

УДК 551.510.534:621.383.52

ВИМІРЮВАННЯ ГУСТИНИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ В КАМЕРІ ЗГОРЯННЯ

¹Ветошніков В.С., ¹Добровольський Ю.Г., ²Пресняк І.С., ¹Шабашкевич Б.Г.,
²Шафран Л.М.

¹НВФ «Тензор», ²ДП «УкрНДІ МТ»

Вперше поступила в редакцію 12.09.2006 г. Рекомендована к печати на заседании ученого совета НИИ медицины транспорта протокол № 5 от 30.06.2006 г.

Введення

Різноманітність матеріалів, що використовуються сьогодні для оздоблення житлових та виробничих приміщень, окрім суто технічних та дизайнерських вимог до цих матеріалів, висуває також завдання забезпечення безпеки для людей, яка знаходиться в їх оточенні. Це стосується не лише їх безпечності у нормальних кліматичних умовах, але і в екстремальних, наприклад при їх загорянні, оскільки продукти згоряння різноманітних матеріалів, як правило, містять токсичні речовини, небезпечні для здоров'я та життя людей. Загоряння матеріалів відбувається внаслідок дії теплових потоків, спричиняючих підвищення їх температури. Тому вивчення умов, при яких відбувається загоряння, зокрема густина теплового потоку, при якій температура певного матеріалу піднімається до критичної межі його розпаду на певні складові, у тому числі газові, здатні викликати отруєння і навіть загибель людей, є актуальним завданням як сучасної токсикології так і технічної науки.

Метою роботи було створення пристрою для вимірювання густини теплового потоку у камері згоряння в межах 10 – 60 кВт/м² з похибкою вимірювання не більше ± 10 %.

Огляд аналогів

Здійснення вимірювання густини теплового потоку у камері згоряння в межах 10 – 60 кВт/м², важливо вірно обрати як спосіб вимірювання так і датчик, який для цих вимірювань використовується.

Серед відомих способів вимірювання густини теплового потоку можна відмітити

спосіб [1], який полягає у тому, що в якості датчика теплового потоку використовують термоелектричні чутливі елементи, а для забезпечення вимірювання великих теплових потоків, приймальну поверхню датчика вкривають відбиваючим шаром. Досить точні результати вимірювань дає спосіб порівняльної калориметрії [2], за яким відбувається порівняння теплових потоків, створюваної поглинутою променевою потужністю та точно відомою електричною потужністю. Загальним недоліком згаданих способів є та обставина, що при високих густинах потоку (10 – 100 кВт/м²) в камері згоряння, датчики потоку потрібно охолоджувати, що в умовах малого об'єму камери згоряння веде до охолодження не лише датчика, але і робочого об'єму камери, і, таким чином, порушує термодинамічну рівновагу в ній. Це, у свою чергу, приводить до спотворення результатів вимірювання.

Стандартизованим способом вимірювання густини теплового потоку в камері згоряння, якого сьогодні дотримуються дослідники, є спосіб, викладений у ГОСТ 12.1044-89 Система стандартів безпеки праці. Пожаровзриво-безпеку речовин і матеріалів. Номенклатура показателів і методи їх визначення [3], згідно якому потік теплового випромінювання повинен падати на датчик теплового потоку, змонтований в камері згоряння, а електричний сигнал з нього, виводиться на електронний блок металевими провідниками. Основним недоліком згаданого способу є те, що в ньому застосовано датчик Гордона, який потребує охолодження водою. Ця обставина, як і у попередніх аналогів, в умовах малого об'єму камери (3-4 дм³)

громадян, розвиток держави в цілому.

5. Необхідний рівень довіри повинен бути заснований на технічній компетентності виробника, лабораторій, органів з сертифікації, інспекції та акредитації та на прозорості процедур з оцінки відповідності. Як технічна оцінка третьою стороною акредитація є важливим інструментом для довіри до результатів робіт ООВ.

Таким чином, головна вимога до системи оцінки відповідності в державі міститься в створенні довіри споживачів до робіт з сертифікації, інспекції та випробувань.

Література:

1. Закон України „Про акредитацію органів з оцінки відповідності” від 17 травня 2001 року №2407.
2. Закон України „Про підтвердження відповідності” від 17 травня 2001 року №2406.
3. Закон України „Про стандартизацію” від 17 травня 2001 року №2408.
4. Закон України „Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності” від 1 грудня 2005 року №3164.
5. Закон України „Про метрологію та метрологічну діяльність” від 15 червня 2004 року №1765-IV(зі змінами).
6. ДСТУ ISO/IEC 17025-2001 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.
7. ДСТУ 3411-96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до органів сертифікації продукції та порядок їх призначення і надання повноважень на діяльність у системі (зі змінами).
8. ДСТУ 3412-96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до випробувальних лабораторій (зі змінами).

9. Новиков В.М., Никитюк О.А. Основы аудиту в лабораториях: Навчальний посібник. – К.: Нора-прінт, 2004. – 230с.

