

А.С. Лин, канд. техн. наук¹, А.А. Мичко, докт. техн. наук, професор², канд. техн. наук³ Б.В. Штайн, А.М. Бормецький¹ (¹ Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, ² Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля)

ОБГРУНТУВАННЯ РОЗМІЩЕННЯ КОНТРОЛЬНИХ ТОЧОК ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПІДКОСТЮМНОГО ПРОСТОРУ НА МАНЕКЕНІ

В статті наведено вплив інфрачервоного випромінювання на організм людини. Для вивчення впливу інфрачервоного випромінювання на підкостюмний простір обгрунтовано та вибрано 11 контрольних точок на поверхні манекена, в які були влаштовані термоопори з діапазоном вимірювання температури від 0 до 500°C. Місця розташування термоопорів на манекені збігаються з оптимальними температурними зонами організму з точки зору фізіології людини.

Ключові слова: інфрачервоне випромінювання, високотемпературне джерело, термозахисні властивості.

Вступ. При проведенні аналізу умов праці пожежників було зазначено, що до основних НФП при гасінні пожежі належить теплове випромінювання, конвективне та контактне тепло, які є складовими частинами відкритого полум'я, серед названих небезпечних факторів, найбільш небезпечним є теплове випромінювання. Так характер його впливу на організм людини значною мірою визначається довжиною хвилі.

Короткохвильове інфрачервоне випромінювання здатне проникати у тканини тіла на 2-3 см, у той час як довгохвильове практично повністю поглинається епідермісом шкіри. Найглибше проникає інфрачервоне випромінювання з довжиною хвилі 0,76-0,85 мкм. У міру збільшення довжини хвилі проникна здатність інфрачервоного випромінювання знижується і починаючи з довжини хвилі 2,4 мкм воно повністю затримується шкірою.

Мета роботи. Обгрунтування місця розташування термометрів на манекені по відношенню до оптимальних температурних зон організму з точки зору фізіології людини.

Основна частина. Механізм теплової дії інфрачервоного випромінювання на організм людини полягає в тому, що енергія інфрачервоного випромінювання, яке глибоко проникає у тканини, перетворюється здебільшого на теплову енергію. При цьому в тканинах відбуваються фотохімічні реакції, нагромаджуються специфічні високоактивні речовини, зокрема гістаміни, які потрапляють у кров. У крові збільшується вміст загального і залишкового азоту, поліпептидів та амінокислот. Припускають, що інфрачервоне випромінювання, проникаючи у клітину, може впливати на резонуючі клітинні субстанції, спричинюючи розпад білкової молекули. Продукти розпаду, що надійшли у кров'яне русло, тривалий час діють на різні органи і системи безпосередньо або через нервову систему.

Таким чином, рівень фізіологічних змін в організмі під впливом інфрачервоного випромінювання залежить від його інтенсивності, спектрального складу, площі та ділянки опромінювання, тривалості дії, ступеня фізичного напруження, а також факторів виробничого мікроклімату: температури, вологості та швидкості руху навколишнього повітря.

Під впливом інфрачервоного випромінювання поряд з підвищенням температури поверхні тіла, що опромінюється, за певних умов (тривалого опромінювання значної площі) може спостерігатись підвищення температури шкіри і на віддалених ділянках. Підвищення температури шкіри до 40 – 45 °C є межею перенесення інфрачервоного випромінювання.

Тяжкі форми гіпертермії (тепловий удар) розвиваються за особливо несприятливих умов роботи при поєднанні метеорологічних умов, що негативно впливають на організм, з важкою фізичною працею та при інших шкідливих факторах виробничого середовища.

Таким чином стає очевидно, що вплив теплового випромінювання на організм людини, професія якої пов'язана з роботою у зоні високотемпературних джерел слід віднести до небезпечних. Що стосується конвективного тепла, то його вплив на організм слід віднести до менш небезпечних в порівнянні з тепловим випромінюванням. Але коли в процесі горіння, конвективне тепло і теплове випромінювання виділяється одночасно, то необхідність дослідження їх впливу на захисні властивості спеціального одягу є актуальними.

