УДК 699.887.3; 546.296

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

РАГИМОВ С. Ю., *к.т.н. доц.*
Кафедра организации и технического обеспечения аварийно-спасательных работ, Национальный университет гражданской защиты Украины, ул. Чернышевского, 94, 61023, Харьков, Украина, тел +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

Аннотация. ***Постановка проблемы.*** Данные Министерства здравоохранения и Международной организации труда свидетельствуют, что смертность от травм и профзаболеваний в мире занимает третье место после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. По состоянию на 2014 г. в Украине свыше 3,4 млн лиц работают в условиях, не удовлетворяющих санитарно-гигиеническим нормам. Особенно сложными остаются условия труда на производствах, связанных с выделением или применением тепловых источников. Влиянию высоких температур подвергаются работники на предприятиях строительной индустрии (производство кирпича, стекла, полимеров). ***Цель статьи -***обоснование применения средств для измерения теплового излучения на рабочих местах. ***Вывод.*** Установлено, что существующие приборы отечественного и зарубежного производства не позволяют исследовать условия труда на рабочих местах горячих производств из-за значительного диапазона тепловых излучений от 50 до 24000 Вт/м^2, что вносит большую погрешность в измерения. Впервые установлено, что для измерения как малых, так и значительных по величине тепловых потоков необходимо использовать низкопредельные, но высокочувствительные датчики, при этом дозируя время доступа теплового потока. Установлены закономерности изменения отражательной способности от вида материала и длины спектра излучения. На основании проведенных исследований влияния интенсивности избыточного теплового излучения на рабочие места горячих производств и установившейся при этом температуры нагрева поверхностей установлено распределение максимума длины волны ИК-излучения, подтверждаемое законом Голицына-Вина. Предложен экспресс-метод оценки отражательной способности материалов, который позволяет оперативно получать информацию на начальной стадии исследований и разработки защитных средств от ИК-излучения. Усовершенствован стенд для проведения исследований отражательной и пропускной способности материалов с учетом изменяемого угла падения излучения, состояния поверхности и ее поляризационной способности, погрешность при этом не превышает 5-7 %. Предложен новый подход к созданию эффективных защитных средств с учетом спектральной составляющей ИК-излучения. Данная методика измерений позволяет оценить влияние на рабочих местах не только первичных, но и вторичных источников излучения. На основе проведенного анализа существующих отечественных датчиков для измерения интенсивности тепловых потоков произведен выбор датчиков и исследование их характеристик с учетом влияния на них температурной составляющей.

Ключевые слова: *датчик, предел измерений, тепловое излучение, тепловой поток, радиометр, температура нагрева.*

ДО ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ

РАГІМОВ С. Ю. *к.т.н., доц.*
Кафедра організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт, Національний університет цивільного захистуУкраїни, вул. Чернишевського,94,61023, Харків, Україна, тел +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

Анотація. ***Постановка проблеми.*** Дані Міністерства охорони здоров'я і Міжнародної організації праці свідчать, що смертність від травм і профзахворювань у світі посідає третє місце після серцево-судинних і онкологічних захворювань. Станом на 2014 р. в Україні понад 3,4 млн осіб працюють в умовах, що не відповідають санітарно-гігієнічним нормам. Особливо складними залишаються умови праці на виробництвах, пов'язаних із виділенням або вживанням теплових джерел. Впливу високих температур піддаються працівники на підприємствах будівельної індустрії (виробництво цегли, скла, полімерів). ***Мета статті -*** обґрунтування вживання засобів для вимірювання теплового випромінювання на робочих місцях. ***Висновок.*** Установлено, що існуючі прилади вітчизняного і зарубіжного виробництва не дозволяють досліджувати умови праці на робочих місцях гарячих виробництв через значний діапазон теплових випромінювань від 50 до 24000 Вт/м^2, що вносить значні похибки у вимірі. Вперше встановлено, що для вимірювання як малих, так і значних за величиною теплових потоків необхідно застосовувати низькомежові, але високочутливі датчики, при цьому є можливість дозувати час доступу теплового потоку. Встановлено закономірності зміни відбивної здатності від виду матеріалу і довжини спектра випромінювання. На підставі проведених досліджень інтенсивності впливу надлишкового теплового випромінювання на робочі місця гарячих виробництв і температури нагріву поверхонь установлено розподіл максимуму довжини хвилі ІЧ-випромінювання, що підтверджується законом Голіцина-Віна. Запропоновано експрес-метод оцінювання відбивної здатності матеріалів, який дозволяє оперативно отримувати інформацію на початковій стадії досліджень і розробляти захисні засоби від ІЧ-випромінювання. Удосконалено стенд для проведення досліджень відбивної і проникної здатності матеріалів з урахуванням змінного кута падіння випромінювання, стану поверхні та її поляризаційної здатності, похибка, при цьому не перевищує 5-7 %. Запропоновано новий підхід до створення ефективних захисних засобів з урахуванням спектральної складової ІЧ-випромінювання. Дана методика вимірюваннь дозволяє оцінити вплив на робочих місцях не лише первинних, а і вторинних джерел випромінювання. На основі проведеного аналізу існуючих вітчизняних датчиків для вимірювання інтенсивності теплових потоків зроблено вибір датчиків і досліджено їх характеристики з урахуванням впливу на них температурної складової.

