

УДК 699.887.3; 546.296

## ЗАЩИТА РАБОТНИКОВ СПЕЦПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ И С ИЗБЫТОЧНЫМ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЕМ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА

БЕЛИКОВ А. С.<sup>1</sup>; *д.т.н., проф.*,  
СТРЕЖЕКУРОВ Э. Е.<sup>2\*</sup>; *к.т.н., доц.*,  
ШАЛОМОВ В. А.<sup>3</sup>, *к.т.н., доц.*,  
ОЛЕЙНИК Л. А.<sup>4</sup>, *к.ф.м.н., доц.*,  
УЛИТИНА М. Ю.<sup>5</sup>, *соиск.*

<sup>1</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49600, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2\*</sup> Кафедра электротехнологии и электромеханики, Днепродзержинский государственный технический университет, ул. Днепростроевская 2, 51918, Каменское, Украина, тел. +38 (0569) 55-20-05, e-mail: strejekyrov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4304-3556

<sup>3</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov\_v\_a@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

<sup>4</sup> Кафедра прикладной математики, Днепродзержинский государственный технический университет, ул. Днепростроевская 2, 51918, Каменское, Украина, тел. +38 (0569) 55-20-56, e-mail: ola19@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-4392-0048

<sup>5</sup> Департамент науки и образования Харьковской областной государственной администрации, г. Харьков, Украина, тел. +38 (057) 705-03-14 e-mail: m\_ulitina@ro.ru, ORCID ID: 0000-0001-9678-6842

**Аннотация.** *Цель.* Разработка методов контроля степени опасности воздействия на работников спецподразделений крупных по масштабу чрезвычайных ситуаций и техногенных аварий при воздействии избыточного теплового излучения. Оперативное решение обеспечения безопасной жизнедеятельности работников спецподразделений в условиях экстремальных ситуаций с повышенным тепловым излучением. *Методика.* Построение тепловых полей и установление зависимостей изменения инфракрасного излучения от расположения рабочих мест, вида источника излучения и спектра источников излучения. *Результаты.* Представленные результаты позволяют разработать программу, которая по нескольким замерам помогает получить картину тепловых полей на экране планшета и правильно расставить расчет работников Государственной службы по чрезвычайным ситуациям (ГСЧС), а также технологического специального оборудования. Измерения терморadiационного излучения на рабочих местах работников спецподразделений проводились разработанным на кафедре безопасности жизнедеятельности ГВУЗ «Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры» радиометром с использованием стандартного датчика теплового потока, со специально разработанной приемной головкой, прошедшего поверку и имеющего паспорт. *Научная новизна.* В результате теоретических и экспериментальных исследований на основании физического моделирования установлены закономерности изменения терморadiационной напряженности в зависимости от точки замера и угла размещения излучателя. Установленные зависимости нашли применение для расчета облученности в любой точке рабочего пространства от источника избыточного излучения. *Практическая значимость.* Как показали исследования, расчет интенсивности теплового облучения на рабочем месте трудоемок и, поэтому на практике удобнее пользоваться универсальной номограммой, которая была построена на основании результатов светового моделирования. Разработано программное обеспечение, позволяющее производить построение карт размещения тепловых полей от технологического оборудования и неорганизованных источников избыточного теплового излучения.

*Ключевые слова:* тепловое излучение, датчик теплового потока, горючие материалы, номограмма, моделирование, пожары, чрезвычайные ситуации

## ЗАХИСТ РОБІТНИКІВ СПЕЦПІДРОЗДІЛІВ ПРИ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СИТУАЦІЯХ ТА З НАДЛИШКОВИМ ТЕПЛОВИДІЛЕННЯМ В УМОВАХ ВИРОБНИЦТВА

БЕЛІКОВ А. С.<sup>1</sup>, *д.т.н., проф.*,  
СТРЕЖЕКУРОВ Е. Є.<sup>2\*</sup>; *к.т.н., доц.*,  
ШАЛОМОВ В. А.<sup>3</sup>, *к.т.н., доц.*,  
ОЛІЙНИК Л. О.<sup>4</sup>, *к.т.н., доц.*,  
УЛІТИНА М. Ю.<sup>5</sup>, *здоб.*

<sup>1</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2\*</sup> Кафедра електротехнології та електромеханіки, Дніпродзержинський державний технічний університет, вул. Дніпробудівська 2, 51918, Кам'янське, Україна, тел. +38 (0569) 55-20-05, e-mail: strejekyrov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4304-3556