Резюме

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНТНОСТИ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

Згуря В.І., Харченко І.О.

Сегодня национальная система аккредитации находится на переходном этапе к внедрению европейских требований. Формирование единственной технической политики в сфере оценки соответствия осуществляется через разработку и внедрение нормативно-правовых актов и организационно-методических документов. Внедрение ДСТУ ISO/IEC 17025-2001 облегчит сотрудничество между лабораториями и поможет в обмене информацией и опытом, в гармонизации стандартов и процедур.

Summary

MODERN APPROACHES TO THE DECISION OF THE ASSESSMENT OF TESTING LABORATORIES COMPETENCE

Zguria V.I., Kharchenko I.O.

The national system of accreditation is at a transitive stage to introduction of the European demands today.

Formation of a uniform technical politics in sphere of an assessment of conformity is carried out through development and introduction of normative certificates and organizational-methodical documents.

Introduction GOST ISO/IEC 17025-2001 will facilitate cooperation between laboratories and will help with information interchange and experience, in harmonization of standards and procedures.

УДК 551.510.534:621.383.52

ВИМІРЮВАННЯ ГУСТИНИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ В КАМЕРІ ЗГОРЯННЯ

¹Ветошніков В.С., ¹Добровольський Ю.Г., ²Пресняк І.С., ¹Шабашкевич Б.Г.,
²Шафран Л.М.

¹НВФ «Тензор», ²ДП «УкрНДІ МТ»

Вперше поступила в редакцію 12.09.2006 г. Рекомендована к печати на заседании ученого совета НИИ медицины транспорта протокол № 5 от 30.06.2006 г.

Введення

Різноманітність матеріалів, що використовуються сьогодні для оздоблення житлових та виробничих приміщень, окрім суто технічних та дизайнерських вимог до цих матеріалів, висуває також завдання забезпечення безпеки для людей, яка знаходиться в їх оточенні. Це стосується не лише їх безпечності у нормальних кліматичних умовах, але і в екстремальних, наприклад при їх загорянні, оскільки продукти згоряння різноманітних матеріалів, як правило, містять токсичні речовини, небезпечні для здоров'я та життя людей. Загоряння матеріалів відбувається внаслідок дії теплових потоків, спричиняючих підвищення їх температури. Тому вивчення умов, при яких відбувається загоряння, зокрема густина теплового потоку, при якій температура певного матеріалу піднімається до критичної межі його розпаду на певні складові, у тому числі газові, здатні викликати отруєння і навіть загибель людей, є актуальним завданням як сучасної токсикології так і технічної науки.

Метою роботи було створення пристрою для вимірювання густини теплового потоку у камері згоряння в межах 10 – 60 кВт/м² з похибкою вимірювання не більше ± 10 %.

Огляд аналогів

Здійснення вимірювання густини теплового потоку у камері згоряння в межах 10 – 60 кВт/м², важливо вірно обрати як спосіб вимірювання так і датчик, який для цих вимірювань використовується.

Серед відомих способів вимірювання густини теплового потоку можна відмітити

спосіб [1], який полягає у тому, що в якості датчика теплового потоку використовують термоелектричні чутливі елементи, а для забезпечення вимірювання великих теплових потоків, приймальну поверхню датчика вкривають відбиваючим шаром. Досить точні результати вимірювань дає спосіб порівняльної калориметрії [2], за яким відбувається порівняння теплових потоків, створюваної поглинутою променевою потужністю та точно відомою електричною потужністю. Загальним недоліком згаданих способів є та обставина, що при високих густинах потоку (10 – 100 кВт/м²) в камері згоряння, датчики потоку потрібно охолоджувати, що в умовах малого об'єму камери згоряння веде до охолодження не лише датчика, але і робочого об'єму камери, і, таким чином, порушує термодинамічну рівновагу в ній. Це, у свою чергу, приводить до спотворення результатів вимірювання.

Стандартизованим способом вимірювання густини теплового потоку в камері згоряння, якого сьогодні дотримуються дослідники, є спосіб, викладений у ГОСТ 12.1044-89 Система стандартів безпеки праці. Пожаровзриво-безпеку речовин і матеріалів. Номенклатура показателів і методи їх визначення [3], згідно якому потік теплового випромінювання повинен падати на датчик теплового потоку, змонтований в камері згоряння, а електричний сигнал з нього, виводиться на електронний блок металевими провідниками. Основним недоліком згаданого способу є те, що в ньому застосовано датчик Гордона, який потребує охолодження водою. Ця обставина, як і у попередніх аналогів, в умовах малого об'єму камери (3-4 дм³)

веде до спотворення результатів вимірювань.

Отже, відомі способи, хоча і дозволяють здійснювати контроль густини теплового потоку, мають суттєві недоліки, які спричиняють спотворення результатів вимірювань.

