

УДК 699.887.3; 546.296

КОНТРОЛЬ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

БЕЛИКОВ А. С.^{1*}; *д.т.н., проф.*,
РАГИМОВ С. Ю.²; *к.т.н.*,
ШАЛОМОВ В. А.^{3**}; *к.т.н., доц.*,
ЧАПЛЫГИН А. С.^{4***}; *к.т.н.*

^{1*} Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² 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

^{3**} Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: shalomov_v_a@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

^{4***} Коминтерновский районный отдел Главного управления ГСЧС Украины в Харьковской области, ул. Зерновая 4-а, 61124, Харьков, Украина, тел +38 (0572)51-40-94, e-mail: chaplygina_v@pochta.ru, ORCID ID: 0000-0002-3213-8210

Аннотация. Цель Обоснование применения средств для измерения теплового излучения на рабочих местах. **Методика.** Измерения инфракрасного излучения на рабочем месте производится с применением образцового - эталонного контрольного датчика ДПП-02 с пределом измерения до 20000 Вт/м². **Результаты.** 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/м², что вносит значительную погрешность в измерения. Впервые установлено, что для измерения как малых, так и значительных по величине тепловых потоков необходимо использовать низкопределные, 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 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 пропускающей способности материалов с учетом изменяемого угла падения излучения, состояния поверхности и ее поляризационной способности, погрешность, при этом, не превышает 5-7 %. Предложен новый подход в создании эффективных защитных средств с учетом спектральной составляющей ИК-излучения. **Научная новизна.** На основе впервые проведенных исследований, данная методика измерений позволяет оценить влияние на рабочих местах не только первичных, но и вторичных источников излучения. **Практическая значимость.** 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: Тепловое излучение; датчик; предел измерений; тепловой поток; радиометр; температура нагрева

КОНТРОЛЬ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ

БЕЛІКОВ А. С.^{1*}; *д.т.н., проф.*,
РАГИМОВ С. Ю.²; *к.т.н.*,
ШАЛОМОВ В. А.^{3**}; *к.т.н., доц.*,
ЧАПЛИГІН О. С.^{4***}; *к.т.н.*

^{1*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Кафедра організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевського 94, 61023, Харків, Україна, тел +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

^{3**} Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-16-01, e-mail: shalomov_v_a@mail.ru. ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

^{4***} Комінтернівський районний відділ Головного управління ДСНС України у Харківській області, вул. Зернова 4-а, 61124, Харків, Україна, тел +38 (0572)51-40-94, e-mail: chaplygina_v@pochta.ru. ORCID ID: 0000-0002-3213-8210

Анотація. Мета Обґрунтування застосування засобів для виміру теплового випромінювання на робочих місцях. **Методика.** Виміри інфрачервоного випромінювання на робочому місці виконується із застосуванням зразкового еталонного контрольного датчика ДПП-02 з межею виміру до 20000 Вт/м². **Результати.** Встановлено, що існуючі прилади вітчизняного і зарубіжного виробництва не дозволяють досліджувати умови праці на робочих місцях гарячих виробництв із-за значного діапазону теплових випромінювань від 50 до 24000 Вт/м², що вносить значну погрішність до вимірів. Вперше встановлено, що для виміру як малих, так і значних за величиною теплових потоків необхідно використовувати низькомежеві, але високочутливі датчики, при цьому, є можливість дозувати час доступу теплового потоку. Встановлені закономірності зміни відбивної здатності від виду матеріалу і довжини спектру випромінювання. На підставі проведених досліджень інтенсивності надшишкового теплового випромінювання на робочі місця гарячих виробництв і температури нагріву поверхонь встановлено розподіл максимуму довжини хвилі ІЧ-випромінювання, що підтверджується законом Голіцина-Віна. Запропонований експрес-метод оцінки відбивної здатності матеріалів, який дозволяє оперативним отримувати інформацію на початковій стадії досліджень і розробляти захисні засоби від ІЧ-випромінювання. Вдосконалений стенд для проведення досліджень відбивної і проникної здатності матеріалів з урахуванням змінного кута падіння випромінювання, стани поверхні і її поляризаційної здатності, погрішність, при цьому, не перевищує 5-7 %. Запропонований новий підхід в створенні ефективних захисних засобів з урахуванням спектральної складової ІЧ-випромінювання. **Наукова новизна.** На основі вперше проведених досліджень, дана методика вимірів дозволяє оцінити вплив на робочих місцях не лише первинних, але і вторинних джерел випромінювання. **Практична значущість.** На основі проведеного аналізу існуючих вітчизняних датчиків для виміру інтенсивності теплових потоків розроблений вибір датчиків і досліджено їх характеристики з урахуванням впливу на них температурної складової.