<sup>3</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov\_v\_a@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

<sup>4</sup> Кафедра прикладної математики, Дніпродзержинський державний технічний університет, вул. Дніпробудівська 2, 51918, Кам'янське, Україна, тел. +38 (0569) 55-20-56, e-mail: ola19@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-4392-0048

<sup>5</sup> Департамент науки і освіти Харківської обласної державної адміністрації, м. Харків, Україна, тел. +38 (057) 705-03-14 e-mail: m\_ulitina@ro.ru, ORCID ID: 0000-0001-9678-6842

**Анотація. Ціль.** Розробка методів контролю ступеня небезпеки впливу на працівників спецпідрозділів великих за масштабом надзвичайних ситуацій та техногенних аварій при впливі надлишкового теплового випромінювання. Оперативне вирішення забезпечення безпеки життєдіяльності працівників спецпідрозділів в умовах екстремальних ситуацій з підвищеним тепловим випромінюванням. **Методика.** Побудова теплових полів і встановлення залежностей зміни інфрачервоного випромінювання від розташування робочих місць, виду джерела випромінювання і спектра джерел випромінювання. **Результати.** Представлені результати дозволяють розробити програму, яка за кількома вимірами допомагає отримати картину теплових полів на екрані планшета і правильно розставити розрахунок працівників Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС), а також технологічного спеціального обладнання. Вимірювання терморадіаційного випромінювання на робочих місцях працівників спецпідрозділів проводилися розробленим на кафедрі безпеки життєдіяльності ДВНЗ «Придніпровської державної академії будівництва та архітектури» радіометром з використанням стандартного датчика теплового потоку, зі спеціально розробленою прийнятною головкою, що пройшов перевірку і має паспорт. **Наукова новизна.** В результаті теоретичних і експериментальних досліджень на підставі фізичного моделювання встановлено закономірності зміни терморадіаційної напруженості в залежності від точки виміру і кути розміщення випромінювача. Встановлені залежності знайшли застосування для розрахунку опромінення в будь-якій точці робочого простору від джерела надлишкового випромінювання. **Практична значимість.** Як показали дослідження, розрахунок інтенсивності теплового опромінення на робочому місці трудомісткий і, тому на практиці зручніше користуватися універсальною номограмою, яка була побудована на підставі результатів світлового моделювання. Розроблено програмне забезпечення, що дозволяє виконувати побудову карт розміщення теплових полів від технологічного обладнання і неорганізованих джерел надлишкового теплового випромінювання.

**Ключові слова:** теплове випромінювання, датчик теплового потоку, горючі матеріали, номограма, моделювання, пожежі, надзвичайні ситуації

## PROTECTION OF WORKERS OF SPECIAL DIVISIONS DURING AN EMERGENCY AND WITH EXCESSIVE HEAT GENERATION IN THE CONDITIONS OF PRODUCTION

BELIKOV A. S.<sup>1</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,  
STREZHEKUROV Ye. E.<sup>2\*</sup>; *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,  
SHALOMOV V. A.<sup>3</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,  
OLIYNYK I. O.<sup>4</sup>, *Cand. Sc. (Phys.-Math.), Ass. Prof.*,  
ULITINA M. Yu.<sup>5</sup>, *Competitor.*

<sup>1</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 47-16-01, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2\*</sup> Department of electrotechnology and electromechanics, Dneprodzerzhinsk State Technical University, st. Dniprobudivska 2, 51918, Kam'yanske, Ukraine, phone +38 (0569) 55-20-05, e-mail: strejekyrov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4304-3556

<sup>3</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov\_v\_a@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

<sup>4</sup> Department of applied mathematics, Dneprodzerzhinsk State Technical University, st. Dniprobudivska 2, 51918, Kam'yanske, Ukraine, phone +38 (0569) 55-20-56, e-mail: ola19@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-4392-0048

<sup>5</sup> Department of science and education of Harkiv regional state administration, Harkiv, Ukraine, phone +38 (057) 705-03-14 e-mail: m\_ulitina@ro.ru, ORCID ID: 0000-0001-9678-6842