Дещо удосконалити відомі способи вимірювань можна за допомогою застосування спеціалізованих приладів та датчиків. Серед засобів для вимірювання густини теплового потоку та теплової радіації (енергетичної освітленості), відомі прилади, які за звичай побудовані на принципах вимірювання температури і перерахування отриманих значень температури у одиниці теплового потоку. Наприклад радіаційні пірометри типу РАПАП-1 та РАПАП-2 [4]. В цих виробках в якості датчика використовується піроелектричний приймач. Неселективний радіометр «Аргус-3» [5] забезпечує вимірювання енергетичної освітленості в діапазоні 0,5 – 20 мкм. Загальним недоліком зазначених приладів є непряме вимірювання теплового потоку, що веде до певного спотворення результатів вимірювань. Окрім того, конструкція згаданих приладів передбачає вимірювання обмежених значень енергетичної освітленості (відповідно густини теплового потоку).

Вимірювати густину теплового потоку можливо за допомогою перетворювача теплового потоку високої інтенсивності ПТП_{ВТ}, або радіометрів РАП-12, РАП-12М, виробництва Інституту технічної теплофізики НАН України. Згадані вимірювачі можна розміщати безпосередньо в камері згоряння, а в якості вимірювального блоку потрібно застосувати вимірювальні прилади, наприклад вольтметр з певними характеристиками. Як стверджує рекламна інформація, похибка вимірювань цих датчиків

складає $\pm 3\%$ у діапазоні температур від 20 до 95 °С (що мало ймовірно, оскільки в якості чутливого елемента тут використовуються термопари, які в залежності від температури відповідно мають різні значення похибки вимірювань). Основним їх недоліком є застосування для їх охолодження потоку води. Оскільки датчик повинен розташовуватись у камері згоряння безпосередньо біля кювети, теплове навантаження датчика охолоджуватиме кювету, оскільки менше неї лише у 2–3 рази (діаметр датчиків 80 та 55 мм). При цьому охолодження датчика охолоджує і кювету, що приводить до спотворення її теплових характеристик і охолодження зразка при дослідженні його запалення. Таким чином відбуватиметься спотворення результатів вимірювань. Слід зазначити, що похибка вимірювань згаданих охолоджуваних датчиків буде суттєво залежати від швидкості потоку охолоджуючої рідини, яку потрібно регулювати в залежності від температури в камері. Крім того, оскільки кабелі для передачі сигналу з датчика до вимірювального приладу також проходять через робочий об'єм камери згоряння, зміна температури не може не впливати на коректність вимірювань. Тому вимірювання густини теплового потоку за допомогою згаданих датчиків з похибкою не більше 10 % в умовах, визначених ТЗ неможливо без створення спеціальних систем контролю та регуляції вимірюваних значень потоку, швид-

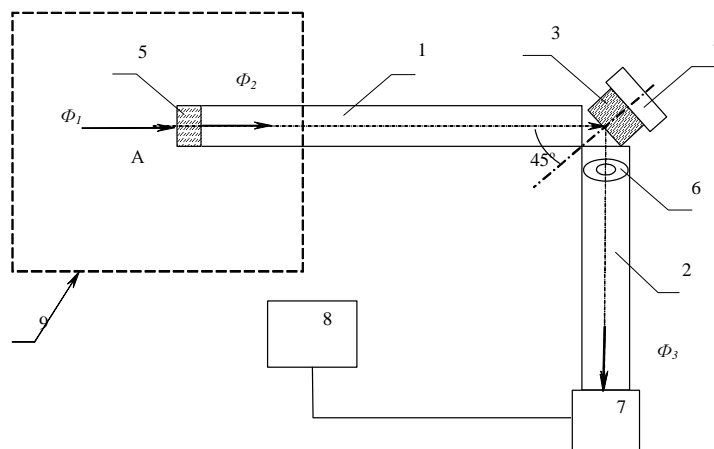


Рис. 1. Структурна схема пристрою для вимірювання густини теплового потоку на базі модифікованого радіометра енергетичної освітленості РАТ-2ПМ