Ключові слова: Теплове випромінювання; датчик; межа вимірювань; тепловий потік; радіометр; температура нагріву

CONTROL HIGH RADIATION IN THE WORKPLACE

BIELIKOV A. S.^{1*}; *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
RAHIMOV S. Yu.²; *Cand. Sc. (Tech.)*,
SHALOMOV V. A.^{3**}; *Cand. Sc. (Tech.), Associate Prof.*,
CHAPLYHIN O. S.; *Cand. Sc. (Tech.)*

^{1*} 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

² 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

^{3**} Department of Life Safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 47-16-01, e-mail: shalomov_v_a@mail.ru. ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

^{4***} Kominternovskiy District Department of the Main Directorate DSNS Ukraine in Kharkiv region, st. Grain 4-a, 61124, Kharkiv, 61046, Ukraine, phone +38 (0572)51-40-94, e-mail: chaplygina_v@pochta.ru. ORCID ID: 0000-0002-3213-8210

Abstract. Purpose Ground of application of facilities for measuring of caloradiance on workplaces. **Method.** Measuring of infrared in the workplace produced with the use of exemplary standard control sensor of DTP-02 with the limit of measuring to 20000 Wt/m². **Results.** It is set that the existent devices of domestic and foreign production do not allow to probe the condition of labour on the workplaces of hot productions from the considerable range of caloradiances from 50 to 24000 Wt/m², that brings in a considerable error in measuring. It is first set that for measuring of both small and considerable on a size thermal streams it is necessary to use low maximum, but highly sensitive sensors, here, measuring out access of thermal stream time. Conformities to law of change a reflectivity are set from the type of material and length of spectrum of radiation. On the basis of the conducted researches of intensity of surplus caloradiance into workings places of hot productions and set, here, the temperatures of heating of surfaces are set distributing of a maximum of wave-length infrared, that is confirmed the law of Golicyna-Vina. The express-method of estimation of reflectivity of materials is offered, which allows operatively to get information on the initial stage of research-and-developments protective facilities from infrared. A stand is improved for the lead through of researches of reflecting and allowing ability of materials taking into account the changeable angle of incidence of radiation, here, 5 7 does not exceed the states of surface and its polarization ability, error %. New approach is offered in creation of effective protective facilities taking into account the spectral constituent of infrared. **Scientific novelty.** On the basis of the first conducted researches, this method of measuring allows to estimate influence on the workplaces of not only primary but also second actinogens. **Practical meaningfulness.** On the basis of the conducted analysis of existent domestic sensors for measuring of intensity of thermal streams the choice of sensors and research of their descriptions is created taking into account influence on them of temperature constituent.

Keywords: Thermal radiation; a sensor; limit of measurement; heat flow; radiometer; heating temperature

Введение

В настоящее время в Украине более 3 млн. человек работают в условиях, которые не отвечают санитарно-гигиеническим нормам, эксплуатируется более 800 тыс. машин, механизмов, оборудования, которые не отвечают требованиям нормативных актов по охране труда, почти 42 тыс. зданий и сооружений находятся в неудовлетворительном состоянии. Особо сложными остаются условия труда на производствах с выделением избыточного теплового излучения в рабочем пространстве.

Цель

Обеспечение безопасности жизнедеятельности на рабочих местах с повышенным тепловым излучением.

Методика

Исследования условий труда горячих производств по тепловому фактору показали, что избыточное теплоизлучение на рабочих местах имеет очень большой динамический диапазон от 50,0 Вт/м² до 20000 Вт/м² при норме интегрального допустимого облучения в 140 Вт/м² [2, 5-9].

При анализе существующих приборов как отечественных, так и зарубежных оказалось, что нет универсального прибора, работающего в указанном диапазоне с достаточной чувствительностью и точностью, как при минимальных, так и при максимальных значениях теплового потока. Поэтому, для измерения приходится использовать несколько приборов с разными поддиапазонами, что сказывается на сложности, трудоемкости процесса измерения, а главное точности измерений.

