

*Вол. В. Ковалишин, М.М. Семерак, д-р техн. наук, професор,  
В.В. Ковалишин, д-р техн. наук, доцент  
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

### **ПЕРСОНАЛЬНИЙ СИГНАЛІЗАТОР НЕБЕЗПЕЧНОГО РІВНЯ ГУСТИНИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ ДЛЯ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ ПОЖЕЖНИКІВ**

На основі законів теплового випромінювання створений індивідуальний сигналізатор небезпечної рівня теплового потоку для вимірювання теплового потоку та оповіщення про досягнення його граничних значень на поверхні захисного одягу пожежника в умовах пожежі. Для кожного типу захисного одягу передбачено два режими роботи приладу «небезпечно», «покинути зону», що підвищує безпеку роботи пожежника. Досліджено технічні характеристики СПТ-02.

**Ключові слова:** пожежа, захисний одяг пожежників, сигналізатор рівня теплового потоку

**Постановка задачі.** Термічні ураження є однією з основних причин загибелі та травмування пожежників на пожежах. Дуже часто на пожежах виходить з ладу захисний одяг пожежників внаслідок небезпечної рівня густини теплового потоку, який перевищує можливості одягу того чи іншого типу. Під час проведення навчань з гасіння пожеж легкозаймистих речовин (ЛЗР) пожежники працювали в тепловідбивних костюмах не вибравши правильної відстані до пожежі, пошкодили теплозахисні костюми - обгоріли напівкомбінезон, куртка, шолом-маска (рис. 1).



*Рис. 1. Елементи обгорілого теплозахисного одягу ТК-1200*

**Метою роботи** є створення індивідуального приладу для вимірювання теплового потоку та оповіщення про досягнення граничних значень на поверхні захисного одягу пожежника-рятувальника в умовах пожежі.

#### **Виклад основного матеріалу.**

На пожежі відбуваються дуже складні процеси, більшість з яких описується законами теплового випромінювання [1-3].

В [4-7] обґрунтовано необхідність розробки приладів, які б попереджали пожежників про досягнення критичних значень інтенсивності теплових потоків для захисного одягу різного призначення.

Такі контрольні-вимірювальні прилади можуть бути використані для вимірювання теплового потоку та оповіщення про досягнення граничних значень на поверхні захисного одягу пожежного-рятувальника в умовах пожежі.

Поставлене завдання вирішується шляхом удосконалення термочутливого елемента (захист, кріплення, зменшення інерційності), програмування електронного блока (визначення та встановлення граничних значень теплового потоку від  $0 \text{ кВт/м}^2$  до  $50 \text{ кВт/м}^2$ ), забезпечення електронного блока пристроями візуалізації (влаштування звукових динаміків, світлових індикаторів, віброелементів) [5, 6].

Основними складовими елементами приладу є: термоелектричний приймач теплового потоку, електронний блок, з'єднувальний кабель.

На сьогодні відомий прилад – вимірювач теплового потоку ИТП-МГ4 «ПОТОК» призначений для вимірювання і реєстрації щільності теплових потоків, що проходять через одношарові і багатошарові огорожувальні конструкції будівель і споруд в експериментальних умовах та під час експлуатації. Прилад складається з програмованих десятиканальних не автономних модулів і електронного блока, призначеного для програмування і збору інформації, накопиченої модулями.

Також відомий прилад (радіометр) [5], який дає змогу вимірювати значення теплового випромінювання за спектром світіння полум'я. Основними складовими елементами цього приладу є випромінювач АЧТ (абсолютно чорного тіла) та термоелектричний приймач.

Суттєвими недоліками вказаних вище приладів є стаціонарність, не автономність живлення, незахищеність термочутливих елементів від впливу небезпечних чинників, значна інерційність спрацювання, неможливість звукового чи світлового відтворення граничних значень теплового потоку тощо.

На сьогодні відомий патент Китайської Народної Республіки [4], де об'єктом винаходу є прилад контролю теплового опромінювання з функцією попередження, що інтегрований в так званий «розумний» захисний одяг пожежника-рятувальника та складається безпосередньо з самого одягу, що забезпечує захист тіла людини і в нього вбудовано прилад контролю теплового випромінювання та сигнальний пристрій контролю токсичних газів. До складу приладу контролю входять приймач теплового потоку, модуль, що містить мікропроцесор й куди надходить сигнал від приймача теплового потоку, який залежно від отриманої інформації надає сигнал тривоги за допомогою пристрою сигналізації.