Ключові слова: *датчик, межа вимірювань, теплове випромінювання, тепловий потік, радіометр, температура нагріву.*

ON THE RESEARCH OF HIGH RADIATION IN THE WORKPLACE

RAGIMOV S. Yu., *Cand. Sc. (Tech.), Assoc.Prof.*
Department of Organization and technical support rescue operations National University of Civil Defence of Ukraine, st. Chernyshevsky 94, Kharkiv, 61023, Ukraine, phone +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

Summary. ***Problem statement***. The data of the Ministry of Health and the International Labour Organization indicate that mortality from injuries and occupational diseases in the world ranked third after cardiovascular diseases and cancer. As of 2014 in Ukraine, more than 3,4 million persons are working in conditions that do not meet sanitary standards. Especially difficult are the conditions at work associated with the release or use of heat sources. Workers at the enterprises of the construction industry (production of bricks, glass, polymers) are exposed to influence of high temperature. **Purpose.** Justification of the use of means for measuring thermal radiation in the workplace. ***Conclusion.*** It was found that the existing instruments of domestic and foreign production does not allow us to investigate working conditions at the workplace of hot productions due to a significant range of thermal radiation from 50 to 24,000 W/m^2, which makes a significant error in the measurement. For the first time, it found that the measurement of both small and large heat flows low limit and highly sensitive sensors must be used, thus, dosing time of heat flow access. It was disclosed regularities of changes in the reflectivity of the material type and length of the radiation spectrum. Based on conducted researches of the excess thermal radiation intensity at workplaces of hot productions and steady temperature of the heating surface, it was identified distribution of maximum wavelength of the infrared radiation, supported by law of Golitsyn-Vin. It was proposed rapid method for assessing the reflectivity of materials, which allows to receive information at an early stage of research and development of protective equipment from infrared radiation. Stand for research reflection and transmittance of materials in response to changing the angle of incidence of the radiation, surface condition and its polarizing ability is improved, the error in this case, does not exceed 5 to 7%. New approach in the creation of effective protective measures, taking into account the spectral component of the infrared radiation is suggested. On the basis of the first conducted researches, this measurement technique allows to estimate the impact on the workplace, not only primary, but also secondary sources of radiation. Based on the analysis of existing domestic sensors to measure the intensity of the heat flows, the choice of sensors and study their characteristics, taking into account their influence on the temperature component, is made.

Key words: *sensor, measurement range, heat radiation, heat flux radiometer, heating temperature.*

Постановка проблемы. Согласно данным Министерства здравоохранения и Международной организации труда, смертность от травм и профзаболеваний в мире занимает третье место после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. По состоянию на 2014 г. в Украине свыше 3,4 млн лиц работают в условиях, не удовлетворяющих санитарно-гигиеническим нормам. Особенно сложными остаются условия труда на производствах, связанных с выделением или применением тепловых источников. Влиянию высоких температур подвергаются работники на предприятиях строительной индустрии (производство кирпича, стекла, полимеров) [12].

Цель статьи – разработать методы обеспечения безопасности жизнедеятельности на рабочих местах с повышенным тепловым излучением.