Результаты

При малом диапазоне измерения ограничен верхний предел измерения, но высока чувствительность и разрешающая способность. С увеличением диапазоне от 1000 до 20000 Вт/м² предел измерения расширен, но мала точность и разрешающая способность измерения. При решении данного вопроса нами на основании проведенных исследований и на основе анализа существующих стандартных датчиков предложен новый метод измерения. Для этого на стенде (рис. 1) измерялся тепловой поток Q от источника стабильного теплового потока – муфельной печи. Для достоверности измерений устанавливаются два стандартных датчика – один в качестве образцового-контрольного, другой как исследуемый. За счет регулируемого теплового потока снимаем статические характеристики отобранных на основании анализа датчиков: ДТП-01, ДТП-02, ДТП-03, ДТП-04, ДТП-05. Зависимости генерируемого

сигнала от величины теплового потока приведены на рис. 2. Наименее чувствительным оказался датчик ДТП-01 имеющий диапазон измерения теплового потока от 10⁴ до 10⁷ Вт/м². Датчик ДТП-05 обладает высокой чувствительностью и высокой разрешающей способностью, но диапазон измерения от 10 до 3000 Вт/м². Нами были проведены исследования характеристик датчика ДТП-05 при воздействии различных по величине тепловых потоков и величины возрастания э.д.с. датчика по времени. Результаты исследования приведены в виде семейства кривых на рис. 3 а и б. Измерения проводились при различных тепловых потоках в двух диапазонах до 1400 Вт/м² и до 18000 Вт/м². Кривые пронумерованы и значения теплового потока для каждой кривой приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения э.д.с. датчика в зависимости от величины теплового потока / The values of the EMF of the sensor depending on the values of heat flow

№ кривой изменения э.д.с. датчика во времени	Величина теплового потока, Вт/м ²	№ кривой изменения э.д.с. датчика во времени	Величина теплового потока, Вт/м ²	№ кривой изменения э.д.с. датчика во времени	Величина теплового потока, Вт/м ²
1	1400	9	125	17	11800
2	750	10	110	18	10500
3	460	11	90	19	9000
4	380	12	80	20	7800
5	290	13	70	21	6300
6	220	14	18000	22	5000
7	165	15	15000	23	3500
8	145	16	13200	24	2000

Градуировку производили в лабораторных условиях Госстандарта по методике для датчиков точности третьего разряда и технических тепловых радиометров.

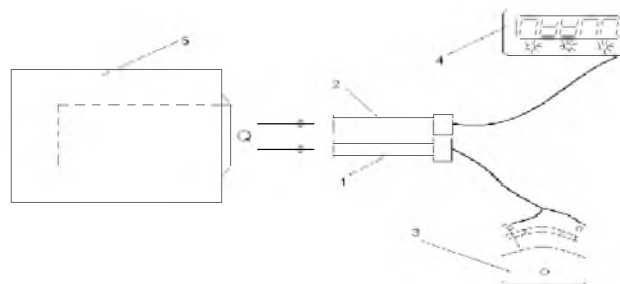


Рис. 1. Стенд для лабораторных испытаний датчика ДТП-05 / Stand for laboratory testing sensor: 1 – исследуемый датчик; 2 – образцовый датчик; 3 – аналоговый милливольтметр; 4 – цифровой мультиметр; 5 – муфельная печь.

В качестве источника излучения использовалась муфельная печь типа ПМ-56. Температура нагрева внутренней поверхности печи контролировалась термпарой и милливольтметром. Мощность печи 2,6 кВт. Температура нагрева печи поддерживалась

до 1273 К. В качестве образцового-эталонного контрольного использовался датчик ДТП-02 с пределом измерения до 20000 Вт/м² (рис. 1).