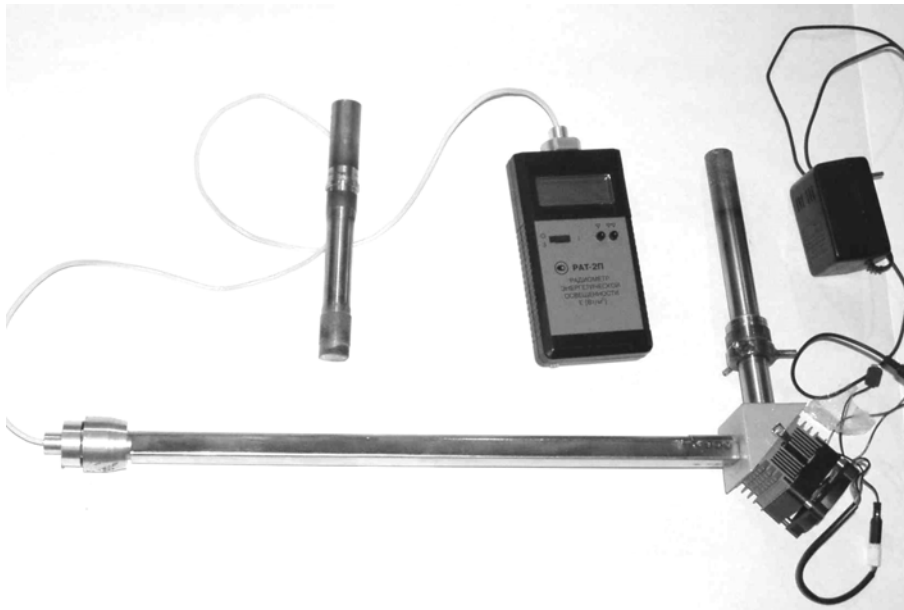


Рис. 2. Зовнішній вигляд пристрою для вимірювання густини теплового потоку: 1- заглушка, 2- хвильовід, що вводиться в камеру згоряння, 3- блок живлення кулера, 4- пристрій для кріплення хвильоводу у стінці камери згоряння.

кості потоку води в залежності від температури в камері.

Результати дослідження та їх обговорення

Найбільш близьким до забезпечення умов вимірювань на наш погляд, є радіометр енергетичної освітленості РАТ-2П [6, 7], який забезпечує вимірювання енергетичної освітленості у діапазоні $10 - 2 \cdot 10^4$ Вт/м². Його недоліками, як і інших приладів, є вузький діапазон вимірювання енергетичної освітленості та необхідність забезпечення кімнатної температури датчика.

Виходячи з аналізу відомого рівня техніки НВФ «Тензор» спільно з ДП «Українським Науково-дослідним інститутом медицини транспорту» МОЗ України розроблений пристрій для вимірювання густини теплового потоку на базі модифікованого радіометра енергетичної освітленості РАТ-2ПМ [8], структурна схема якого наведена на рисунку 1. Зовнішній вигляд пристрою наведений на рисунку 2. На ньому, окрім позицій, наведених на рисунку 1 представлена спеціальна заглушка (1), призначена для закривання отвору в корпусі камери, через який вводиться хвильовід (2). Також при представленні блок живлення кулера (3) та пристрій для фіксації хвильоводу в кор-

пусі камери (4).

Пристрій (рис. 1) складається з порожнинного хвильоводу, представлено двома порожнинними трубами (1) та (2), з'єднаних під кутом 90°. На стику труб міститься дзеркальний відбивач (3) з охолоджувачем (4). Вхідне вікно труби (1), через яку потік від джерела випромінювання Φ_1 входить в оптичний канал, захищено послаблюючим фільтром (5). На вхідному торці другої труби (2) встановлено діафрагму (6), а на

вихідному її торці розміщується датчик (7) для реєстрації відбитого від дзеркального відбивача потоку Φ_2 . Датчик (7) з'єднаний з вимірювальним блоком (8). Частина порожнинного хвильоводу, зокрема порожнинна труба (1) із послаблюючим вхідним вікном-фільтром (5) розташовується у камері (9), в якій відбувається генерація потоку Φ_1 і створюється висока температура.

Запропонований пристрій для вимірювання густини теплового потоку працює наступним чином. Потік випромінювання Φ_1 , який генерується певним джерелом у камері (9) і створює певний рівень енергетичної освітленості, через вхідне вікно-фільтр (5) потрапляє у порожнинну трубу (1) порожнинного хвильоводу. При цьому падаючий потік Φ_1 зменшується до величини Φ_2 , яка менше Φ_1 . Різниця між потоками визначається поглинаючими властивостями вхідного вікна-фільтра (5). Потік випромінювання, який проходить порожнинну трубу (1) відбивається від дзеркального відбивача (3) під кутом 90° і потрапляє до другої порожнинної труби (2) порожнинного хвильоводу, а пройшовши її потрапляє на датчик (7). При цьому величина потоку випромінювання Φ_2 зменшується до величини Φ_3 , яка визначається як загальною

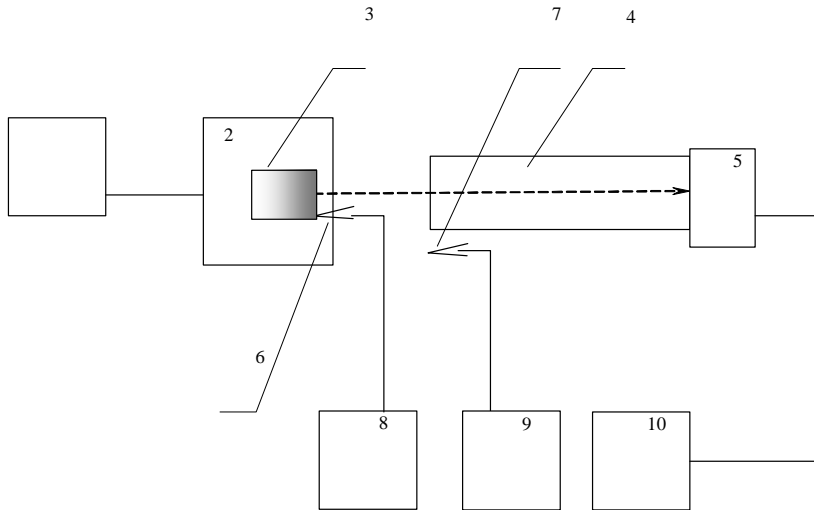


Рис. 3. Блок-схема установки для вимірювання залежності енергетичної освітленості від температури.