Недоліками зазначеного винаходу можна вважати вмонтованість його елементів безпосередньо в текстильні матеріали одягу, а саме: приймача теплового потоку, звукових та світлових попереджувальних сигналізаторів тощо. які в разі пошкодження одягу утилізуються разом з ним, також однозначне стаціонарне розташування приймача теплового потоку спереду в області грудей, чого замало для забезпечення повної безпеки людини. Окрім того у зазначеного приладу відсутня функція – вібраційний попереджувальний сигнал.

В основу винаходу [6] поставлене завдання створити автономний прилад, який би міг визначати граничні значення теплового потоку на поверхні захисного одягу пожежника-рятувальника в умовах пожежі та забезпечувати подачу відповідного сигналу про небезпеку.

Поставлене завдання вирішується шляхом удосконалення термочутливого елемента (захист, кріплення, зменшення інерційності), програмування електронного блока (визначення та встановлення граничних значень теплового потоку), забезпечення електронного блока пристроями візуалізації (улаштування звукових динаміків, світлових індикаторів, віброелемента). При конструюванні необхідно врахувати коефіцієнт безпеки [3,7], який відображає непередбачувані зміни інтенсивності теплового потоку пов'язані з відхиленням факела.

Основними складовими елементами приладу (рис. 2) є термоелектричний приймач теплового потоку 1, електронний блок 2, з'єднувальний кабель 3.

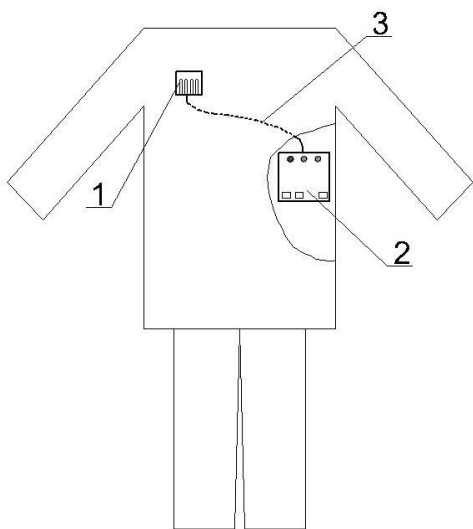
Прилад працює таким чином. Перед початком експлуатації термоелектричний приймач теплового потоку закріплюється на зовнішній поверхні захисного одягу пожежника-

рятувальника за допомогою нарізного штифта та гайки. Електронний блок закріплюється у підкостюмному просторі захисного одягу пожежника-рятувальника, наприклад, у внутрішніх або у нагрудних кишенях куртки, сорочки тощо. Термоелектричний приймач з'єднується з електронним блоком гнучким термостійким електричним кабелем з роз'ємом.

Термоелектричний приймач теплового потоку, який складається з набору термопар, розміщених у корпусі з легкого та міцного металевого сплаву що витримує короточасні високі температури, вимірює та перетворює енергію теплового потоку в електричну. Далі електричний сигнал передається на обробку до електронного блока. Основними вузлами електронного блока є: вузол обробки інформації, формування та видачі сигналів, контролю працездатності та контролю зарядки акумулятора; вузол управління світлової індикації та звукового оповіщення; корпус; внутрішнє джерело живлення (акумуляторна батарея). У разі отримання граничного значення теплового потоку від термоелектричного приймача, спрацьовує вузол управління звукового оповіщення. Окрім цього, електронний блок контролює працездатність приладу та видає сигнал на відповідний світлодіод індикації.

Вузли управління світлової індикації, звукової сигналізації та оповіщення складаються з елементів керування, а саме: двох двопозиційних електричних перемикачів «Увімкнуто-Вимкнуто», «Режим 1 – Режим 2» та однієї електричної кнопки «Перевірка працездатності»; світлодіодів індикації «Режим 1 – Режим 2» та «Акумуляторна батарея розряджена»; мікродинаміків.

Колір світлодіодів індикації «Режим 1 – Режим 2» – зелений, «Акумуляторна батарея розряджена» – червоний. Умовний звуковий сигнал «Небезпечно» – безперервний, сигнал «Покинути зону», «Несправність» та «Акумуляторна батарея розряджена» – переривчастий. Тональність (частота) звукового сигналу «Покинути зону» відрізняється від звукового сигналу «Несправність» та «Акумуляторна батарея розряджена».



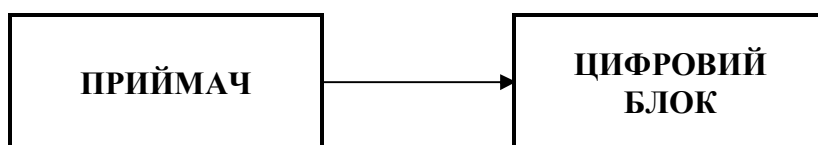
Корпус приладу забезпечує надійний захист вбудованих блоків від дії зовнішніх чинників: ударів, вологи, пилу, підвищених температур тощо.