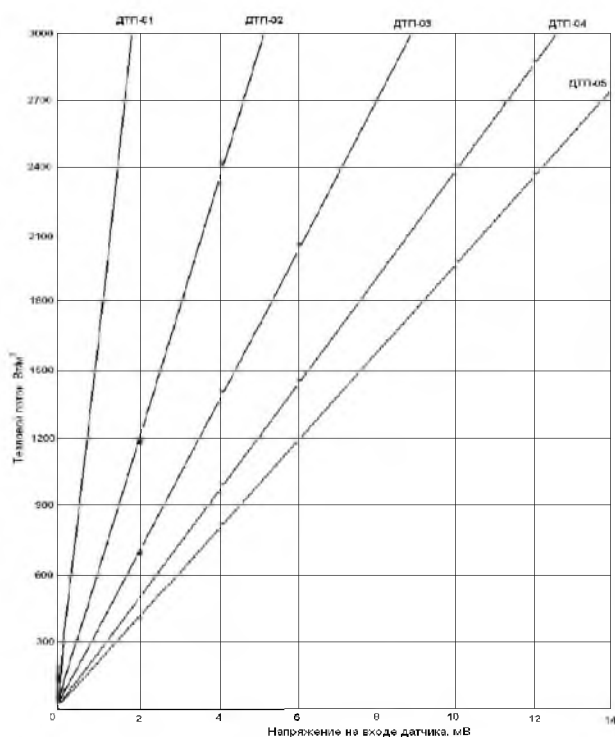


Рис. 2. Зависимости сигнала датчиков от величины теплового потока / The dependence of sensor signals from the values of heat flow

На стенде система управления муфельной печи позволяет плавно поднимать температуру внутренней поверхности до 1273 К. На регулируемом расстоянии от 0,1 до 1 м от открытого окна печи в специальном штативе зажаты приемные тубусы контрольного датчика и исследуемого. Приемные головки предварительно отвизированы на окно печи МП-56 и находятся в контакте между собой для равенства температур корпусов. Угол зрения исследуемого датчика установлен равным углу зрения контрольного датчика.

К датчикам образцового и испытуемого подключены одинаковые милливольтметры типа М2031/2, высокой чувствительности – цена деления $C_1=1,0 \cdot 10^{-7}$ А/деление, класс точности – 0,5.

Сопротивление термоэлектрической батареи датчика и гальванометра равно 389,4 Ом, сопротивлением соединительных проводов пренебрегаем из-за их малого сопротивления, менее 0,1 Ом. Для градуировки кривых устанавливаем таймер со звуковым сигналом и электрическими метками. Показания цифрового мультиметра, аналогового милливольтметра параллельно подаются на специальный интерфейс компьютера.

Для подтверждения выбранного метода использования датчика ДТП-05 в режиме измерения, решаем задачу математического моделирования

прогрева тела датчика различными тепловыми потоками по времени.

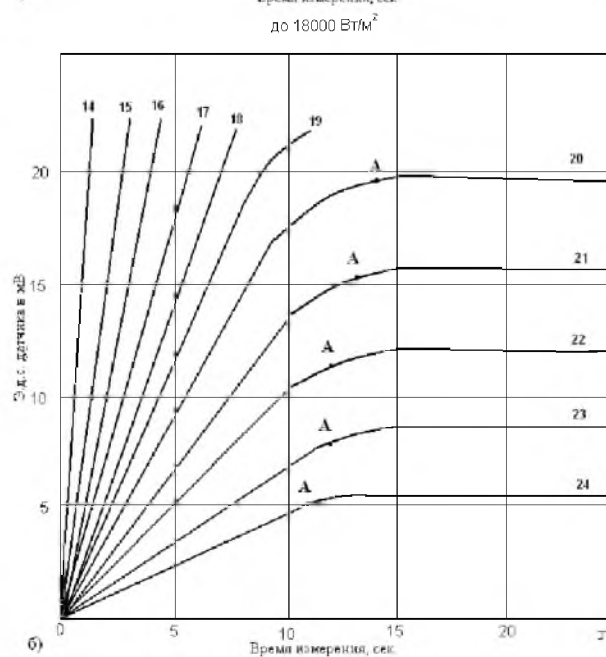
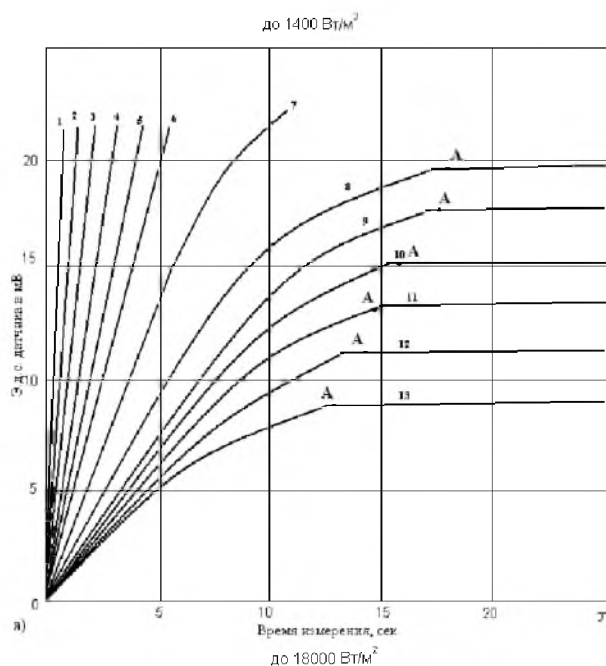