1-джерело живлення випромінювача, 2-піч, 3-випромінювач, 4-оптичний канал (хвильовід), 5-приймач випромінювання, 6,7-термопари хромель-алюмелеві, 8,9-вольтметри В7-35, 10-вимірювальний блок РАТ-2ПМ.

довжиною порожнинного хвильоводу, а саме довжиною порожнинних трубок (1) та (2), а також відбиваючими властивостями дзеркального відбивача (3). Для забезпечення температурної стабільності дзеркального відбивача він споряджений спеціальним охолоджувачем (4), який забезпечує температуру дзеркала не більше 20 °С. Електричний сигнал, генерований датчиком (7) внаслідок його опромінювання потоком випромінювання Φ_3 , потрапляє до вимірювального блоку (8), де здійснюється його підсилення та перерахування у одиниці енергетичної освітленості. При необхідності вимірювання більших потоків випромінювання, ніж ті, на які розрахована запропонована конструкція, на вході порожнинної труби (2) встановлюється діафрагма, діаметр якої визначається якою діапазоном енергетичної освітленості, яка вимірюється.

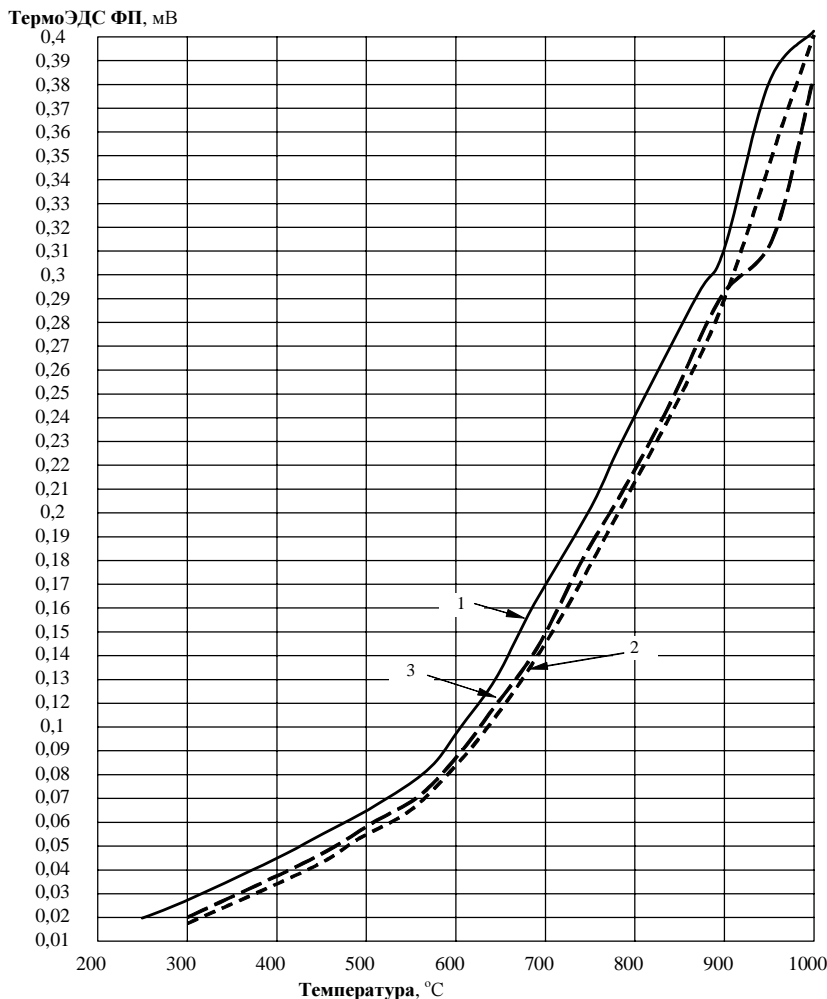


Рисунок 4. Залежність термоЕРС приймача від температури навколо нього

Дзеркало відбивача зроблено з нікелю, на-

пиленого на керамічну підкладку. Його охолодження здійснювалось за допомогою термоелектричного модуля Пельтьє та повітряного вентилятора. В якості датчика використаний неселективний термоелектричний приймач оптичного випромінювання на основі батареї анізотропних термоелектричних елементів на основі монокристалічного антимоніду кадмію. Вимірювальним блоком слугував модернізований радіометр енергетичної освітленості «РАТ-2ПМ» виробництва НВФ «Тензор».