Тому для контролю захисних властивостей одягу пожежника необхідно насамперед використовувати манекени в полігонних умовах. Критерієм оцінки при цьому є температура підкостюмного простору, яка не повинна перевищувати +50 °С. Значення температури на поверхні костюма теж постійно контролюється за своєю абсолютною величиною в часі. Таким чином збільшення температури на поверхні одягу і підкостюмному просторі, яка нормалізується, несуть інформацію про захисну ефективність ЗІЗ в часі.

Як раніше було зазначено, для коректного вивчення захисних властивостей ЗІЗ пожежників слід використовувати манекени, але в реальних умовах дослідження, тобто на полігоні перед відкритим полум'ям.

Манекен як лабораторне устаткування використовується вченими різних держав уже давно і пристосований як правило для контролю захисних властивостей спеціального одягу різного функціонального призначення (кислотозахисний, термозахисний, газозахисний та інші). В зв'язку з цим, манекен оснащується різними приладами, датчиками, термопарами, індикаторним одягом тощо, для контролю моменту проникнення агресивних середовищ різної природи. Так, наприклад, в роботі [1] показано, що для дослідження термозахисних властивостей ЗІЗ пожежників рекомендується вибрати 11 контрольних точок, які розміщені на поверхні манекену у таких ділянках як: грудина, живіт, поперек, спина та інші. А що стосується манекена розробленого у Німеччині, то на його поверхні розміщено біля 120 контрольних точок.

Якщо проаналізувати манекени, що використовуються різними державами, то можна зробити висновок, що створити манекен багатофункціонального призначення утруднюються насамперед відсутністю матеріалу, який би був стійким до агресивних середовищ, високих та низьких температур, хімічних реагентів різної природи тощо. Також неможливо захистити контролюючі датчики від впливу наприклад, високих температур коли проводять дослідження з газоподібними агресивними рідинами і таке інше. Окрім цього місця розміщення контролюючих приладів, термопар та датчиків на поверхні манекену повинні бути обґрунтованими.

Відомо, що температура тіла людини коливається в порівняно вузьких межах, тому інформація про температуру навколишнього середовища, необхідна для діяльності механізмів терморегуляції, має особливо важливе значення.

Постійна температура забезпечується перебігом метаболічних реакцій та однією з умов оптимуму протікання біохімічних реакцій. Відповідно до правила Ван-Гоффа інтенсивність енергетичних реакцій має прямо пропорційну залежність від температури: при підвищенні температури на 10 °С швидкість обмінних реакцій збільшується в 2-4 рази. Однак при температурі понад 43 °С у людини спостерігається інактивація ферментів, часткова денатурація білка. Це обумовлює верхню межу можливої температури існування.

Температури оболонки тіла і його ядра не збігаються. Так, у людини температура різних ділянок шкіри неоднакова, а саме від 28 °С кінцівок до 34 °С голови (рис.1). Середня температура тіла – це усереднення відповідних середніх значень температури шкіри і внутрішньої температури з урахуванням вагових коефіцієнтів. Температура ядра в більшості незалежить від маси тіла, і лежить у межах від 36 °С до 39 °С, у людини вона становить 37,5 °С. Однак спостерігаються періодичні коливання температури в межах 1°С.