Рис. 3. Зависимость выходного сигнала датчиков от величины теплового потока и времени воздействия / The dependence of the output signal of the sensors on the magnitude of the heat flux and exposure time: а) – при тепловом потоке до 1400 Вт/м²; б) – при тепловых потоках до 18000 Вт/м².

Погрешность измерения растет с увеличением температуры тела датчика. Решение задачи путем математического моделирования позволяет выбрать наиболее оптимальный режим измерений датчика с учетом требований высокой чувствительности и разрешающей способности с широким диапазоном пределов измерений [11, 13].

Для оценки положительных и отрицательных сторон такого варианта использования датчика

необходимо исследовать поведение датчика ДТП-05 в переменных потоках теплового излучения. В реальности необходимо решить несколько задач с учетом факторов, влияющих на погрешность:

- определить температуру нагрева самого тела датчика при измерении теплового потока от 35 до 20000 Вт/м² в вакууме и в воздушной среде;
- определить время охлаждения датчика после замера без воздействия теплового потока излучения;
- установить зависимость температуры нагрева рабочего тела датчика от измеряемого теплового потока излучения.

Рассмотрим поведение рабочего тела датчика в тепловом потоке излучения.

На рабочее тело (пластину) датчика ДТП-05 воздействует тепловой поток излучения Q, который нагревает рабочее тело датчика. В свою очередь рабочее тело датчика, нагреваясь, само будет излучать теплоту. Тепловой поток излучения с обеих сторон пластины q_и будет равен:

$$q_u = 2\varepsilon\sigma(T_c^4 - T^4), \quad (1)$$

где:

q_и – излучаемый тепловой поток, кВт/м²;

ε – степень черноты пластины датчика;

σ – постоянная Стефана-Больцмана;

T_c – температура среды, К;

T – температура нагрева пластины датчика, К.

Рабочее тело датчика в виде пластины в данном случае имеет толщину 0,003 м, при такой толщине пластины рабочее тело можно (рис.4) считать термически тонким (т.к. отсутствует градиент температуры по толщине). При использовании допущения критерия тонкого тела [1, 3-4], принимаем ε=0,1, тогда будем иметь:

$$\delta_{nl} = \sqrt{2a\tau \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}}. \quad (2)$$

при а

$$a = \frac{\lambda_r}{\rho c}, \quad (3)$$

где:

c – теплоемкость вещества, (Дж/кг*К);

δ – толщина пластины датчика, м;

а – тепловая активность;

τ – время, сек;

ε – степень черноты пластины датчика;

ρ – плотность материала датчика, кг/м³;

λ_r – коэффициент теплопроводности, (Вт/м*К).

Для датчика a=5,9*10⁻⁷ м²/с, τ принимаем равным 1 сек. Определим допустимую толщину пластины

$$\delta_{nl} = \sqrt{2 * 5,9 * 10^{-7} * 0,11} = 0,35 * 10^{-3} \text{ м}$$

Полученная допустимая толщина пластины выдерживает условие

δ_{nl} допустимое > δ_{факт} = 0,30*10⁻³, при котором

пластину можно считать термически тонким телом.

