із потом при використанні одягу:

а – з тканини, що проникна для вологи; *б* – гідрофобна оболонка:

- 1- тіло; 2 – виділення поту на шкірі; 3 – потік вологи від тіла; 4 – конденсат на тканині; 5 – вологопроникна тканина; 6 – потік вологи, що випаровується зовні;
 7 – непроникна оболонка; 8 – потік пари від конденсату, що випарувався

Якщо людина має одяг з гідрофільного матеріалу (рис.1 а), то з поверхні тіла пароподібна волога надходить до тканини та просочує її, після насичення волога частково випаровується в зовнішнє навколишнє середовище, що сприяє охолодженню тіла, частково випаровування іде у внутрішній простір між одягом і тілом, гальмуючи охолодження.

Важливу роль в процесі змочування та просочування вологи відіграють властивості тканини, такі як товщина і густина полотна, щільність розташування волокон, сорбційні показники матеріалу ниток та ін. Крім того, суттєвими є термодинамічні показники повітря ззовні та під одягом. Так при щільному розташуванні волокон, коли відстань між сусідніми є меншою за довжину вільного пробігу молекул газу, міграція складових газових сумішей підкоряється законам теплової ефузії (закони Кнудсена), а не законам гідравліки (закон Бернуллі). В такому випадку більш легка молекула водяної пари (молекулярна вага - 18) проскакує крізь шар матеріалу від сторони з меншою до сторони з більшою температурою скоріше, ніж молекули основних складових повітря (кисень – 32, азот – 28). При цьому концентрація водяної пари у просторі між тілом та одягом суттєво знижується.

В разі конденсації або іншим способом змочування внутрішньої сторони тканини, домінуючу роль відіграють капілярні сили. Вони сприяють просочуванню вологи на зовнішню сторону, де відбувається друга стадія випаровування до зовнішнього навколишнього повітря. Це також сприяє охолодженню тіла.

При утворенні суцільної водяної плівки на тканині газообмін зупиняється, притік вологи від тіла збільшується, охолодження гальмується.

Значним недоліком конструкції, наведеної на рис.1 а, є те, що інтенсивність процесів тепломасопереносу: випаровування, тепла ефузія, капілярний ефект - залежить від різниці температур, а не від абсолютних їх величин. Це означає що внаслідок високої теплопровідності шару тканини та малої швидкості випаровування зовнішня температура не може бути значно більшою ніж температура тіла.

Збільшення товщини шару тканини призводить до зменшення проникності пари або води, тому настає варіант переносу вологи, що зображений на рисунку 1б. Уся рідина, що випаровується, залишається у просторі між тілом та одягом. Волога, в основному, накопичується на тілі та частково на одязі. Ефект охолодження завдяки випаровуванню досить короткочасний, він проявляється тільки у початковий період роботи.

Динаміку теплових потоків, утворених випаровуванням поту, досить точно відображає рівняння (4). Розглянемо складові, що входять до нього.

Згідно з фізичною суттю, коефіцієнт теплоізоляції одягу може змінюватись у діапазоні 0,5-6 КЛО. Коефіцієнт теплообміну конвекцією h_C залежить від швидкості руху повітря, яка, в свою чергу, в умовах пожежі змінюється від 0 до 4 м/с та більше. Парціальний тиск водяної пари залежить від відносної вологості повітря, яка, будучи вираженою у процентах, є відношенням парціального тиску водяної пари, що міститься у повітрі, до парціального тиску насиченої водяної пари:

$$w = (P_n / P_{nn}) 100\% \quad (5)$$

Безпосередньо над поверхнею шкіри відносна вологість становить 100% при різних температурах повітря. Тоді з виразу (5) можна розрахувати розмір парціального тиску пари при різних значеннях вологості та температури (табл.1).

