

УДК 614.8

ЗАХИСТ ОБЛИЧЧЯ РЯТУВАЛЬНИКА ВІД ДІЇ ІНТЕНСИВНОГО ТЕПЛОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Т.В. Костенко, канд.техн.наук

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 05.05.2018

Пройшла рецензування: 25.06.2018

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

теплова травма, рятувальник, інтенсивне теплове випромінювання, захист обличчя

АНОТАЦІЯ

В статті представлено пропозиції щодо створення пристрою для захисту обличчя від інтенсивного теплового випромінювання під час ліквідації пожеж. За допомогою лабораторної установки було встановлено, що захисні властивості скла дозволяють знизити величину теплового потоку, що діє на обличчя рятувальника, майже на 60%, але залишкова енергія може призвести до теплової травми. Наявність водяної плівки товщиною 200 мкм і більше дозволяє практично всю теплову енергію переспрямувати у водяний потік, що дозволить за допомогою запропонованої конструкції захистити обличчя рятувальника.

Постановка проблеми. Під час виконання аварійно-рятувальних робіт з ліквідації пожеж 12% травм рятувальники отримують внаслідок дії високих температур, інфрачервоного випромінювання від джерела горіння (опіки, теплові удари тощо) [1]. На підставі математичної моделі було виявлено температурні розподіли по поверхнях захисного спорядження та тіла рятувальника під час горіння резервуару з нафтопродуктами [2]. Встановлено, що найбільш нагрітою частиною тіла рятувальника є зона передньої частини голови під шоломом, ключиці, яка відповідає за терморегуляцію організму, та передня частина стоп. Для захисту організму рятувальники використовують теплозахисні та тепловідбивні костюми, та найбільш незахищеним залишається обличчя.

На сьогоднішній день на оснащенні рятувальних підрозділів є захисні каски, корпус яких виготовляють, в основному, з легких і міцних композитних матеріалів. Внутрішня оснастка дозволяє касці щільно прилягати до голови, пелерина для захисту шиї, гортані і потилиці пожежника, буває знімною і стаціонарною. Щиток для захисту обличчя виконують з прозорого полімерного матеріалу або вогнестійкого скла. Зовнішні променисті й конвективні теплові потоки, взаємодіючи з прозорим матеріалом щитка, частково відбиваються ним, а частково поглинаються, що призводить до нагріву матеріалу щитка, а певна ослаблена частина теплового випромінювання проходить крізь щиток і діє на обличчя рятувальника.

При дії інтенсивних променистих теплових потоків каска недостатньо запобігає нагріву обличчя рятувальника через те, що величина теплового потоку, яка проникає крізь захисний

щиток, може перевищувати фізіологічно допустимі норми, що заважає ефективному веденню аварійно-рятувальних робіт та створює небезпеку теплової травми рятувальника.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питання підвищення безпеки рятувальників та ефективності захисної дії каски пожежників є досить актуальним. На підставі комплексних досліджень впливу динамічного навантаження, параметрів товщини панелі та радіуса кривизни на напружено-деформований стан лицьового щитка запропоновано шляхи модернізації каски пожежника та способи її конструктивного зміцнення [3, 4].

В іншій роботі проаналізовано важливість підвищення захисних якостей забрала каски від теплової дії та запропоновано метод розв'язання стаціонарної задачі теплопровідності багатопарового захисного забрала каски при впливі температурних полів [5].

Питання моделювання теплового впливу на шолом рятувальника розглянуті в роботі [6], а саме були розроблені дві моделі теплопередачі. Одна модель базується на основі постійного падаючого теплового потоку на зовнішню поверхню оболонки шолома. Друга модель відображає експериментальні променисті умови теплопередачі.

Для умов ведення аварійно-рятувальних робіт з ліквідації пожеж запропоновано охолоджуючий пристрій теплозахисного костюму [7]. При використанні теплозахисного костюму з тепловідбивним покриттям огляд обстановки рятувальник здійснює крізь захисне прозоре вікно-щиток. Інших засобів захисту обличчя рятувальника при використанні даного технічного рішення не передбачено. Але запропонований охолоджуючий пристрій в період ліквідації пожежі недостатньо запобігає

**E-mail: tatiana.kostenko@gmail.com*

нагріву обличчя рятувальника через те, що воно закрито тільки захисним вікном-щитком, а величина проникаючого крізь щиток теплового потоку може перевищувати фізіологічно допустимі норми, що заважає ефективному веденню аварійно-рятувальних робіт та створює небезпеку теплової травми рятувальника.