Застосування порожнинного хвильоводу, послаблюючого фільтра, дзеркального відбивача та діафрагми дозволяє зменшувати величину потоку падаючого оптичного випромінювання Φ_1 у певну кількість разів до величини Φ_3 , яку здатен вимірювати серійний вимірювач енергетичної освітленості. Це дозволяє не тільки розширити діапазон вимірювання енергетичної освітленості, а і керувати величиною падаючого потоку. Стійкість запропонованої конструкції приладу забезпечує та обставина, що датчик для вимірювання потоку випромінювання винесений з об'єму високої температури.

Проведено дослідження створеного оптичного каналу (хвильоводу) в умовах, максимально наближе-

них до умов використання – вимірювання потоку, генерованого резистивним джерелом. Мета цього дослідження – виявити, наскільки лінійно оптичний канал (з урахуванням послаблення) передає сигнал на приймач вимірювального блоку в умовах підвищених температур.

Оскільки умови застосування радіометра РАТ-2ПМ, який входить до складу приладу, не передбачають його використання при температурах вище кімнатних, в якості датчика потоку застосовано фотоприймач (ФП), який використовується у цьому радіометрі, але був захищений від перегріву спеціальним екраном та лейкосапфіровим вікном. ФП являє собою батарею анізотропних термоелектричних елементів на основі монокристалічного антимоніду кадмію, з чорною приймальною площиною. Вольтова чутливість ФП складає 0,35 В/Вт. Діаметр вхідного вікна кришки приймача 3 мм. При вимірюваннях застосовувалась установка, блок схема якої наведена на рисунку 3. Для цих досліджень, як вказано вище, застосовано окремий ФП (поз. 5 на рис. 3). ТермоЕРС вимірювалось за допомогою комбінованого цифрового прибору Щ 300 (поз. 10 на рис. 3). Вимірювання термоЕРС проводились в три проходи: в діапазоні температур від 200 °С до

Таблиця 1

Результати вимірювань коефіцієнту послаблення оптичного каналу *K*

T, °C	Вимір рис.4	Термо ЕРС ФП, мВ	Термо ЕРС ФП + опт. канал, мВ	К-т послаб. К	Загал. К
300	1	0,025	4,4 · 10 ⁻⁴	56,6	56,8
	2	0,018	3,15 · 10 ⁻⁴	57	
	3	0,02	3,5 · 10 ⁻⁴	56,9	
400	1	0,045	7,9 · 10 ⁻⁴	56,5	56,16
	2	0,035	6,3 · 10 ⁻⁴	55,9	
	3	0,038	6,7 · 10 ⁻⁴	56,1	
500	1	0,065	11,5 · 10 ⁻⁴	56,4	56,36
	2	0,055	9,8 · 10 ⁻⁴	55,9	
	3	0,06	10,5 · 10 ⁻⁴	56,8	
600	1	0,097	17,1 · 10 ⁻⁴	56,5	56,7
	2	0,085	15,0 · 10 ⁻⁴	56,7	
	3	0,087	15,3 · 10 ⁻⁴	56,9	
700	1	0,17	29,7 · 10 ⁻⁴	57,1	56,8
	2	0,14	24,6 · 10 ⁻⁴	56,8	
	3	0,15	26,5 · 10 ⁻⁴	56,5	

Таблиця 2.

Результати вимірювань енергетичної освітленості

№ вим.	Q РАТ-2ПМ, Вт/м ²	Q РАТ-2ПМ опт.канал, Вт/м ²	K	Загал. К	δ, %
1	1705	30	56,8	57,42	1,5
2	1710	30	57		1
3	1712	30	57		1
4	1708	29	58,9		3
5	1717	31	55,4		4
6	1721	30	57,3		1
7	1710	29	59		3
8	1703	29	58,7		2
9	1702	30	56,7		1,5

1000 °С (перший прохід (1); від 1000 °С до 300 °С (другий прохід (2); від 300 °С до 1000 °С (третій прохід (3). Результати вимірювань наведено на рисунку 4. На ньому спостерігається дві лінійні ділянки – від 300 до 550 (600) °С та від 550 (600) до 900 °С. Кут нахилу першої близько 30°, другої близько 60°. Їх наявність пояснюється тим, що згідно закону Вина [9] максимум спектральної характеристики випромінювання чорного тіла, як ідеального випромінювача із суцільним спектром випромінювання, із зростанням температури зміщується в області більш коротких довжин хвиль, при цьому після температури 500 °С спостерігається більш крутий зсув ніж після.