**Abstract. Purpose.** Development of the degree of control methods for hazard exposure of workers to special divisions of large-scale emergencies and industrial accidents under the influence of excess heat radiation. The operational security solutions vital activity of special divisions of workers in extreme situations with high thermal radiation. **Method.** Construction of thermal fields and the establishment of

dependencies change of infrared radiation on the location of jobs, the type of radiation source and the spectrum of the radiation sources. **Results.** These results make it possible to develop a program that helps multiple measurements to get a picture of thermal fields on the tablet screen and correctly arrange the payment of employees of the State Service for Emergency Situations (SSES), as well as the process of special equipment. Thermoradiation measurements of radiation in the workplace of employees of special units conducted developed at the Department of Life Safety SHEE «Pridneprovsk State Academy of Construction and Architecture» radiometer using a standard heat flux sensor, a specially designed receiver head held calibration and having a passport. **Scientific novelty.** As a result of theoretical and experimental investigations on the basis of physical modeling regularities change thermoradiation intensity depending on the measuring point and the angle of the emitter placement. Installed dependence have been used to calculate the irradiance at any point of the workspace from excess radiation source. **Practical meaningfulness.** Studies have shown that calculation of the intensity of the thermal radiation at the workplace and time-consuming, so in practice it is more convenient to use universal nomogram, which was built on the basis of the results of the modeling light. The software that allows you to perform mapping the placement of thermal fields of technological equipment and unorganized excessive heat sources.

**Keywords:** thermal radiation, heat flux sensor, combustible materials, nomogram, simulation, fire, emergencies

### Постановка проблемы

Воздействию высоких температур подвергаются работники спецподразделений при ликвидации чрезвычайных ситуаций. В результате постоянного воздействия высоких температур в очаге пожара, спасатели страдают нарушениями функционального состояния центральной нервной системы, патологическими изменениями органов зрения, подвержены заболеваниям органов дыхания, пищеварения, кровообращения, ишемической болезни в 2-3 раза чаще чем в среднем по промышленности [1, 3, 7].

Установлено, что значительная часть пожарных подвергается влиянию инфракрасного излучения (ИК-излучения) с длиной волны спектра излучения 0,76...700 Мкм [3].

### Анализ последних исследований, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

Источниками инфракрасного излучения является значительная часть производственных процессов, поверхности оборудования и т.д. Исследования показали [2], что не менее 60% всей тепловых потерь энергетических установок распространяется путем ИК-излучения. Потоки теплового излучения рабочего пространства характеризуются значительной энергетической освещенностью, которая зависит от расстояния до теплового источника.

**Цель работы.** Оперативное решение обеспечения безопасной жизнедеятельности работников спецподразделений в условиях экстремальных ситуаций с повышенным тепловым излучением.

### Изложение основного материала исследований

Рядом авторов [4-6, 13, 14] для определения интенсивности излучения какого либо тела  $E$ , Вт/м<sup>2</sup>, от нагретой поверхности через технологическое отверстие в оборудовании предложено использовать зависимости характера изменения интенсивности теплового излучения источников от расстояния до рабочего места подчиняется квадратичной зависимости. Рассмотрим эти зависимости в плане

математического моделирования, что позволит расширить энергетические диапазоны исследования.

Согласно предварительным условиям постановки задачи, мы знаем расстояние до источника излучения  $h$ : энергетическую освещенность (облученность)  $E$  и размер источника  $a$ . Исходя из положения взаимосвязи тепловых величин яркость источника  $L$  может быть определена из данного выражения, а значение остальных параметров зададим, как характеристику источника в широких границах заданного предела существования.

В отличие от работ [8-10] нами учитывались различные формы источников, а также суммарное воздействие теплового излучения от нескольких источников.

В последнее время промышленные цеха и другие гражданские объекты (склады, рынки, выставочные павильоны и пр.) собирают из легких полимерных и прочих горючих материалов. А также часто за счет человеческого и техногенного фактора эти объекты пожароопасные. Возгорания могут иметь множественные очаги.

При этом мы можем иметь картину подобную, как показано на рис. 1.

В работах [11, 12] применяются индикатрисы с учетом только одного источника теплового излучения. В случае ситуации которая представлена на рис. 1 мы имеем дело с несколькими источниками.

Рассмотрим основополагающие формулы излучающего тела и пример суммарного облучения от нескольких источников (принимая 2, хотя возможно и большее количество источников).