Таблиця 1

Парціальний тиск водяної пари залежно від температури повітря

Температура повітря, °C	Парціальний тиск водяної пари (P, кПа) при відносній вологості повітря, w, %				
	P _к	P _с			
		100	80	60	40
25	3,17	2,54	1,9	1,27	0,63
30	4,27	3,41	2,56	1,7	0,85
40	7,37	5,9	4,42	2,95	1,47
50	12,3	9,84	7,38	4,92	2,46
60	19,9	15,92	11,94	7,96	3,98
70	31,0	24,8	18,8	12,4	6,2

Виходячи з означених діапазонів даних було проведено розрахунки величин теплового потоку Φ_{EM} від тіла рятувальника до навколишнього середовища. На рис. 2 наведені результати розрахунків для граничних показників чинників при фіксованих значеннях коефіцієнтів теплоізоляції одягу і теплообміну конвекцією.

Аналіз наведених результатів розрахунку дав змогу отримати такі висновки. При постійних значеннях коефіцієнтів, основними чинниками, що визначають потужність теплового потоку Φ_{EM} , є температура повітря та перепад тиску водяної пари над шкірою та в навколишньому повітрі. Одночасне збільшення температури та збільшення різниці парціальних тисків призводить до посилення відтоку енергії від тіла рятувальника.

Якщо використовувати види спеціального одягу, що мають різні рівні теплообміну, то зі збільшенням величини коефіцієнта M , втрата тепла з піддежного простору зменшується (рис.3). При збільшенні M від 0,5 до 5 КЛО, величина теплових витрат скорочується в 2-3 рази. Тому, з точки зору охолодження рятувальників шляхом випаровування поту, суттєве посилення теплоізоляції одягу недоцільне.