Як видно на рисунку 4 три графіки дещо відрізняються. Перший (1) має більш високі значення термоЕРС у порівнянні з двома другими. Це пояснюється тим, що при першому проході (від 200 до 1000 °С) вхідна частина оптичного каналу (хвильово-

ду) прогрівався. Це підтверджують графіки (2) та (3), на яких відмінності мізерні і складають в середньому від 0,01 до 0,005 мВ в діапазоні температур 600 – 800 °С і ще менше при нижчих температурах, що, складає менше 5 %.

Було визначено також значення коефіцієнту послаблення оптичного каналу K (хвильоводу) за допомогою порівняння вимірюваних значень термоЕРС ФП, захищеним відповідним екраном та лейкосапфіровим фільтром від перегріву безпосередньо перед джерелом випромінювання, та значень термоЕРС, вимірюваних через оптичний канал (хвильовід). Оскільки для таких вимірювань важливо мати стабільні значення температури, вони проводились при фіксованих температурах. А саме: 300 °С, 500 °С, 600 °С, 800 °С. Результати вимірювань наведені у таблиці 1.

Як видно з таблиці 1 відхилення від середнього значення коефіцієнту послаблення K складає не більше ± 1 %. Коефіцієнт послаблення оптичного каналу складає від 56,8 до 56,16, т.т в середньому 56,56. Тобто тепловий потік густину 80 кВт/м² може бути послаблений до 1408 та 1424 Вт/м². Різниця складає 24 Вт/м² що не перевищує 2 %.

Коефіцієнт послаблення оптичного каналу K та межі основної відносної похибки вимірювання d експериментального зразка приладу для вимірювання енергетичної освітленості на базі радіометра енергетичної освітленості РАТ-2ПМ (ИДНМ 3.004.000.00 зав. № 554) визначалися також при вимірюванні енергетичної освітленості на установці для перевірки засобів вимірювань енергетичної освітленості ИДНМ4.009.00.00 за допомогою еталонного порожнинного термостовпчика ПП-1 зав. № 24, свідоцтво № 91 (дійсне до 1.03.2007 р.). Результати вимірювань наведено в таблиці 2.

Межа основної відносної похибки вимірювань радіометра РАТ-2ПМ згідно пас-

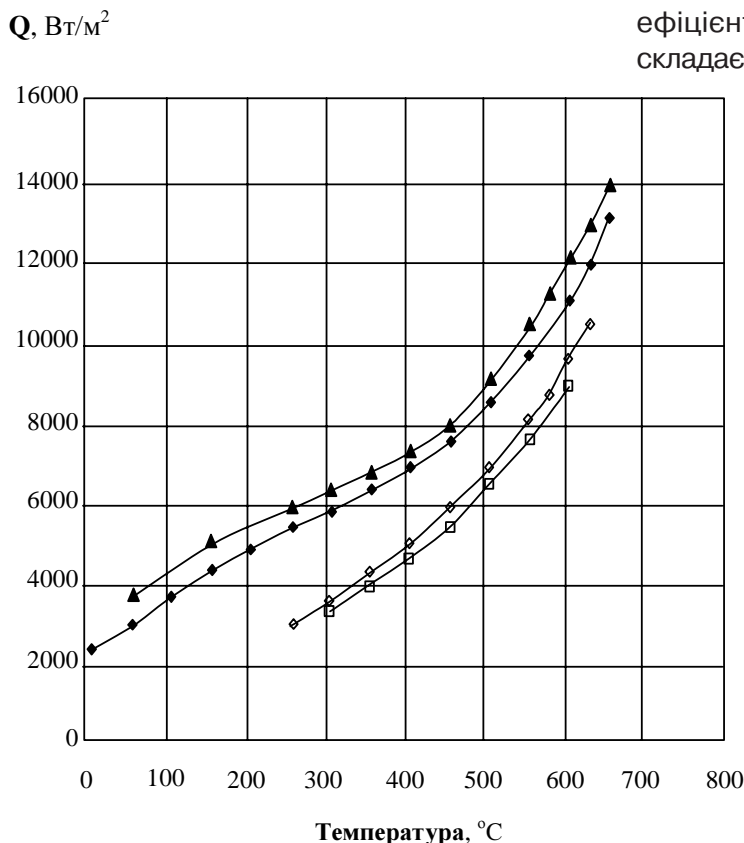


Рис. 5. Значення густини теплового потоку (Q) та температури, виміряні у камери згоряння.

- ◆ нагрівання № 1 □ охолодження № 1
- ▲ нагрівання № 2 ◊ охолодження № 2

порту ИНМЗ.004000.00ПС d_p складає $\pm 6\%$. Величина загальної похибки вимірювань експериментального зразка приладу для вимірювання енергетичної освітленості d складається з похибки оптичного каналу d_K ($\pm 6\%$) та похибки радіометра d_p ($\pm 4\%$):

$$\delta = \pm \sqrt{\delta_K^2 + \delta_p^2} = \pm \sqrt{16 + 36} = \pm 7,2\%.$$

Таким чином, величина коефіцієнту послаблення оптичного каналу K за результатами цих досліджень складає 57,42, а коефіцієнт послаблення оптичного каналу визначений при вимірюваннях у діапазоні температур 400 – 700 °С складає 56,56. Очевидно, що результати, отримані на атестованій установці варто вважати за основні, хоча, обидва отриманих значення відрізняються лише на 2%.