Если же источник будет иметь форму прямоугольника, то формулы несколько изменятся. Освещенность точки, находящейся на расстоянии  $h$  от одной из вершин светящегося прямоугольника:

$$E = \frac{L}{2} \left( \frac{a}{\sqrt{h^2 + a^2}} \arctg \frac{b}{\sqrt{h^2 + a^2}} + \frac{b}{\sqrt{h^2 + a^2}} \arctg \frac{a}{\sqrt{h^2 + a^2}} \right) \quad (1)$$

Эта формула следует из общей формулы:

$$E_{i-2} = \iint_{AA'} \frac{L \cos \theta' \cos \theta}{l^2} dA dA' \quad (2)$$

Данная общая зависимость – это левая часть интегрального уравнения полученного при

рассмотрении обратной задачи радиационного излучения, состоящей в поиске температурного распределения на поверхности по известному полю

полусферической плотности падающего излучения на них. Из закона сохранения энергии получено интегральное уравнение первого рода.

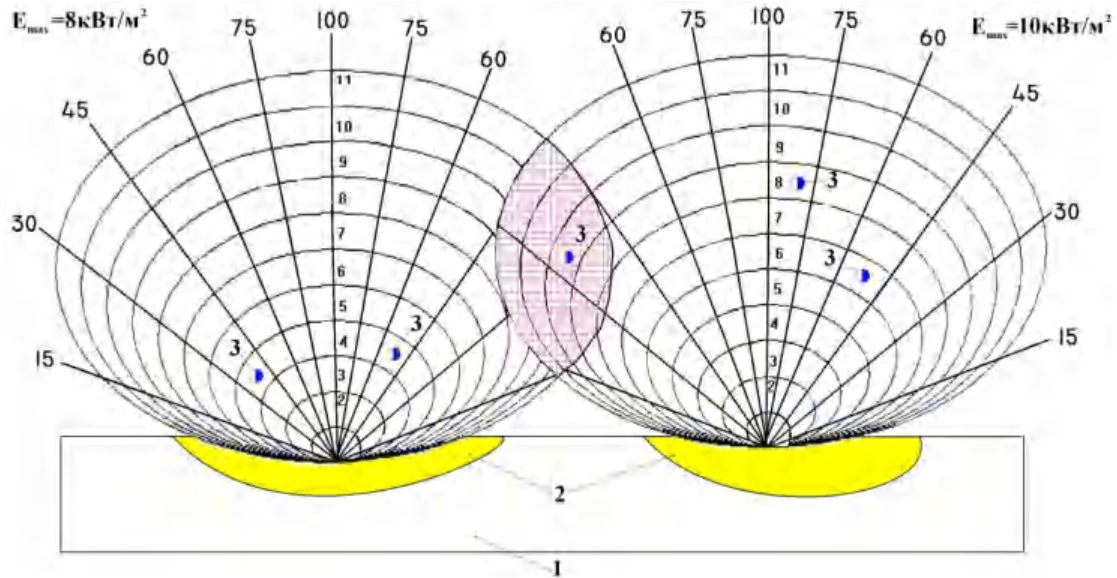


Рис.1. Суммирование тепловых полей теплового излучения при многоочаговом возгорании: 1 – объект; 2 – очаг возгорания; 3 – размещение работников спецподразделений / The summation of thermal fields of thermal radiation with multifocal fire: 1 - the object; 2 - source of fire; 3 - placing special forces workers

Рассмотрим общее положение системы источника излучения и облучаемого объекта. Пусть имеется некоторая произвольная замкнутая система серых диффузно излучающих тел, разделенных прозрачной средой (рис. 2, 3).

относительно полусферической плотности эффективного излучения  $E_{\text{эф}}$  с последующим расчетом поля температуры  $T(M)$  по формуле:

$$T(M) = \left\{ \frac{1}{\varepsilon\sigma} [E_{\text{эф}} - 1(1 - A)E_{\text{П}}] \right\}^{1/4} \quad (4)$$

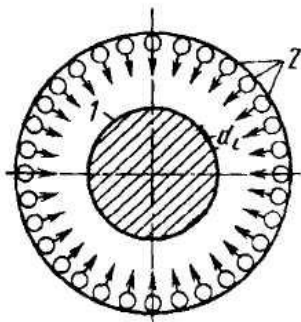


Рис. 2. Инфракрасный имитатор: 1 – испытываемый образец; 2 – излучатели / Infrared simulator: 1 - the test piece; 2 - emitters