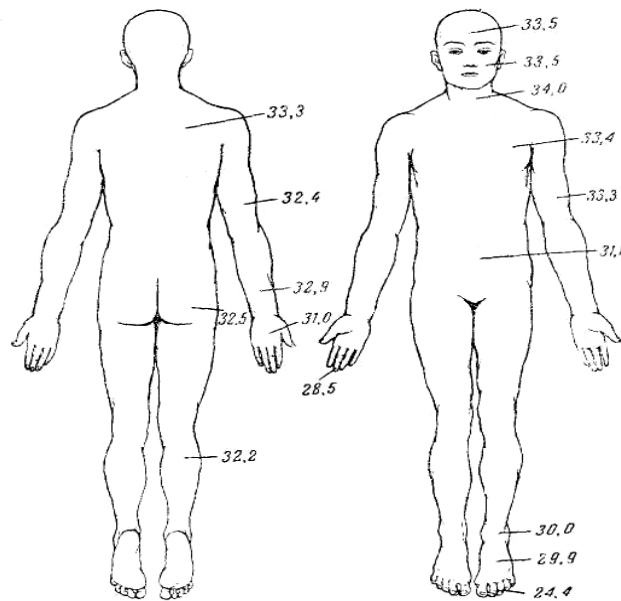


Рис. 1. Топографія температури тіла у людини.

Говорячи про сталість температури тіла, необхідно розуміти, що йдеться про температуру його ядра. Температура різних ділянок шкіри може значно відрізнитись не тільки від температури ядра, а й між собою.

Ці ділянки тіла певною мірою репрезентують його внутрішню температуру внаслідок легко доступності та незначних змін просторової температури. Сталість температури тіла підтримується завдяки динамічному стану термогенезу (теплоутворення) і тепловіддачі в організмі. Теплоутворення в організмі відбувається в результаті екзотермічних реакцій, що постійно протікають у всіх його клітинах, але з різною інтенсивністю. Це – хімічні процеси. Термогенез може відбуватися внаслідок його безпосереднього (первинного) утворення та супутнього (вторинного) виділення завдяки різним процесам життєдіяльності. Тепло утворюється в усіх органах і тканинах, але в різних співвідношеннях. Тепловіддача в організмі (фізичні процеси) здійснюється шляхом радіації (60 %), випаровування (перспірація поту із легень – 22 %) і теплопередачі (теплопроведення шляхом конвекції – 15 % і контакту – 3 %). Конвекція може бути природна (ламінальний перенос тепла) і форсована (значно посилює інтенсивність тепловіддачі). Коливання температури тіла внаслідок зовнішніх змін температури більш суттєве на поверхні тіла та кінцівках. Тобто спрощено можна виділити поверхневий шар і внутрішній шар. Залежно від вологості, температури й інших факторів співвідношення шляхів тепловіддачі може змінюватись. Наприклад, при підвищенні температури довкілля до 37 °С і вище, тепловіддача здійснюється переважно внаслідок випаровування.

Однак при підвищенні температури понад 41 °С порушуються процеси терморегуляції, інактивуються ферменти, змінюється проникність мембран, то може призвести до летального кінця. Таким чином, проведений аналіз показує, що при проведенні робіт пожежниками-рятувальниками в екстремальних умовах, високотемпературне джерело (об'єкт, що горить) негативно впливає на людський організм, захист якого необхідний.

Для цього нами були обґрунтовані контрольні точки на поверхні манекену в які були вмонтовані термоопори з діапазоном вимірювання температури від 0 °С до 500 °С (табл.1).

Вказані термоопорні точки зору фізіології людини, розташовані на манекені в оптимальних температурних зонах. Для отримання результатів дослідження, кожний термоопір підключений до вимірювального приладу типу РТ 0102, а останні виведені на персональний комп'ютер (ПК).

Місця розташування датчиків на манекені

№ датчиків										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Місце розташування датчиків										
Чоло	Грудина	Живіт	Поперек	Спина	Передпліччя	Плече	Бедро	Гомілка	Стопа	Кисть

Примітка: термоопори 1, 10, 11 – для тепловідбивних костюмів.

Це дає змогу постійно фіксувати зміну температури у зазначених контрольних точках на манекені та обробляти результати досліджень у вигляді графічної залежності «температура-час».