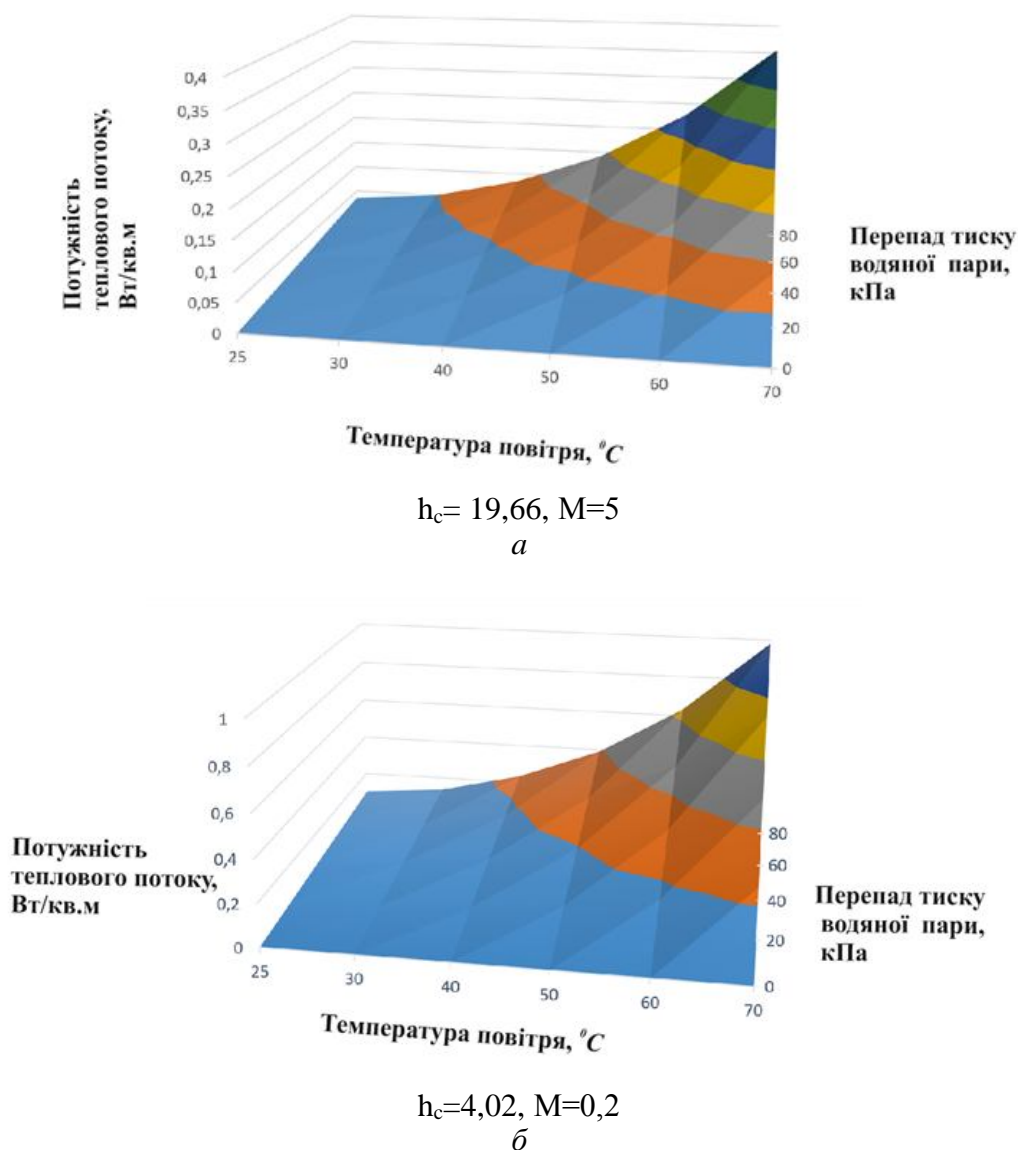


Рисунок 2 – Потужність теплового потоку ($Вт/м^2$) від поверхні шкіри до спеціального одягу в залежності від температури повітря ($^{\circ}C$) та різниці тиску водяної пари (кПа) понад шкірою та одягом, при коефіцієнтах теплообміну конвекцією h_c , $Вт/(м^2 \cdot K)$ та теплоізоляції одягу M , КЛО

Цей висновок підтверджено іншим видом аналізу. Проведено оцінку впливу показників конвективного теплообміну на втрату тепла рятувальником (рис. 4). Незважаючи на збільшення коефіцієнта теплообміну від 4 до 16 $Вт/(м^2 \cdot К)$, лише одяг з малим показником теплоізоляції (0,2 $КЛО$) забезпечує підвищення виносу енергії в три рази. Збільшення показника M до одного не призводить до суттєвого охолодження випаровуванням, а при рівні 8 $КЛО$ і більше, ефект охолодження майже нульовий. В той же час спеціальний одяг з низькими показниками теплоізоляції не забезпечує захисту від дії високих температур повітря та випромінювань. В цьому є конфлікт між необхідністю забезпечення відводу теплої вологи в навколишнє середовище, з одного боку, а з іншого не допускати ззовні теплових потоків від джерела горіння.

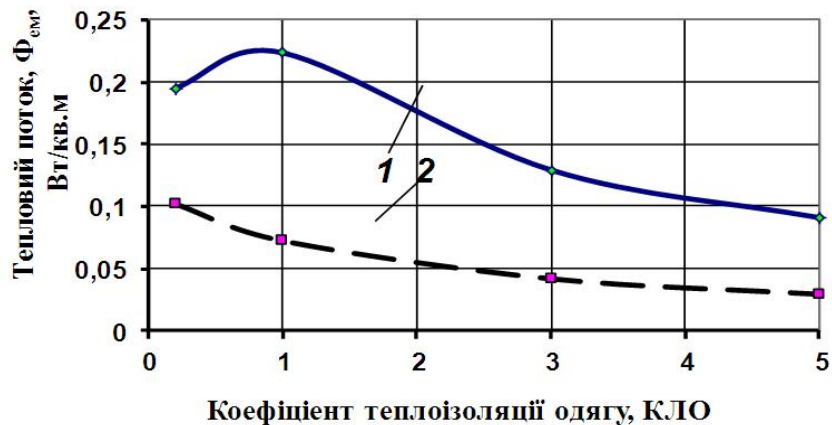


Рисунок 3 – Залежність теплового потоку від теплоізоляції одягу при відносній вологості $w=60, \%$, температурі $60^{\circ}C$ і коефіцієнті теплообміну конвекцією $h_c, Вт/(м^2 \cdot К)$: 1 - 4,02; 2 – 13,5