Одна из постановок обратной задачи в этом случае заключается в поиске температурного распределения на поверхностях тел  $T(M)$  по известному полю полусферической плотности падающего излучения  $E_{\text{П}}(M)$  на них. На основании закона сохранения энергии эта задача в стационарном случае сводится к решению интегрального уравнения первого рода:

$$\int_F E_{\text{эф}}(N) \frac{\cos \theta_M \cos \theta_N}{\pi r_{MN}^2} dF_N = E_{\text{П}}(M) \quad (3)$$

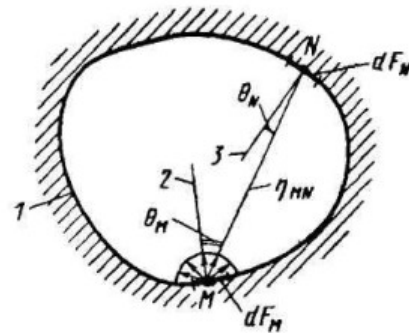


Рис. 3. Замкнутая система тел: 1 – диффузно излучающая поверхность F; 2, 3 – нормали к поверхностям в точках M и N соответственно / The closed system of bodies: 1 - diffuse emitting surface in F; 2, 3 - normal to the surfaces at the points M and N, respectively

Здесь под падающим излучением  $E_n$  понимается сумма поглощенного и отраженного поверхностью излучений. Эффективное излучение, исходящее с поверхности серого тела, представляет собой сумму собственного и отраженного излучений.

После преобразований зависимости (3) получим зависимость:

$$E_{эф}(M) = \iint_F E_{эф}(N) \frac{\cos \theta_M \cos \theta_N}{\pi_{MN}^2} dF_N \quad (5)$$

Рассмотрим систему дискретно излучающих источников (для примера два источника) с одинаковой интенсивностью излучения. Допустим, также, что есть два облучаемых объекта. Тогда на основе зонального метода составления уравнения теплового баланса, характеризующего равенство тепловых потоков, воспринимаемых каждым элементом в условиях облученности и заданных тепловых потоков  $q_1, q_2$  (рис.4).

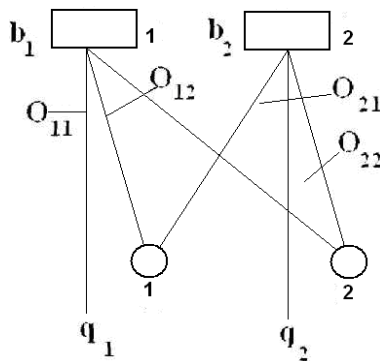


Рис. 4. Система дискретно излучающих источников /  
The system is discretely emitting sources

Приходим к системе линейных уравнений

$$\begin{cases} J_1 A_{11} \cos \theta_{11} + J_2 A_{12} \cos \theta_{12} = \frac{1}{\pi} q_1 \\ J_1 A_{21} \cos \theta_{11} + J_2 A_{21} \cos \theta_{21} = \frac{1}{\pi} q_2 \end{cases}, \quad (6)$$

где  $A_{ij}$  - поглощательная способность  $i$ -того элемента по отношению к  $j$ -тому излучателю;  $\theta_{ij}$  - угол направления от  $j$ -того излучателя на  $i$ -тый облучаемый элемент;  $J_k$  - искомая интенсивность  $K$  излучателя.

Эта задача решается достаточно просто, так как является линейной системой уравнений. Так в случае двух источников излучения и двух объектов облучения имеем:

$$J_1 = \frac{1}{\pi} \frac{q_2 A_{11} \cos \theta_{11} - q_1 A_{21} \cos \theta_{21}}{A_{11} A_{22} \cos \theta_{11} \cos \theta_{22} - A_{12} A_{21} \cos \theta_{12} \cos \theta_{21}} \quad (7)$$

$$J_2 = \frac{1}{\pi} \frac{q_1 A_{22} \cos \theta_{22} - q_2 A_{12} \cos \theta_{12}}{A_{11} A_{22} \cos \theta_{11} \cos \theta_{22} - A_{12} A_{21} \cos \theta_{12} \cos \theta_{21}} \quad (8)$$