Изложение основного материала. Проведенные исследования условий труда горячих производств по тепловому фактору показали, что избыточное теплоизлучение на рабочих местах имеет очень большой динамический диапазон - от 50 Вт/м^2 до

20 000 Вт/м^2 при норме интегрального допустимого облучения в 140 Вт/м^2 [2; 5; 6; 8; 10; 13].

Анализ существующих приборов, как отечественных, так и зарубежных показывает, что отсутствуют универсальные приборы, работающие в указанном диапазоне с достаточной чувствительностью и точностью, как при минимальных, так и при максимальных значениях теплового потока. Измерения приходится проводить, используя несколько приборов с разными поддиапазонами, что сопряжено сложностями, трудоемкостью процесса измерения, а главное, сказывается на точности измерений [18; 19].

Уравнение теплопередачи в пластине рабочего тела датчика имеет вид [20]:

$$\frac{dT}{d²} = \sim \frac{d^2T}{dx^2}. \quad (1)$$

с учетом принятых граничных условий [8]

$$ª_T \frac{dT}{d²}\Big|_{x=0} = \sim(T - T_c) + £±(T^4 - T_c^4), \quad (2)$$

где: α – коэффициент конвективной теплоотдачи

$$ª_T \frac{dT}{d²}\Big|_{x=L} = \sim(T - T_c) + £±(T^4 - T_c^4). \quad (3)$$

Для критерия тонкого тела дивергентным членом $\frac{d^2T}{dx^2}$ можно пренебречь из-за малого температурного перепада по толщине. Это позволяет записать уравнения (1-3) в виде (4), где граничные условия (2-3) включены в формулу (4) в виде источника тепла Q:

$$°c\Delta xS\frac{dT}{d²} = Q + 2\sim(T - T_c) + 2£±(T^4 - T_c^4) \quad (4)$$

Уравнение (4) при α=const, T_c =const имеет решение в квадратурах [2; 5; 15; 17]. При переменных значениях α и T_c уравнение решается численно на ПК. При воздействии теплового потока на пластину датчика в вакууме уравнение (4) примет вид:

$$\Delta xS°c\frac{dT}{d²} = Q + 2£±(T_c^4 - T^4), \quad (5)$$

где Δx - толщина пластины, м.

При воздействии теплового потока на пластину в воздушной среде необходимо учитывать радиационную теплоотдачу $q_к$:

$$q_k = 2\sim(T_c - T). \quad (6)$$

В этом случае уравнение (5) примет вид:

$$\Delta xS°c\frac{dT}{d²} = Q + 2£±(T_c^4 - T^4) + 2\sim(T_c - T). \quad (7)$$

При помощи уравнений (5) и (7) можно определить температуру нагрева пластины при любой величине теплового потока (рис. 1-3).

Для определения области применения датчика необходимо знать температуру пластины во времени при охлаждении в воздушной среде и в вакууме без воздействия теплового потока *Q*. Уравнение (5) с изменяющимся тепловым потоком необходимо решать численно. Уравнение в разностной форме для вакуума имеет вид:

$$\Delta xS°c\frac{T^{n+1} - T^n}{d²} = Q + 2£±\left[T_{cp}{}^4 - (T^n)^4\right]. \quad (8)$$

$$T^{n+1} = \frac{d²}{°\Delta xSc}\left\{Q + 2£±\left[T_{cp}{}^4 - (T^n)^4\right]\right\} + T^n, \quad (9)$$

где $d²$ - шаг по времени;

n – 0, 1, 2… ∞ .

При решении уравнения (7) с нагревом пластины в воздушной среде в разностной форме формула примет вид:

$$T^{n+1} = \frac{d²}{°\Delta xSc}\left\{\begin{array}{l} 2£±\left[T_c{}^4 - (T^n)^4\right] + \\ +T^n + Q + 2\sim\left[T_c - (T^n)\right] \end{array}\right\} \quad (10)$$

При охлаждении рабочего тела датчика ДТП-05 в вакууме, когда тепловой поток отсутствует, уравнение (5) преобразуется и принимает вид:

$$T^{n+1} = \frac{d²}{°\Delta xSc}\left\{2£±\left[T_c{}^4 - (T^n)^4\right] + T^n\right\}. \quad (11)$$

При охлаждении датчика в воздушной среде (рис. 3) уравнение (10) после преобразования примет вид:

$$T^{n+1} = \frac{d²}{°\Delta xSc}\left\{\begin{array}{l} 2£±\left[T_c{}^4 - (T^n)^4 + \right] \\ +2\sim(T_c - T^n) + T^n \end{array}\right\} \quad (12)$$