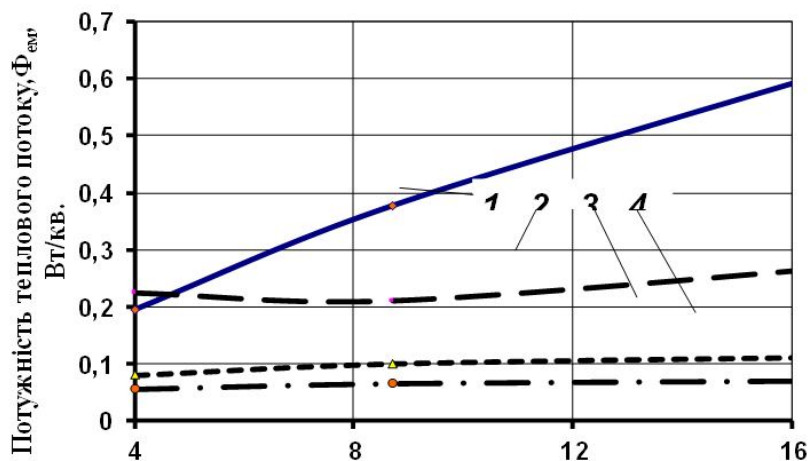


Рисунок 4 – Залежність теплового потоку від конвективного теплообміну при відносній вологості $w=60, \%$, температурі $50^{\circ}C$ і коефіцієнтах теплоізоляції одягу, $M, КЛО$: 1 – 0,2; 2 – 1; 3 – 3; ; 4 – 5

Суттєвий інтерес представляє вплив такого показника, як різниця парціальних тисків водяної пари, що безпосередньо пов'язано з відносною вологістю повітря в піддежному просторі, на величину потужності теплового потоку від поверхні шкіри рятувальника (рис.5).

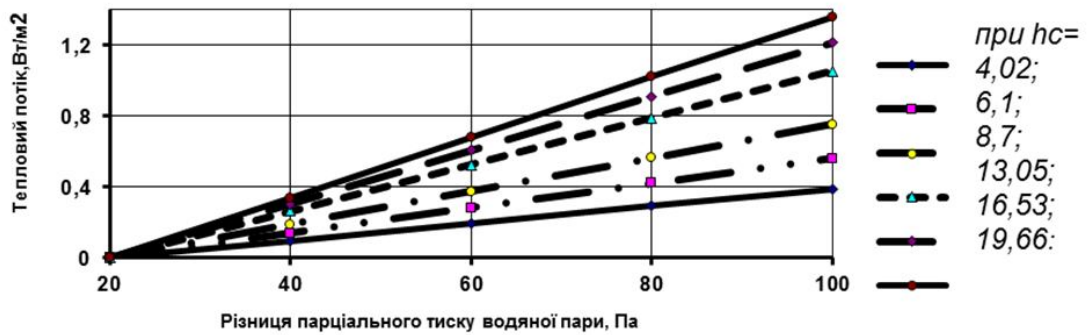


Рисунок 5 – Вплив параметрів пароповітряної суміші ($P_K - P_C$) на тепловий потік, створений випаровуванням поту при температурі 50°C

Відстежується чітка лінійна залежність від показників парціального тиску. Чим більший перепад між тиском над поверхнею шкіри та навколишнім повітрям, тим більше виноситься тепла з організму. Важливим чинником є показник, що характеризує конвективний теплообмін. Чим більшу величину має коефіцієнт h_c , тим інтенсивніша втрата тепла з організму.

Останні данні вказують на один з можливих шляхів забезпечення комфортних умов роботи рятувальників в складних теплових умовах. Якщо штучно забезпечити перепад парціальних тисків або, що еквівалентно, відносної вологості, тоді можна використовувати спеціальний одяг з посиленою теплоізоляцією, здатний витримувати вплив ззовні високих температур і випромінювання.