Після підготовки манекену до проведення експериментів (встановлення манекену на рухому платформу, закріплення термоопорів та їх підключення до вимірювальних приладів), на нього одягають спеціальний костюм взятий для дослідження. Для вимірювання величини температурного поля, яке буде діяти на об'єкт дослідження, на куртку в передній частині (зона грудей і живота), а також штанів (зона колін), закріплюються термопари з діапазоном вимірювання від 0 °С до 1300 °С і також підключаються до вимірювальних приладів типу РТ 0102. Таким чином, очевидно, що контрольні-вимірювальні прилади змонтовані на манекені та костюмі виконують різні завдання. В першому випадку вони призначені для відслідкування моменту досягнення критичної температури (50 °С) в підкостюмному просторі, а в другому – при якій температурі джерела впливу цей момент настає. Необхідно зазначити, що при цьому час впливу небезпечного фактора дуже важливий.

Висновки

1. Аналіз літературних джерел показав, що процес впливу теплового випромінювання, конвективне та контактне тепло перетворюються на теплову енергію, яка приводить до перегрівання організму, порушення водно-електролітного обміну та інших захворювань.

2. З врахуванням результатів аналізу літературних джерел, рекомендується на першому етапі використовувати манекен, екіпірований спеціальним одягом. Для постійного контролю зміни величини температури в підкостюмному просторі та на поверхні виробу використовуються спеціальні датчики та термопари.

3. Доведено, що серед небезпечних травмуючих факторів найбільший вплив на організм людини здійснює теплове випромінювання, яке може збільшувати температуру тіла на внутрішньоклітинному рівні до +50 °С і більше, що є небезпечним.

4. Для визначення температури підкостюмного простору на манекені рекомендовано розміщення датчиків РТ-0102 з діапазоном вимірювання до 500 °С в одинадцяти точках (нога, груди, живіт, поперек, спина, передпліччя, плече, бедро, гомілка, спина, кисть), а для визначення температури на поверхні спеціального одягу – термопари ТХА-1007, робочий діапазон яких до 1400 °С, які розміщуються по висоті в передній його частині та зі сторони спини.

Література:

1. **Нормы пожарной безопасности.** Специальная защитная одежда пожарных от повышенных тепловых воздействий. Общие технические требования. Методика испытаний : НПБ-161:97. – М. : ГУГПС и ВНИИПО МВД России, 1998. – 52 с.

2. **Быков К.М.** Учебник физиологии/Быков К.М., Г.Е. Владимиров., В.Е. Делов., 1955. – с. 428.

3. **Одяг пожежника захисний.** Загальні технічні вимоги та методи випробувань: ДСТУ 4366:2005 [Чинний від 2005- 01-07]. – К.: Держспоживстандарт Ук-раїни, 2005. – 35 с. – (Національний стандарт України).

4. **Романенко М.П.** Теплопередача в пожарном деле / Романенко М. П., Вубырь Н.Ф., Башкирцев М. П., 1969. – 424 с.

ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДКОСТЮМНОГО ПРОСТРАНСТВА НА МАНИКЕНЕ

В статье приведено влияние инфракрасного излучения на организм человека. Для изучения влияния инфракрасного излучения на подкостюмное пространство обосновано и выбрано 11 контрольных точек на поверхности манекена, в которые были устроены термосопротивления с диапазоном измерения температуры от 0 до 500°C. Местоположения термосопротивлений на манекене совпадают с оптимальными температурными зонами организма с точки зрения физиологии человека.

Ключевые слова: инфракрасное излучение, высокотемпературный источник, термозащитные свойства.

A. Lyn, A. Mychko, B. Shtain, A. Bormetsky

SUBSTANTIATION OF CHECKPOINTS LOCATION FOR DETERMINING TEMPERATURE OF SPACE UNDER SUIT ON A DUMMY

The article outlines influence of infrared radiation on human body. To determine influence of infrared radiation on the space under suit 11 checkpoints on the surface were chosen, in which heat-variable resistors with the range of temperature measurement from 0 to 500°C were mounted. The locations of heat-variable resistors on the dummies coincide with optimum temperature zones of human body considered from the viewpoint of physiology.

Keywords: infrared radiation, high-temperature source, thermal protective properties.