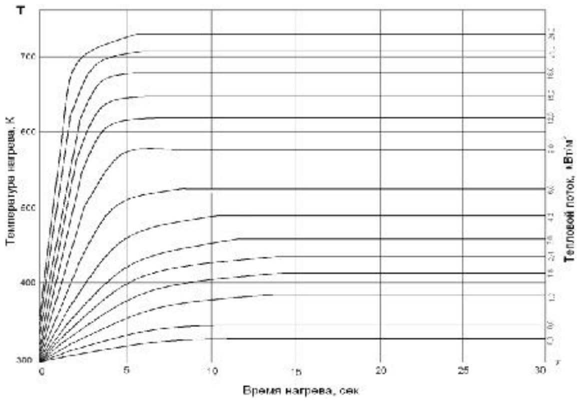

Рис. 1. Зависимость температуры нагрева рабочего тела датчика в вакууме от величины теплового потока

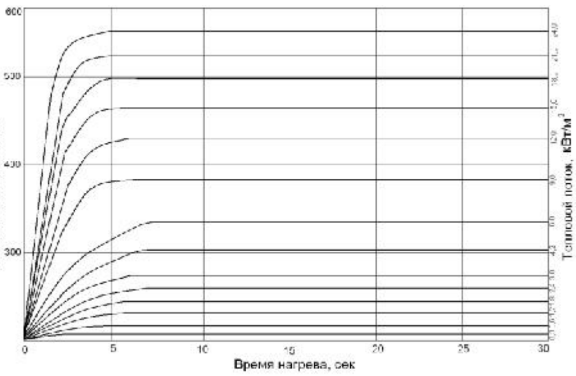

Рис. 2. Зависимость температуры нагрева рабочего тела датчика по времени в воздушной среде от величины теплового потока

Для взвешенной оценки теплового потока возникла необходимость реализации математической модели температурного поля датчика ДТП-05 для отработки единой методики измерения теплового потока.

Согласно решенным уравнениям (5-7) построены графики изменения температуры нагрева рабочего тела датчика во времени при переменном измеряемом тепловом потоке Q (рис. 1-3). На рисунке 1 представлены кривые изменения температуры нагрева в вакууме рабочего тела датчика за время 30 сек. при изменении теплового потока от 60 до 24000 Вт/м^2. При измерении теплового потока традиционными методами [1; 4; 8; 9] необходимо чтобы рабочее тело датчика нагревалось до температур, соответствующих равновесному участку кривой нагрева. При измерении температуры нагрева рабочего тела датчика для максимального теплового потока 24000 Вт/м^2 это время составит 5 сек. в вакууме и 7 сек. в воздушной среде. При минимальном тепловом потоке в 60 Вт/м^2 соответственно время нагрева составит 25 сек. для вакуума и 30 сек. для воздушной среды (рис. 1, 2).

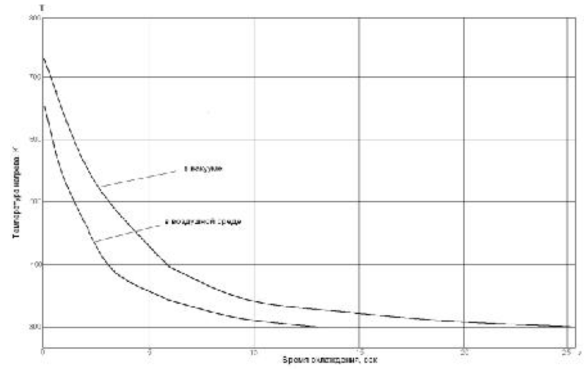

Рис. 3. Зависимость температуры охлаждения рабочего тела датчика ДТП-05 по времени

Для выполнения данного условия дозирование теплового потока по времени осуществляется в специальной головке, в которой размещен оптический затвор на пути между входным отверстием и датчиком ДТП-05. Время открывания оптического затвора и его управление осуществляется от специального электрического привода, который управляется таймером.