Технічне рішення запропонованого пристрою дозволяє застосовувати його пожежником-рятувальником у автономному режимі в умовах впливу небезпечних чинників пожежі.

**Рис. 2.** Складові елементи приладу: 1 – термоелектричний приймач теплового потоку, 2 – електронний блок, 3 – з'єднувальний кабель

Персональний сигналізатор небезпечного рівня густини теплового потоку, далі СТП-02, призначений для формування звукових сигналів при досягненні значення густини теплового потоку, критичного для захисного одягу і відповідно для здоров'я і життя людини, який сконструйовано з врахуванням [5-7] і виготовлено на Львівському ВНО «Термоприлад».

СТП-02 складається з двох основних модулів приймача та цифрового блока з'єднаних між собою кабелем 3,5 мм з TRS-роз'ємом (рис. 3).



**Рис. 3.** Структурна схема СТП-02



*Рис. 4. Зовнішній вигляд приладу СТП-02*

Прилад СТП-02 є автономним та переносним. Принцип дії базується на використанні залежності вихідного сигналу термоелектричного перетворювача від поверхневої густини теплового потоку (енергетичної освітленості). Живлення здійснюється за допомогою гальванічного елемента 6LR61 типу «Крона» напругою 9 В.

Приймач служить для безпосереднього перетворення теплового опромінення в електричний вихідний сигнал. Приймачем випромінювання служить десятиспайна хромелькопилова термобатарея (зірочка) з захисним кремнієвим склом. Отриманий сигнал надходить до цифрового блока, де отримані результати обробляються за допомогою мікроконтролера, котрий в свою чергу здійснює залежно від отриманих даних керування режимами «Небезпечно» та «Покинути зону». Встановлення значень рівнів спрацювання попереджувального сигналу та сигналу тривоги здійснюється за допомогою програми і встановлюється для двох типів захисних костюмів.

Сигналізація розряду батареї реалізована через відповідні порти мікроконтролера і у разі потреби видає сигнал у вигляді мигання червоного світлого індикатора на цифровому блоці.

В цифровий блок входять такі вузли: схема контролю гальмівного елемента, схема обробки сигналу, схема звукової сигналізації, органи управління і світлової сигналізації.

Ввімкнення приладу здійснюється перемиканням вмикача вниз (вкл.), який розташований на лівому боці приладу.

Вибір типу захисного костюма здійснюється перемикачем на правій стороні приладу. Про вибраний режим роботи свідчить світлова індикація на передній панелі приладу. Жовтий індикатор – перший тип, зелений індикатор – другий тип.

Прилад має два режими сигналізації для кожного типу захисного одягу.

Для 1-го типу захисного одягу:

– режим «Небезпечно». У момент впливу теплового потоку густиною в межах від 5,6 до 7 кВт/м<sup>2</sup> включається імпульсивний звуковий сигнал (попереджувальний), котрий триватиме поки густина випромінювання знаходиться в зоні від 5,6 кВт/м<sup>2</sup> до 7 кВт/м<sup>2</sup>;

– режим «Покинути зону». У момент впливу теплового потоку 7 кВт/м<sup>2</sup> і більше включається неперервний сигнал тривоги, котрий можливо виключити, затиснувши одночасно протягом 5 секунд дві кнопки з правої і лівої сторони СТП-02. Одночасне затискання кнопок протягом 5 секунд унеможливує ненавмисне відключення даного режиму

Для 2-го типу захисного одягу:

– режим «Небезпечно». У момент впливу теплового потоку густиною в межах від 32 до 40 кВт/м<sup>2</sup> включається імпульсний звуковий сигнал (попереджувальний), котрий триватиме поки густина випромінювання знаходиться в зоні від 32 кВт/м<sup>2</sup> до 40 кВт/м<sup>2</sup>;

– режим «Покинути зону». У момент впливу теплового потоку 40 кВт/м<sup>2</sup> і більше включається неперервний сигнал тривоги, котрий можна виключити, затиснувши одночасно протягом 5 секунд дві кнопки з правої і лівої сторони СТП-02. Одночасне затискання кнопок протягом 5 секунд унеможливилоє ненавмисне відключення даного режиму.