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Контроль высокотемпературного излучения на рабочих местах / А. С. Беликов, С. Ю. Рагимов, В. А. Шаломов, А. С. Чаплыгин // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2015. – Вып. 80 : Стародубовские чтения – 2015. – С. 49-54.
2. Аметистов Е. В. Основы теории теплообмена / Е. В. Аметистов. – Москва : МЭИ, 2011. – 242 с.
3. Решение задач по защите работников спецподразделений в условиях экстремальных ситуаций по тепловому воздействию / А. С. Беликов, Э. Е. Стрежеуров, В. А. Шаломов, С. Ю. Рагимов, С. П. Кордунов // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2015. –

Общая система уравнений для  $n$  облучаемых элементов и  $m$  облучателей примет вид:

$$\pi \sum_{j=1}^m J_j A_{ij} \cos \theta_{ij} = q_i, \quad i = 1, n \quad (9)$$

Для наглядности примем схему проведения измерения энергии излучения от источника теплового излучения по нормали от нескольких источников теплового излучения (рис.4).

При создании программного обеспечения были введены следующие допущения.

1. В качестве расчетной формулы использовали формулу 1.

2. В качестве источника теплового излучения приняли два типа излучателя: - круговые (локальные очаги теплового излучения (возгорания)), и односторонние (горящие площади больших размеров).

3. Зону предельно-граничного распределения тепловых полей ограничили величиной в  $70 \text{ Вт/м}^2$ .

4. Для односторонних излучателей предусмотрены поправочные косинусные прямые с учетом Ламбертовского распределения.

5. Задан шаг температурного поля (сетки) в зависимости от интенсивности излучения источника и его размеров.

6. Определены значения интенсивности облучения  $E_n$  для каждого шага сетки.

7. Карта тепловых полей должна проектироваться в горизонтальной плоскости на  $360^\circ$  либо  $180^\circ$ , в зависимости от типа источника.

Измерения терморadiационного излучения на рабочих местах работников ГСЧС проводились разработанными на кафедре БЖД ГВУЗ «ЛГАСА» радиометром с использованием стандартного датчика теплового потока, прошедшего поверку и имеющего паспорт, со специально разработанной приемной головкой [3].

## Выводы

Представленные результаты позволяют разработать программу, которая по нескольким замерам помогает получить картину тепловых полей на экране планшета и правильно расставить расчет работников ГСЧС, а также технологического специального оборудования.

Вып. 82 : Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. – С. 25 - 31.

4. Зигель Р. Теплообмен излучением / Р. Зигель, Дж. Хауэлл. – Москва : Мир, 2005. – 934 с.
5. Ищук И. Н. Численное решение задачи теплопроводности при исследовании ИК-сигнатур объектов специального мониторинга / И. Н. Ищук, В. В. Михайлов, А. В. Парфирьев // *Нелинейный мир*. - 2014. – Т. 12, № 3. - С. 20-23.
6. Мошаров В. Е. Пирометрия с использованием П.З.С.-камер / В. Е. Мошаров, В. Н. Радченко, И. В. Сенюев // *Приборы и техника эксперимента*. - 2013. - № 4. - С. 132-137.
7. Охрана труда в строительстве : учебник / [Беликов А. С., Сафонов В. В., Нажа П. Н. и др.] ; под общ. ред. А. С. Беликова. – Киев : Основа, 2014. – 592 с.
8. Пиданов И. Н. "Рецепт оптики" для туннельной печи / И. Н. Пиданов // *Измерительная техника*. – 2010. - № 1. – С. 49 - 52.
9. Фрунзе А. В. Расчетный метод определения температуры спектрального отношения / А. В. Фрунзе // *Измерительная техника*. - 2010. - № 6. - С. 39 - 41.
10. Шевчук В. П. Диагностика и прогноз эффективности функционирования информационно-измерительных и управляющих систем / В. П. Шевчук // *Метрология*. - 2014. - № 7. - С. 24 - 38.
11. Hespel L. Radiative properties of scattering and absorbing dense media: theory and experimental study / Hespel L., Mainguy S., Grajset J.-J. // *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*. – 2013. – Vol. 77. – P. 193 – 210.
12. Makino T. Thermal radiation properties of ceramic materials / T. Makino, T. Kunitomo, I. Sakai // *Heat Transfer - Japanese Research*. – 2014. – Vol. 13, № 74. – P. 33 – 50.
13. Nicolau V. P. Spectral radiative properties identification of fiber insulating materials / V. P. Nicolau, M. Raynaud, J. F. Sacadura // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – 2014. – Vol. 37, suppl. 1. – P. 311 – 324.
14. Wentink T. Infrared emission spectra / T. Wentink, W. G. Planet // *Journal of the Optical Society of America*. – 2011. – Vol. 51, № 36. – P. 595 – 603.