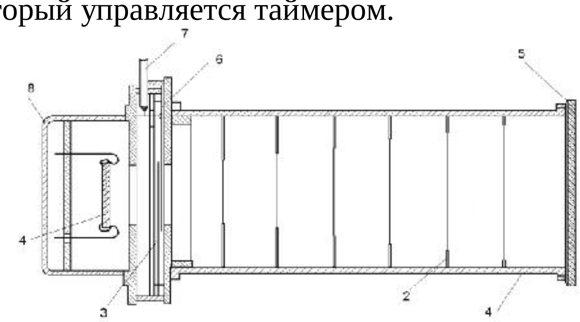

Рис. 4. Функциональная схема приемной головки с датчиком ДТП-05:
1 – корпус; 2 – диафрагма; 3 – затвор; 4 – датчик ДТП-05; 5 – обойма для светофильтров; 6 – корпус затвора; 7 – привод затвора; 9 – защитный кожух

Предложенная нами функциональная схема приемной головки датчика приведена на рисунке 4, а внешний вид - на рис. 5.

Согласно требованиям оптимизации точности измерения и допустимого нагрева тела датчика [3; 7; 11; 12] это время измерения, как показали исследования, велико. Кроме того, рабочее тело датчика работает в предельно допустимых режимах по тепловому фактору. Согласно анализу ряда работ [8-10; 14; 16; 20-23] максимальная точность и достаточно высокая повторяемость результатов при использовании ранее предлагаемых методик достигается в диапазоне работы от 273 К до 373 К. При более высоких температурах измерений погрешность превышает 30-35 %.

Как показали наши исследования, время охлаждения рабочего тела датчика после произведения замера до температуры окружающей среды, согласно рисунке 3, составит (при нагреве тепловым потоком 24 000 Вт/м^2) 26 сек. в вакууме и 12,5 сек. на воздухе. Просуммировав замеры (нагрев + охлаждение), получаем длительность одного цикла между повторными измерениями 51 сек для вакуума, для воздуха 42,5 сек.

Принимаем цикл (промежуток в измерениях) не менее 60 сек. Для уменьшения времени одного цикла измерения и повышения точности измерения предложено измерять тепловой поток по приращению температуры нагрева рабочего тела датчика за единицу времени. Таким образом, нагревая рабочее тело датчика за малое (по сравнению с традиционными методами измерения) время, мы заставляем работать датчик на начальном участке кривой, который наиболее точный и линейный. Принимая время нагрева датчика – 1 сек., мы получаем температуру рабочего тела датчика (при максимальном тепловом потоке в 24000 Вт/м^2) – 533 К для случая нагрева в вакууме и 513 К для воздушной среды.

Таким образом, в результате теоретических и экспериментальных исследований было доказано, что для измерения как малых, так и больших тепловых потоков можно использовать низкопредельный, но высокочувствительный датчик – дозируя на него доступ теплового потока временем.

На основе предложенной нами приемной головки разработан и испытан прибор для измерения лучистых тепловых потоков (рис. 6).

В корпусе установлена головка (рис. 5), аналого-цифровой преобразователь сигнала с датчиком ДТП-05 с выдачей результатов измерения на цифровом дисплее.

При этом достигаются пределы измерения интенсивности теплового потока от 10 Вт/м^2 до 15000 Вт/м^2. Спектральная возможность измерения от 0,76 мкм до 10 мкм с комплектацией дисперсными фильтрами в указанном диапазоне. Разрешающая способность 5 Вт/м^2. Погрешность измерения не более 5%. Питание – 220 В/9 В. Вес не более 800 г. Потребляемая мощность не более 10 Вт.

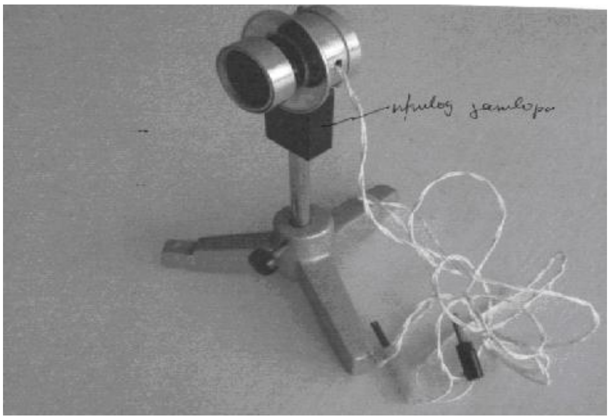

Рис. 5. Разработанная измерительная головка для исследования стандартного датчика типа ДТП-05