Мета роботи полягає в розробці пропозицій для створення захисного пристрою для обличчя рятувальника від дії інтенсивного теплового випромінювання під час ліквідації аварійно-рятувальних робіт.

Виклад матеріалу. Для запобігання перегріву обличчя рятувальника від впливу інтенсивних теплових потоків в період ліквідації пожежі запропоновано захисний пристрій [8]. Конструкція пристрою передбачає, що в теплозахисному костюмі з охолоджуючим пристроєм захисний щиток виконано з двох паралельно встановлених вікон з прозорого матеріалу, по периметру вікон зазор між їх внутрішніми поверхнями герметизований з утворенням проміжку між вікнами, при цьому відстань між суміжними поверхнями вікон не менш 200 мкм, трубки з холодоагентом підведені до верхньої частини проміжку, а розприскувачі встановлено в нижній (рис.1).

При подаванні води в проміжок між шарами прозорого матеріалу в щитку утворюється важко проникна для інфрачервоних променів перешкода у вигляді водяного прошарку. Це забезпечує зниження теплового потоку до обличчя рятувальника в декілька разів до рівня, що не перевищує допустимі фізіологічні норми. Переважаюча частина діючої на щиток променистої та конвекційної енергії

затримується в водяному прошарку і спрямовується на нагрів води. З проміжку рідина викидається через розприскувачі на поверхню костюму, що запобігає нагріву зовнішньої оболонки костюму вище від температури кипіння води, тобто 100°C. Потік води в проміжку між вікнами щитка дозволяє переспрямувати теплову енергію від обличчя рятувальника в зовнішнє середовище.

Працює пристрій для захисту обличчя рятувальника від дії тепла наступним чином. Струмені води 5 подають з рукавної лінії за допомогою гнучких трубок 4 до верхньої частини розміщеної між виконаними з прозорого матеріалу вікнами 1, проміжку 2, заповнюючи його повністю. Вода, що надходить до проміжку 2 за рахунок зовнішнього напору, витискається крізь розприскувачі 6, утворюючи струмені 7. Струмені 7 спрямовані на зрошення поверхні теплозахисного одягу рятувальника, як передбачено в найближчому аналозі. Вода у проміжку 2 утворює важко проникну для інфрачервоних теплових променів плівку. Відбувається перерозподіл діючої на обличчя рятувальника теплової енергії, основна частина якої витрачається на нагрів води, яка виноситься у вигляді факелів 7 із пристрою крізь розприскувачі 6. Рівень теплового потоку, що надходить до обличчя рятувальника, знижується в кілька разів до рівня, що не перевищує фізіологічно допустимих норм. Однак, промені видимого спектру плівка не затримує, і рятувальник крізь вікно має можливість без перешкод оглядати зовнішню обстановку на аварійному об'єкті.

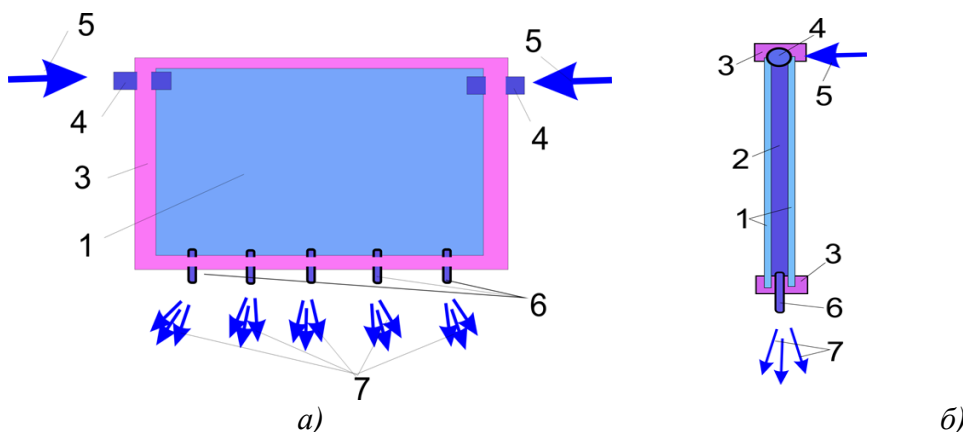


Рисунок 1 – Конструкція пристрою захисту обличчя рятувальника від дії тепла (а – загальний вид пристрою, б - поперечний розріз пристрою): 1 – вікна з прозорого матеріалу, 2 – проміжок між вікнами, 3 – герметичне з'єднання, 4 – трубки, 5 – струмінь води на вході в пристрій, 6 – розприскувачі, 7 – струмінь води на виході з пристрою