Відомі конструкції протитеплого одягу, в яких захист від перегрівання тіла здійснюють завдяки холоду, накопиченому в водокрижаних елементах (рис. 6а). При роботі в такому одязі волога, що випаровується, залишається в підкостюмному просторі, але знижена температура елементів, а та дотичних поверхонь, сприяє конденсації і зниженню концентрації водяної пари у повітрі. Після танення льоду та нагрівання води в елементах, конденсована волога знову випаровується, а парціальний тиск водяної пари збільшується. В цей період ефективність охолодження шляхом випаровування поту з поверхні шкіри людини різко погіршується.

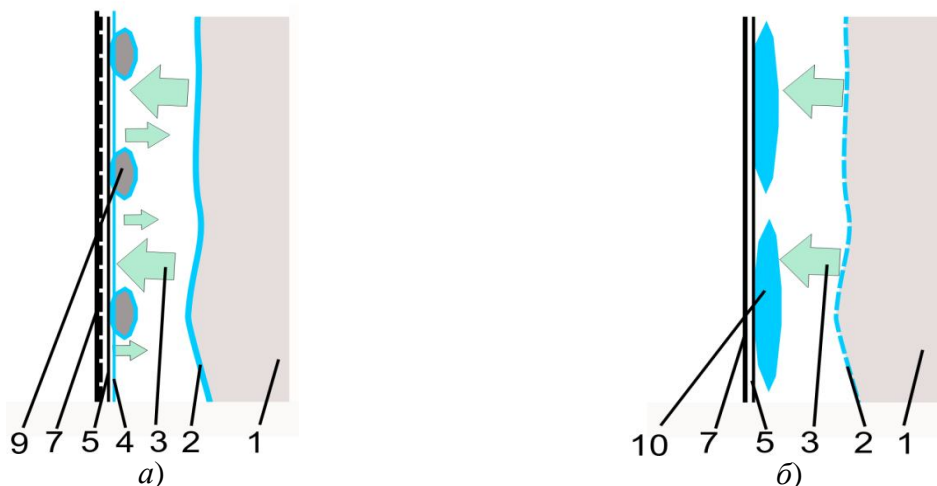


Рисунок 6 – Вплив на динаміку вологи додаткових елементів конструкції протитеплого одягу: а – з охолоджувальними елементами; б – з поглинаючими вологу вставками: 1-8 означення як на рис.1; 9 – охолоджувальний елемент; 10 – вставка до поглинання вологи

Радикальним рішенням є використання проточної схеми подавання охолоджувального реагенту [5], що уможливорює постійне винесення тепла з піддежного простору. Недоліком цього технічного рішення є необхідність мати джерело постійного подавання холодоагенту, яку в певних умовах забезпечити неможливо.

Прогресивною, на наш погляд, може бути конструкція протитеплого одягу в якому відбувається поглинання вологи шляхом її сорбції (рис.6б). В такому варіанті продукти випаровування поглинаються сорбуючим матеріалом, волога переходить в якісно новий стан, з якого зворотний перехід практично неможливий. Тривалість ефективної дії такої конструкції визначається сумарною сорбційною ємністю поглинальних вставок. Інтерес викликає можливість заміни використаних вставок на свіжі в ході ведення аварійно-рятувальних робіт. Це дає змогу зменшити вагу і габарити протитеплого одягу з одночасним збільшенням терміну її захисної дії.

Висновки. 1. Отримані результати дають змогу зробити пропозиції щодо шляхів удосконалення засобів захисту рятувальників від теплового ураження шляхом інтенсифікації випаровування поту з поверхні шкіри.

2. Для легких типів спеціального одягу, що мають низький рівень теплоізоляції ($M=0,2...1,0$ КЛО) доцільно забезпечувати підвищений рівень конвективного теплообміну з шляхом створення потоків повітря за допомогою вентиляторів, аераторів тощо. В такий спосіб можна здійснювати інтенсивне винесення енергії з поверхні одягу в навколишнє середовище. Амуніцію такого типу доцільно застосовувати при виконанні робіт в місцях з обмеженими випромінюваннями і температурою повітря, де рівень нагрівання поверхні верхнього шару спецодягу не перевищує $70..80^{\circ}C$.