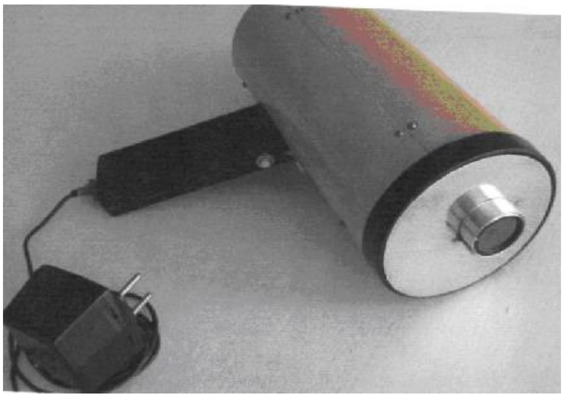

Рис. 6. Прибор для измерения лучистой составляющей теплового потока

Вывод. Благодаря проведенными исследованиями установлено, что имеющиеся на сегодня приборы отечественного и иностранного производства не позволяют изучать условия труда на рабочих местах горячих производств в связи со значительным диапазоном тепловых излучений - 50 до 24000 Вт/м^2, что вносит значительную погрешность в измерения. Анализ существующих отечественных приборов для измерения интенсивности тепловых потоков позволил произвести выбор датчиков и исследовать их характеристики с учетом влияния на них температурной составляющей.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Адрианов В. Н. Основы радиационного и сложного теплообмена / В. Н. Адрианов. – Москва : Энергия, 1992. – 464 с.
2. Аметистов Е. В. Основы теории теплообмена / Е. В. Аметистов. – Москва : МЭИ, 2011. –242 с.
3. Геращенко О. А. Основы теплометрии / О. А. Геращенко. – Київ : Наукова думка, 1991. – 192 с.
4. Гордов А. Н. Основы температурных измерений / А. Н. Гордов, О. М. Жагулло, А. Г. Иванова. – Москва : Энергоатомиздат, 1992. – 304 с.
5. Датчики для измерения температуры в промышленности / Г. В. Самсонов, А. И. Киц, О. А. Кюздени, В. И. Лах, И. Ф. Паляныця, Б. И. Стаднык / Ин-т проблем материаловедения Акад. наук УССР. – Киев : Наукова думка, 1972. – 224 с : ил.
6. Зигель Р. Теплообмен излучением / Р. Зигель, Дж. Хауэлл. – Москва : Мир, 2005. – 934 с.
7. 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. – № 3. - С. 20-23.
8. Криксунов Л. З. Основы инфракрасной техники / Л. З. Криксунов. – Москва : Совет. радио, 1988. – 400 с.
9. Крупенин Н. В. Дистанционные методы контроля и системы дефектоскопии высоковольтной изоляции электрических аппаратов по оптическому излучению / Н. В. Крупенин, В. И. Завидей // Электротехника. – 2011. - № 9. – С. 12-15.
10. Линевег Ф. Измерение температур в технике : справочник / Ф. Линевег ; [пер. с немец. Т. И. Киселева, В. А. Федорович ; под ред. Л. А. Чарихова]. – Москва : Металлургия, 1980. – 543 с.
11. 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.
12. Охрана труда в строительстве : учебник / под общ. ред. А. С. Беликова ; [А. С. Беликов, В. В. Сафонов, П. Н. Нажа, В. Г. Чалый, Н. Ю. Шлыков, В. А. Шаломов, С. Ю. Рагимов]. – Киев : Основа, 2014. – 592 с.
13. Пиданов И. Н. "Рецепт оптики" для туннельной печи / И. Н. Пиданов // Измерительная техника. – 2010. - № 1. – С. 49-52.
14. Преобразователь температуры : пат. RU 2461804 C1 Рос. Федерация : МПК G 01 K 7/16 / Фесенко А. И., Ищук И. Н., Набатов К. А., Хохлов Д. Ю.; заявитель и патентообладатель Тамбовский гос. техн. ун-т. – № 2011120666/28 ; заявл. 20.05.11 ; опубл. 20.09.12, Бюл. № 30.
15. Стрежекуров Э. Е. Особенности исследования терморадиационной напряженности в горячих цехах промышленности / Э. Е. Стрежекуров // Системные технологии. – 2009. – № 4. – С. 15-18.
16. Теоретическое и практическое обоснование средств, применяемых для измерения теплового излучения / А. С. Беликов, С. Ю. Рагимов, В. А. Шаломов, А. В. Ханбеков // Проблеми охорони праці в Україні : наук.-техн. зб. : матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф. "Безпека життєдіяльності людини як умова сталого розвитку сучасного суспільства", (м. Київ, 5-6 червня 2013 р.) / Держ. служба гірн. нагляду та промисл. безпеки України, ДУ Нац. наук.-дослідний ін-т. промисл. безпеки та охорони праці, International Academy of Life Protection. – Київ, 2013. – С. 171-175.
17. Фрунзе А. В. Расчетный метод определения температуры спектрального отношения / А. В. Фрунзе // Измерительная техника. - 2010. - № 6. - С. 39-41.
18. Чипулис В. П. Сравнительная оценка двух методов косвенных измерений разности расходов теплоносителя / В. П. Чипулис // Измерительная техника. - 2012. - № 9. - С. 45-49.
19. Шевчук В. П. Диагностика и прогноз эффективности функционирования информационно-измерительных и управляющих систем / В. П. Шевчук // Метрология. - 2014. - № 7. - С. 24-38.
20. Hespel L. Radiative properties of scattering and absorbing dense media: theory and experimental study / Hespel L., Mainguy S., Grajfet J.-J. // Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer. – 2003. – Vol. 77. – P. 193-210.
21. 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. – 1994. – Vol. 37, suppl. l. – P. 311-324.
22. Thermal radiation properties of ceramic materials / T. Makino, T. Kunitomo, I. Sakai, H. Kinoshita // Heat Transfer – Japanese Research. – 1984. – Vol. 13, № 4. – P. 33-50.
23. Wentink T. Infrared emission spectra of quartz / T. Wentink, W. G. Planet // Journal of the Optical Society of America. – 1961. – Vol. 51, Issue 6. – P. 595-603.