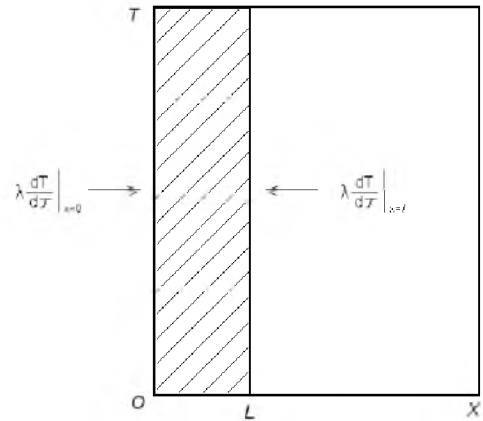


Рис. 4. Схема воздействия тепловых полей на пластину датчика / Diagram of the effects of thermal fields on the wafer sensor

В таком случае уравнение теплопередачи в пластине рабочего тела датчика имеет вид [10]:

$$\frac{dT}{d\tau} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}. \quad (4)$$

с учетом принятых граничных условий (рис.4.)

$$\lambda_r \frac{dT}{d\tau} \Big|_{x=0} = \alpha(T - T_c) + \varepsilon\sigma(T^4 - T_c^4), \quad (5)$$

где: α – коэффициент конвективной теплоотдачи

$$\lambda_r \frac{dT}{d\tau} \Big|_{x=L} = \alpha(T - T_c) + \varepsilon\sigma(T^4 - T_c^4). \quad (6)$$

Для критерия тонкого тела дивергентным членом $\frac{d^2T}{dx^2}$ можно пренебречь из-за малого температурного перепада по толщине. Это позволяет уравнения (4-6) записать в виде (7), где граничные условия (5-6) включены в формулу (7) в виде источника тепла Q:

$$\rho c \Delta x S \frac{dT}{d\tau} = Q + 2\alpha(T - T_c) + 2\varepsilon\sigma(T^4 - T_c^4) \quad (7)$$

Уравнение (7) при α=const, T_c=const имеет решение в квадратурах [2, 5, 11]. При переменных значениях α и T_c уравнение решается численно на ПК. При воздействии теплового потока на пластину датчика в вакууме уравнение (7) примет вид:

$$\Delta x S \rho c \frac{dT}{d\tau} = Q + 2\varepsilon\sigma(T_c^4 - T^4), \quad (8)$$

где Δx – толщина пластины, м.

При воздействии теплового потока на пластину в воздушной среде необходимо учитывать

радиационную теплоотдачу q_k :

$$q_k = 2\alpha(T_c - T). \quad (9)$$

В этом случае уравнение (8) примет вид

$$\Delta x S \rho c \frac{dT}{d\tau} = Q + 2\varepsilon\sigma(T_c^4 - T^4) + 2\alpha(T_c - T). \quad (10)$$

При помощи уравнений (8) и (10) можно определить температуру нагрева пластины, при любой величине теплового потока.

Для определения области применения датчика необходимо знать температуру пластины во времени при охлаждении в воздушной среде и в вакууме без воздействия теплового потока Q . При решении уравнения (8) с изменяющимся тепловым потоком необходимо его решать численно. Уравнение в разностной форме для вакуума имеет вид:

$$\Delta x S \rho c \frac{T^{n+1} - T^n}{d\tau} = Q + 2\varepsilon\sigma [T_{cp}^4 - (T^n)^4] \quad (11)$$

$$T^{n+1} = \frac{d\tau}{\rho \Delta x S c} \left\{ Q + 2\varepsilon\sigma [T_{cp}^4 - (T^n)^4] \right\} + T^n, \quad (12)$$

где $d\tau$ - шаг по времени;

$n = 0, 1, 2, \dots, \infty$.