В лабораторних умовах було виконано перевірку ефективності дії пристрою для

захисту обличчя рятувальника від дії теплового потоку. Лабораторна установка (рис. 2)

складалась з електронагрівального джерела теплової енергії 1, яке генерувало потік інфрачервоних променів 2, що поступав до скла 3 товщиною 4 мм. На скло вільно подавалась вода із джерела 4, утворюючи на ньому плівку 5. Інфрачервоні промені 6, що проникали крізь

скло 3 та плівку води 5, реєстрували за допомогою приладу 7 типу ВТП (вимірювач теплового потоку). Відстань від джерела 1 до скла 3 складала 13 см, від поверхні плівки 5 до приладу 7 була 5 см.

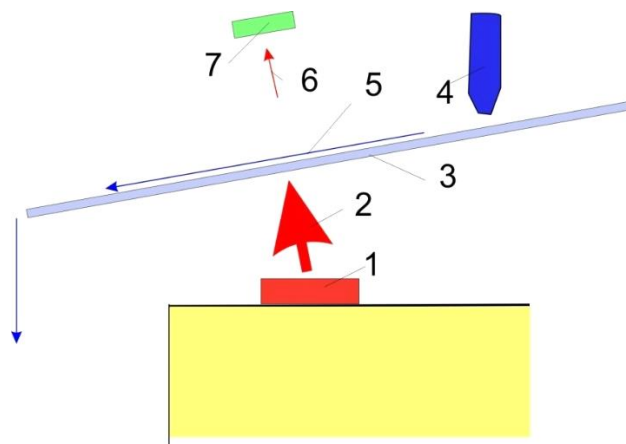


Рисунок 2 – Схема експериментальної установки для оцінки зниження теплового потоку плівкою води
1 – джерело теплової енергії, 2 – потік інфрачервоних променів, 3 – скло, 4 – джерело подавання води, 5 – плівка води, 6 – потік інфрачервоних променів після проходження водяної плівки, 7 – вимірювач теплового потоку.

Випробування проводили наступним чином. Після включення та розігріву джерела 1 вимірювали і реєстрували потік ІЧ-променів, що поступав до приладу 7. Після цього встановлювали сухе скло 3 і знову реєстрували

показання приладу 7. В подальшому подавали на скло 3 воду з джерела 4 та проводили вимірювання. Проводили два цикли вимірювань при товщині плівки 5 розміром 100 та 200 мкм. Результати вимірювань зведені в таблицю 1.

Таблиця 1 – Результати експериментів з вимірювання теплового потоку

Шлях ІЧ-потіку	Показання приладу ВТП, Вт	Зниження величини потоку, %
Джерело – прилад	1,24	0
Джерело – скло – прилад	0,50	59,7
Джерело – скло – водяна плівка 100 мкм – прилад	0,18	85,5
Джерело – скло – водяна плівка 200 мкм – прилад	На межі чутливості приладу (0,01..0,02)	98...99

Висновки. В статті запропоновано захисний пристрій для запобігання перегріву обличчя рятувальника в період ліквідації пожежі. Конструкція пристрою передбачає, що в теплозахисному костюмі з охолоджуючим пристроєм захисний щиток виконано з двох паралельно встановлених вікон з прозорого матеріалу. Для зниження теплового потоку, що поступає до обличчя рятувальника, в проміжок між вікнами подаватиметься вода. При подаванні води між шарами прозорого матеріалу в щитку утворюється важко проникна для інфрачервоних променів перешкода у вигляді водяного прошарку. Переважаюча частина діючої на щиток променистої та

конвекційної енергії затримується в водяному прошарку і спрямовується на нагрів води. З проміжку рідина викидається через розприскувачі на поверхню костюму, що запобігає нагріву зовнішньої оболонки костюму. Потік води в проміжку між вікнами щитка дозволяє переспрямувати теплову енергію від обличчя рятувальника в зовнішнє середовище.