REFERENCES

1. Adrianov V. N. *Osnovy radiatsionnogo i slozhnogo teploobmena* [Bases of radiation and difficult heat exchange]. Moscow, Energiya, 1992. 464 p. (in Russia).
2. Ametistov E. V. *Osnovy teorii teploobmena* [Bases of theory of heat exchange]. Moscow, MEI, 2011. 242 p. (in Russian).
3. Gerashhenko O. A. *Osnovy teplometrii* [Bases warm measurings]. Kyiv, Naukova dumka, 1991. 192 p. (in Rus-

sian).

4. Gordov A. N. Zhagullo O. M., Ivanova A. G. *Osnovy temperaturnykh izmereniy* [Bases of the temperature measurings]. Moscow, Energoatomizdat, 1992. 304 p. (in Russian).
5. Samsonov G. V, Kits A. I., Kyuzdeni O. A., Lakh V. I., Palyanytsya I. F., Stadnyk B. I. *Datchiki dlya izmereniya temperatury v promyshlennosti* [Devices, for measuring of temperature in industry]. In-t problem materialovedeniya Akad. nauk USSR – Ins-t of material science problem Academy of science of USSR. Kiev, 1972. 224 p. (in Russian).
6. Zigel' R., Khauell Dzh. *Teploobmen izlucheniem* [Heat exchange by a radiation]. Moscow, Mir, 2005. 934 p. (in Russian).
7. Ischuk I. N., Mihaylov V. V., Parfirev A. V. *Chislennoe reshenie zadachi teploprovodnosti pri issledovanii IK-signatur ob'ektov spetsial'nogo monitoringa* [Numerical solution of heat conduction problem in the study of IR signatures of objects of special monitoring]. Nelineyny mir 2014. vol. 12, no. 3. pp. 20-23. (in Russian).
8. Kriksunov L. Z. *Osnovy infrakrasnoy tekhniki* [Bases of infra-red technique]. Moscow, Sovet. radio, 1988. 400 p. (in Russian).
9. Krupenin N. V., Zavidey V. I. *Distantsionnye metody kontrolya i sistemy defektoskopii vysokovol'tnoj izolyatsii elektricheskikh apparatov po opticheskomu izlucheniyu* [Controlled from distance methods of control and system of fault detection of high-voltage isolation of electric vehicles on an optical radiation]. Elektrotekhnika. 2011, no. 9, pp. 12-15. (in Russian).
10. Lineveg F. *Izmerenie temperatur v tekhnike* [Measuring of temperatures is in a technique]. Moscow, Metallurgiya, 1989. 543 p. (in Russian).
11. Mosharov V. E., Radchenko V. N., Senyuev I. V. *Pirometriya s ispol'zovaniem P.Z.S.-kamer* [Pyrometry with the use of P. Z. P. camera]. *Pribory i tekhnika eksperimenta* - Devices and technique of experiment. 2013, no. 4, pp. 132-137. (in Russian).
12. Belikov A. S., Safonov V. V., Nazha P. N., Chaly V. G., Shlykov N. Yu., Shalomov V. A., Ragimov S. Yu. *Okhrana truda v stroitel'stve* [A labour protection is in building]. *Uchebnik* – Textbook. Kiev, Osnova, 2014. 592 p. (in Russian).
13. Pidanov I. N. *"Retsept optiki" dlya tunnel'noy pechi* ["Recipe of optics" for a tunnel stove]. Izmeritel'naya techika. 2010, no. 1, pp. 49-52. (in Russian).