3. В умовах високого рівня теплової радіації та температури повітря потрібен спецодяг з більшим ступенем теплоізоляції ($M>2$, КЛО), де винесення тепла у навколишній простір практично відсутнє, потрібні додаткові заходи інтенсифікації випаровування.

4. Ефективним способом посилення випаровування є охолодження піддежного простору завдяки встановленню водокрижаних елементів, що забезпечує конденсацію пари упродовж нагрівання елементів до температури тіла.

5. Використання проточної схеми подавання охолоджувального агента дає змогу постійно здійснювати винесення тепла з піддежного простору та стимулювати випаровування поту.

6. За відсутності джерел охолодження перспективним є встановлення між тілом і одягом вставок з сорбуючою речовиною. Зміна фізико-хімічного стану вологи з газоподібного до сорбованого забезпечує постійний відтік пари від тіла рятувальника з одночасним його охолодженням.

Список літератури:

1. Клименко Ю. В. Воздействие лучистого потока на человека при тушении подземного пожара / Ю.В. Клименко, И.Ф. Марийчук // Научный вестник НГА Украины.- Дніпропетровськ, 2002.- №1.- С.46-49.

2. Онасенко А.А., Комплексный показатель шахтного микроклимата – Термоиндекс / А.А. Онасенко, Ю.В. Клименко Ю.В., В.В. Карпекин // 10-я Пленарная сессия международного бюро по Горной теплофизике «18 МТ2005» – Гливице (Польша): Силезский Политехнический институт, 2005. – С. 455 – 459.

3. Онасенко А.А. Теоретические основы тепломассопереноса в газозащитном костюме с водоледяной системой охлаждения // Проблемы экологии: Сб. науч. тр. ДонНТУ. – Донецк, 2005. – № 6. – С. 67 – 77.

4. 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.

5. 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.

References:

1. Yu.V. Klimenko, I.F. Mariychuk (2002). *Vozdeystvie luchistogo potoka na cheloveka pri tushenii podzemnogo pozhara [Impact of the radiant flux per person during suppression underground fire]*. Dnepropetrovsk: Scientific Journal NGA Ukraine. Pp.46-49. (in Russ.)

2. A.A. Onasenko, Yu.V. Klimenko Yu.V., V.V. Karpekin (2005). *Kompleksnyiy pokazatel shahtnogo mikroklimata – Termoindeks [Complex component of mine microclimate – Thermalindex]*. Gliwice (Poland): Silesian Polytechnic Institute: The 10th Plenary Session of the International Bureau of Mines thermal physics «18 MT2005». Pp. 455 – 459. (in Russ.)

3. A.A. Onasenko (2005). *Teoreticheskie osnovyi teplomassoperenosa v gazozaschitnom kostyume s vodoledyanoy sistemoy ohlazhdeniya [Theoretical basis of heat and mass transfer in gas protection suit with icewater cooling system]* Donetsk: Ecological problems: Collection of scientific works of DonNTU no 6. Pp. 67 – 77. (in Russ.)

4. P.S. Voronov (2008). *Obosnovanie parametrov i sozdanie kompleksa protivoteplovoy zaschityi gornospasateley s ispolzovaniem szhatogo vozduha: dissertatsiya kandidata nauk [Justification of parameters and creation of complex heating protect rescuers using compressed air: candidates of sciences dissertation]* Makeyevka: MakNII.– 176 p. (in Russ.)

5. V.K. Kostenko, O.L. Zav`yalova, H.V. Zav`yalov, T.V. Kostenko, V.M. Pokalyuk (2016) *Teplozakhysnyy kostyum [Termoprotecy suit]*. Patent for useful model no 109668 Ukraine, МПК А62В17/00, А41D13/00.– No u2016 03119; stated 25.03.2016; published 25.08.2016, Bul. №16.