## REFERENCES

1. Belikov A. S., Ragimov S. Yu., Shalomov V. A. and Chaplyigin A. S. *Kontrol vyisokotemperaturnogo izlucheniya na rabochih mestah* [Control of high-temperature radiation jobs]. *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie* – [Construction, materials science, mechanical engineering]. PDABA. Dnipropetrovsk, 2015, no. 80, pp. 49 - 54 (in Russian).
2. Ametistov E. V. *Osnovyi teorii teploobmena* [Bases of theory of heat exchange]. Moskva: MEI, 2011. – 242 p. (in Russian).
3. Belikov A. S., Strezhekurov E. E., Shalomov V. A., Ragimov S. Yu. and Kordunov S. P. *Reshenie zadach po zaschite rabotnikov spetspodrazdeleniy v usloviyah ekstremal'nykh situatsiy po teplovomu vozdeystviyu* [Decision on the protection of workers' special forces tasks in extreme situations on the thermal effects] *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie* – [Construction, materials science, mechanical engineering]. PDABA. Dnipropetrovsk, 2015, no. 82, pp. 25 - 31 (in Russian).
4. Zigel' R. and Khauehll Dzh. *Teploobmen izlucheniem* [Heat exchange by a radiation]. – Moskva: Mir, 2005. – 934 p. (in Russian).
5. Ischuk, I. N. Mihaylov V. V. and Parfirev A. V. *Chislennoe reshenie zadachi teploprovodnosti pri issledovanii IK-signtur ob'ektov spetsialnogo monitoringa* [Numerical solution of heat conduction problem in the study of IR signatures of objects of special monitoring]. *Nelineynyy mir* – [Nonlinear world]. 2014. - vol. 12. - no 3. - pp. 20 - 23. (in Russian).
6. Mosharov, V. E. Radchenko V. N. and Senyuev I. V. *Pirometriya s ispolzovaniem P.Z.S.-kamer* [Pyrometry with the use of P.Z.P. – chambers]. *Pribory i tehnika eksperimenta* – [Devices and technique of experiment]. 2013. – no 4. - pp. 132-137. (in Russian).
7. Belikov A. S., Safonov V. V., Nazha P. N., Chalyiy V. G., Shlyikov N. Yu., Shalomov V. A. and Ragimov S. Yu. *Ohrana truda v stroitelstve* [A labour protection is in building]. – Kiev: Osнова, 2014. – 592 p. (in Russian).
8. Pidanov, I. N. "Retsept optiki" dlya tunnelnoy pechi ["Recipe of optics" for a tunnel stove]. *Izmeritelnaya tehnika* – [Measuring technique]. 2010. – no 1. – pp. 49 - 52.
9. Frunze A. V. *Raschetnyy metod opredeleniya temperatury i spektralnogo otnosheniya* [Calculation method of determination of temperature of spectral relation]. *Izmeritelnaya tehnika* – [Measuring technique]. 2010. – no 6. - pp. 39 - 41. (in Russian).
10. Shevchuk V. P. *Diagnostika i prognoz effektivnosti funktsionirovaniya informatsionno-izmeritelnykh i upravlyayuschih sistem* [Diagnostics and prognosis of efficiency of functioning of the informative-measurements and managing systems]. *Metrologiya* – [Metrology]. 2014. – no 7. - pp. 24 - 38. (in Russian).
11. Hespel L. Radiative properties of scattering and absorbing dense media: theory and experimental study / Hespel L., Mainguy S., Grajset J.-J. // *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*. – 2013. – Vol. 77. – pp. 193 – 210.
12. Makino T. Thermal radiation properties of ceramic materials / T. Makino, T. Kunitomo, I. Sakai // *Heat Transfer - Japanese Research*. – 2014. – Vol. 13, № 74. – pp. 33 – 50.
13. Nicolau V. P. Spectral radiative properties identification of fiber insulating materials / V. P. Nicolau, M. Raynaud, J.-F. Sacadura // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – 2014. – Vol. 37, suppl. 1. – pp. 311 – 324.
14. Wentink T. Infrared emission spectra / T. Wentink, W. G. Planet // *Journal of the Optical Society of America*. – 2011. – Vol. 51, № 36. – pp. 595 – 603.