Потужність звукового сигналу на відстані 0,3 м становить 90 дБ. Частота сигналу тривоги, 2,8+0,2 кГц. Період повторення попереджувального сигналу 1,0 с. Максимальна потужність споживання 0,3 Вт, напруга 9 В. Габаритні розміри цифрового блока 100x70x35мм. Габаритні розміри приймача ДхН, 42x25мм. Маса не більше 0,19 кг. Кут сприйняття термoeлектричного приймача 80<sup>0</sup> теплового потоку. У науково-дослідній лабораторії ЛДУ БЖД проводились визначення технічних характеристик приладу.

Зберігання вимірювача проводиться в закритому вентилярованому приміщенні при температурі від 5 до 40° С і відносні вологості до 80% при температурі 25° С. В повітрі не повинно бути шкідливих домішок, що викликають корозію.

Транспортування проводиться в упаковці підприємства-виробника всіма видами транспорту.

Перевірка справності приладу проводиться в лабораторних умовах на стандартному тепловому електричному випромінювачі. Тренування пожежних, які будуть працювати з приладом СТП-02 необхідно проводити на спеціально облаштованому полігоні.

**Висновки.** Персональний сигналізатор небезпечної рівня густини теплового потоку, СТП-02, призначений для формування звукових сигналів при досягненні значення густини теплового потоку, критичного для захисного одягу і відповідно для здоров'я і життя людини, який можна регулювати відповідно до типу захисного одягу, забезпечить безпечність роботи пожежних. Робота з цим приладом вимагає спеціальної підготовки.

#### Список літератури:

1. **Енциклопедія** термометрії / Я.Т. Луцик, Л.К. Буняк, Ю.К. Рудавський, Б.І. Стадник. – Львів: Львівська політехніка, 2003. – 428 с.
2. **Зигель А. Р.** Теплообмен излучением / А. Р. Зигель, Дж. Хауэлл // Пер. с англ. Под редакцией Хрусталева Б.А. – М: Мир, 1975. – 934 с.
3. **Математичне** моделювання та дослідження величини теплового потоку факела пожежі / М.М. Семерак М.М., А.М. Домінік, М.І. Мигаленко, Д.В. Руденко // Вісник ЛДУ БЖД. – 2013. – №7. – С. 210-217.
4. **Патент** Китайської Народної Республіки CN 102600565 2012 р.
5. **Наукові** аспекти створення радіометру для вимірювання потужних опромінностей // Ковалишин Вас. В., Фуртак С. П., Лин А.С., Ковалишин Вол. В. // Науковий вісник УкрНДПБ: Науковий журнал. – К.: УкрНДПБ МНС України, 2007, №1(15). – С. 52-56.
6. **Пат. № 85391** МПК(2013.01)G01K17/00. Автономний прилад з визначення теплового потоку та оповіщення про досягнення його граничних значень на поверхні захисного одягу пожежного-рятувальника в умовах пожежі / Ковалишин В.В., Огурцов С.Ю., Присяжнюк В.В., Ковалишин Вол. В., заявник і патентовласник Український науково-дослідний інститут цивільного захисту. – а 201211122; заявл. 25.09.2012; опубл. 25.11. 2013, Бюл. №22.
7. **Ковалишин Вол. В.** Визначення коефіцієнта безпечної роботи для різного типу захисного одягу пожежників / Вол.В. Ковалишин, А.Д. Кузик, В.В. Ковалишин // Вісник ЛДУ БЖД. – 2014. – №9. – С.11-17.

**ПЕРСОНАЛЬНЫЙ СИГНАЛИЗАТОР ОПАСНОГО УРОВНЯ ПЛОТНОСТИ  
ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ДЛЯ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ**

На основе законов теплового излучения создан индивидуальный сигнализатор опасного уровня теплового потока для измерения теплового потока и оповещения о достижении граничных значений на поверхности защитной одежды пожарного в условиях пожара. Для всех типов защитной одежды пожарного предусмотрено два режима работы прибора «опасно» и «покинуть зону», что, в свою очередь, увеличивает безопасность работы пожарного. Исследованы технические характеристики СПТ-02.

**Ключевые слова:** пожар, защитная одежда пожарных, сигнализатор опасного уровня теплового потока.

*Vol.V. Kovalyshyn, M.M. Semerak, V.V. Kovalyshyn*

**PERSONAL HEAT TRANSFER RATE ALARM DEVICE FOR  
FIREFIGHTERS' PROTECTIVE CLOTHING**

On the basis of the laws of thermal radiation an individual heat transfer rate alarm device was created. It can be used for heat transfer rate measuring and warning about reaching the boundary values on the surface of fire protective clothing. For all types of fire protective clothing there are two modes of the device – "danger", and "leave the area". These modes help to make the fire-fighters' work conditions safer. The specifications of the device were investigated.

**Key words:** fire, fire protective clothing, heat transfer rate alarm device.