14. Fesenko A. I., Ischuk I. N., Nabatov K. A., Hohlov D. Yu. *Preobrazovotel' temperatur* [Temperature converter]. Patent RF, no. 2011120666, 2012. (in Russian).
15. Strezhekurov E. E. *Osobennosti issledovaniya termoradiatsionnoy napryazhennosti v goryachikh tsekhakh promyshlennosti* [Features of research of temperature and radiation tension are in the hot workshops of industry]. *Sistemnye tekhnologii* – System technologies. 2009, no. 4, pp. 15-18. (in Russian).
16. Belikov A. S., Ragimov S. Yu., Shalomov V. A., Hanbekov A. V. *Teoreticheskoe i prakticheskoe obosnovanie sredstv, primenyaemykh dlya izmereniya teplovogo izlucheniya* [Theoretical and practical justification of facilities, applied for measuring of caloradiance]. – Problems of the labour protection in Ukraine: scietif. and techn. Collection: Proceedings of V Int. Scientific and Practical Conf. (05.06-06.06.2013) «Safety of vital functions of humanity as condition of steady development of modern society» Kyiv, 2013. pp. 171-175. (in Russian).
17. Frunze A. V. *Teoreticheskoe i prakticheskoe obosnovanie sredstv, primenyaemykh dlya izmereniya teplovogo izlucheniya* [Calculation method of determination of temperature of spectral relation]. *Izmeritel'nzya technika* – Measuring technique. 2010, no. 6, pp. 39-41. (in Russian).
18. Chipulis V. P. *Sravnitel'naya otsenka dvukh metodov kosvennykh izmerenij raznosti raskhodov teplonositelya* [Comparative estimation of two methods of the indirect measurings of difference of charges of thermal transmitter]. Measuring technique. 2012, no. 9, pp. 45-49. (in Russian).
19. Shevchuk V. P. *Sravnitel'naya otsenka dvukh metodov kosvennykh izmerenij raznosti raskhodov teplonositelya* [Diagnostics and prognosis of efficiency of functioning of the informative-measurings and managing systems]. Metrologiya. 2014, no. 7, pp. 24-38. (in Russian).
20. Hespel L., Mainguy S., Grajfet J.-J. Radiative properties of scattering and absorbing dense media: theory and experimental study. Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer. 2013, vol. 77, pp. 193-210.
21. Nicolau V. P., Raynaud M., Sacadura J-F. Spectral radiative properties identification of fiber insulating materials. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2014, vol. 37, no. l, pp. 311-324.
22. Makino T., Kunitomo T., Sakai I., Kinoshita H. Thermal radiation properties of ceramic materials. Heat Transfer – Japanese Research. 2014, vol. 13, no.4. pp. 33-50.
23. Wentink T., Planet W. G. Infrared emission spectra .Journal of the Optical Society of America. 2011, vol. 51, no. 36. pp. 595-603.

Стаття рекомендована до друку 17.04.2015 р.
Рецензент: д. т. н., проф. Бєліков А. С.
Надійшла до редколегії 14.04.2015 р. Прийнята до друку18.04.2015 р.