Перевірку ефективності дії пристрою для захисту обличчя рятувальника від дії теплового потоку було виконано за допомогою лабораторної установки. Результати випробувань показали, що захисні властивості скла дозволяють знизити величину теплового

поток, що діє на обличчя рятувальника, майже на 60%, більше ніж вдвічі, але залишкова енергія може призвести до теплової травми очей або шкіри. Наявність водяної плівки товщиною 200 мкм і більше дозволяє практично усю теплову

енергію переспрямувати у водяний потік. Тим самим забезпечується досягнення поставленого завдання по захисту обличчя рятувальника від негативної дії теплового враження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Automatization of individual anti-thermal protection of rescuers in the initial period of fire suppression / V.Kostenko, T.Kostenko, O.Zemlianskiy, A.Maiboroda, S.Kutsenko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No.5/10 (89), 2017. P.4-11.
2. Поздєєв С.В. Моделювання зовнішнього теплового навантаження на пожежника-рятувальника при пожежі в резервуарі з нафтопродуктами / С.В. Поздєєв, Т.В. Костенко, В.К. Костенко, О.Л. Зав'ялова // *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. – 2017. – Вип. 1(3). – С.48-56.
3. Беликов А. С. Комплексные исследования влияния динамической нагрузки, параметров толщины панели и радиуса кривизны на НДС лицевого щитка пожарного шлема / А.С. Беликов, О.А. Сабитова, Н.В. Долгополова, Е.В. Рабич // *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Безопасность жизнедеятельности*. - 2015. - Вып. 83. - С. 23-29.
4. Беликов А. С. Моделирование динамики взаимодействия части элемента стройконструкции с защитной панелью остекления забрала / А.С. Беликов, О.А. Сабитова, В.А. Шоломов, С.П. Кордунов // *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Безопасность жизнедеятельности*. - 2015. - Вып. 84. - С. 28-33.
5. Рагімов С.Ю. Розробка методу розрахунку параметрів теплового стану елементів захисного шолому рятувальника / С.Ю. Рагімов, Ю.М. Сенчихін, Н.В. Долгополова // *Збірка наукових праць: Проблеми надзвичайних ситуацій*. - 2017. - Вип. 25. - С. 94-99.
6. Barnett David L., Evaluation of fire-fighting helmet surface technology for high radiant heat applications [Електронний ресурс]: University of Kentucky Master's Theses. – 2003. Paper 305. – 102 p. – Режим доступу: http://uknowledge.uky.edu/gradschool_theses/305.
7. Костенко Т.В. Охлаждающий пристрій теплозахисного костюму пожежника-рятувальника / Т.В. Костенко, О.М. Нуязін, А.А. Нестеренко, А.О. Майборода // *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. – 2017. – Вип. 2(4). – С.80-84.
8. Патент на корисну модель № 125065 Україна, МПК (2018.01), А42В 3/18 (2006.01), А62В17/00, А41D13/00. Пристрій для захисту обличчя рятувальника від дії тепла / Т.В.Костенко, В.К. Костенко, А.Г. Виноградов, О.Л. Зав'ялова; заявник і власник Т.В. Костенко. – № u2017 12363; заявл. 13.12.2017; опубл. 25.04.2018, Бюл. №8.

RESCUERS FACE PROTECTION FROM THE INTENSIVE HEAT RADIATION

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

Donetsk National Technical University

KEYWORDS

thermal injury, rescuer, intense heat radiation, face protection

ANNOTATION

The article presents proposals for creating a device to protect a face from intense heat radiation during fire extinguishing. Using a laboratory facility, it was found that the protective properties of glass can reduce the amount of heat flow acting on the face of the rescuer by almost 60%, but the residual energy can lead to heat injury. The presence of a water film with a thickness of 200 μm or more allows almost all the thermal energy to be redirected into the water stream, which will protect the rescuer's face

ЗАЩИТА ЛИЦА СПАСАТЕЛЯ ОТ ДЕЙСТВИЯ ИНТЕНСИВНОГО ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Т.В. Костенко, канд.техн.наук

Донецкий национальный технический университет

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

тепловая травма, спасатель, интенсивное тепловое излучение, защита лица

АННОТАЦИЯ

В статье представлены предложения по созданию устройства для защиты лица от интенсивного теплового излучения при ликвидации пожаров. С помощью лабораторной установки было установлено, что защитные свойства стекла позволяют снизить величину теплового потока, действующего на лицо спасателя, почти на 60%, но остаточная энергия может привести к тепловой травме. Наличие водяной пленки толщиной 200 мкм и более позволяет практически всю тепловую энергию перенаправить в водяной поток, который позволит защитить лицо спасателя.