Також проведено дослідження роботи розробленого приладу у складі камери згоряння, розробленої в ДП «Українським Науково-дослідним інститутом медицини транспорту» МОЗ України на основі рекомендацій, викладених у [3]. Результати досліджень наведено на рисунку 5.

Як показали дослідження, у діапазоні температур від 50 до 700 °С на зразку, розташованому на відстані 60 мм від резистивного джерела випромінювання, у камері вдалося досягнути густини теплового потоку (Q) лише 14000 Вт/м², що значно менше, ніж значення, наведені у згаданому стандарті (до 65 кВт/м²). При цьому за результатами дослідження було показано, що величина густини теплового потоку, виміряна при включеному та виключеному нагрівачеві (випромінювачі) в той же самий проміжок часу, відрізняються на три кіловати у всьому діапазоні температур, при яких проходили вимірювання. Це збільшення густини теплового потоку, зумовленого тепловим випромінюванням стінок та внутрішніх елементів камери згоряння, які розігріваються за рахунок променевого потоку.

Оскільки температура зразка контролювалась за допомогою окремої термопари, то величина теплового потоку мала би бути щонайменше 50000 Вт/м²

(згідно стандарту [3] при 700 °С. Але при цій температурі було досягнуто лише 14000 Вт/м².

Причина такого явища на наш погляд полягає у недосконалій конструкції внутрішнього об'єму камери згоряння, джерела випромінювання, відсутності дзеркального відбивача у джерела випромінювання та деякими іншими причинами. Великі втрати теплової потужності зумовлені значним розсіюванням енергії на стінки камери та різноманітні елементи, розташовані всередині її.

У зв'язку з цим, керуючись отриманими результатами, нами розроблена концепція конструкції нової камери згоряння, в якій втрати променевої потужності, генерованої джерелом випромінювання, повинні бути мінімізовані.

Висновки

1. В результаті дослідження особливостей вимірювання густини теплового потоку у камері згоряння, створено пристрій, який забезпечує вимірювання зазначеної величини у діапазоні від 10 до 60 кВт/м² з межею основної відносної похибки вимірювання $\pm 7,2\%$.
2. Досліджено особливості роботи пристрою в камері згоряння, в наслідок чого сформульовані шляхи удосконалення існуючої камери згоряння.

Література

1. О.А. Геращенко. Основы теплотехники. К.: Наукова думка, 1971. с.15.
2. А.А. Кмитов, Ю.А. Склярков. Пиргелиомерия. Л.: Гидрометеоздат, 1981. с.30-31.
3. ГОСТ 12.1044-89 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М.: Издательство стандартов, 1990. с. 81-84.
4. Мухин Ю.Д., Подячев С.П., Цукерман В.Г., Чубаков П.А. Радиационные пирометры для измерения и контроля температуры РАПАП-1 и РАПАП-2// ПТЭ. -1997. -№ 5. -С.161-164.

5. <http://www.octava.ru>.
6. Пилат И.М., Шабашкевич Б.Г., Пироженко С.И. и др. Радиометры энергетической освещенности на анизотропных термоэлементах // Оптический журнал. –2000. -т.67. -№3. - с.83-85.
7. Б.Г. Шабашкевич, Ю.Г. Добровольський. Прецизійні засоби вимірювання характеристик теплового та оптичного випромінювання // Актуальные проблемы транспортной медицины. №2. –2005. –137-142.
8. Ветошніков В.С., Добровольський Ю.Г., Пресняк І.С., Селіваненко М.Г., Шабашкевич Б.Г., Шафран Л.М. Деклараційний патент України на корисну модель № 18078 Радіометр енергетичної освітленості. Заявка № u 2006 05456 від 01.06.06. Бюл. № 10, 16.10.2006 р.
9. Гессорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение: Пер. с франц. –М.: Мир, 1988. -416 с. (стр. 122).

Резюме

ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ

Ветошников В.С., Добровольський Ю.Г., Пресняк І.С., Шабашкевич Б.Г., Шафран Л.М.

Исследованы особенности измерения плотности теплового потока в камере сгорания. Создано устройство для измерения отмеченной величины в диапазоне от 10 до 60 кВт/м² с пределом основной относительной погрешности измерения $\pm 7,2$ %.

Summary

GAUGING OF DENSITY OF THE HEAT FLUX IN COMBUSTION CHAMBER

Vetoshnikov V.S., Dobrovolsky Yu.G., Presniak I.S., Shabashkevich B.G., Shafran L.M.

Features of gauging of density of a heat flux in combustion chamber are investigated. The device for gauging the this value in a range from 10 up to 60 kWt/m² with a limit of the main relative error of measuring $\pm 7,2$ % is built.