Для оценки теплового потока возникла

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Адрианов В. Н. Основы радиационного и сложного теплообмена / В. Н. Адрианов. – М.: Энергия, 1992. – 464 с.
Adrianov V. N. Osnovy radiatsionnogo i slozhnogo teploobmena / V. N. Adrianov. – M.: Ehnergiya, 1992. – 464 s.
2. Аметистов Е. В. Основы теории теплообмена / Е. В. Аметистов. М.: МЭИ, 2011. – 242 с.
Ametistov E. V. Osnovy teorii teploobmena / E. V. Ametistov. M.: MЭИ, 2011. – 242 s.
3. Геращенко О. А. Основы теплотехники / О. А. Геращенко. – К.: Наукова думка, 1991. – 192 с.
Gerashhenko O. A. Osnovy teplometrii / O. A. Gerashhenko. – K.: Naukova dumka, 1991. – 192 s.
4. Гордов А. Н. Основы температурных измерений / А. Н. Гордов, О. М. Жагулло, А. Г. Иванова. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 304 с.
Gordov A. N. Osnovy temperaturnykh izmerenij / A. N. Gordov, O. M. Zhagullo, A. G. Ivanova. – M.: Energoatomizdat, 1992. – 304 s.
5. Зигель Р., Хауэлл Дж. Теплообмен излучением / Р. Зигель, Дж. Хауэлл. – М.: Мир, 2005. – 934 с.
Zigel' R., Khauehll Dzh. Teploobmen izlucheniem / R. Zigel' Dzh. Khauehll. – M.: Mir, 2005. – 934 s.
6. Криксунов Л. З. Основы инфракрасной техники / Л. З. Криксунов. – М.: Сов. радио, 1988. – 400 с.
Kriksunov L. Z. Osnovy infrakrasnoj tekhniki / L. Z. Kriksunov. – M.: Sov. radio, 1988. – 400 s.
7. Линеveg Ф. Измерение температур в технике / Ф. Линеveg; [пер. с немец. Т. И. Киселева, В. А. Федорович под ред. Л. А. Чарикова]; справочник: М.: Металлургия, 1989. – 543 с.
Lineveg F. Izmerenie temperatur v tekhnike / F. Lineveg; [per. s nemets. T. I. Kiseleva, V. A. Fedorovich pod red. L. A. Charikhova]; spravochnik: M.: Metallurgiya, 1989. – 543 s.

Поступила в редколлегию 26.03.2015

Принята к печати 26.03.2015

необходимость реализации математической модели температурного поля датчика ДТП-05 по отработке единой методики измерения теплового потока.

Научная новизна и практическая значимость

В результате экспериментальных и теоретических исследований впервые установлено, что для измерения как малых, так и значительных по величине тепловых потоков необходимо использовать низкопределные, но высокочувствительные датчики, при этом, дозируя время доступа теплового потока.

Выводы

В результате проведенных исследований 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/м², что вносит значительную погрешность в измерения. 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.

1989. – 543 с.

Lineveg F. Izmerenie temperatur v tekhnike / F. Lineveg; [per. s nemets. T. I. Kiseleva, V. A. Fedorovich pod red. L. A. Charikhova]; spravochnik: M.: Metallurgiya, 1989. – 543 s.

8. Стрежекуров Э. Е. Особенности исследования терморadiационной напряженности в горячих цехах промышленности / Э. Е. Стрежекуров // Системные технологии. – №4. – 2009. – С. 15–18.

Strezhekurov Eh. E. Osobennosti issledovaniya termoradiatsionnoj napryazhennosti v goryachikh tsekhakh promyshlennosti / Eh. E. Strezhekurov // Sistemye tekhnologii. – №4. – 2009. – С. 15–18.

9. Термометры, датчики для измерения температуры в промышленности. К.: Наукова думка, 1972. – 224 с.

Termopribory, datchiki dlya izmereniya temperatury v promyshlennosti. K.: Naukova dumka, 1972. – 224 s.

10. Hespel L., Mainguy S., Grajft J.-J. Radiative properties of scattering and absorbing dense media: theory and experimental study. // Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer. 2013. – Vol. 77. – P. 193–210.

11. Makino T. Thermal radiation properties of ceramic materials / T. Makino, T. Kunitomo, I. Sakai // Heat Transfer Japan. Res. 2014. – Vol. 13. – No. 74. – P. 33–50.

12. Nicolau V.P. Spectral radiative properties identification of fiber insulating materials / V.P. Nicolau, M. Raynaud, J.-F. Sacadura // Int. J. Heat Mass. Transfer. 2014. – Vol. 37. – Suppl. 1. – P. 311–324.

13. Wentink T. Infrared emission spectra / T. Wentink, W.G. Planet // J. Opt. Soc. Amer. – 2011. – Vol. 51. – No. 36. – P. 595–603.

Статья рекомендована к публикации в *журнале «Строительство, материаловедение, машиностроение: Стародубовские чтения»*, проф. В. Н. Дервянко (Украина); *журнале «Строительство, материаловедение, машиностроение: Стародубовские чтения»*, проф. С. З. Полищук (Украина)