

УДК 614.89 : 669

А.С. БИЛИКОВ, д-р техн. наук, С.Ю. РАГИМОВ,

Г.Г. КАШЛЕНКО, канд. техн. наук

*Государственное высшее учебное заведение*

*«Промышленная государственная академия строительства и архитектуры»,*

*Истринский район*

В.М. КРАВЧУК

*Истринский государственный аграрный университет*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ С ВЫСОКИМ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЕМ

Рассматриваются вопросы совершенствования существующих методик исследования термодинамической напряженности на рабочих местах, повышения точности измерений теплового излучения, а следовательно, и достоверности получаемых данных.

Розглядаються питання вдосконалення існуючих методик дослідження термодинамічної напруженості на робочих місцях, підвищення точності вимірювань теплового випромінювання, а отже, й достовірності отримуваних результатів.

The article deals with improving existing methods for studying the thermodynamic tension in the workplace, to improve the accuracy of measurements of thermal radiation, and, consequently, the reliability of the data.

*Ключевые слова:* интенсивность теплового излучения, установка светового моделирования, фоновая засветка, термодинамическая напряженность.

Для оценки санитарно-гигиенических условий на рабочих местах горячих производств необходимо проводить замеры теплового излучения от источников излучения и на их основе определять облученность в заданных точках с учетом режима работы.

Проведение таких исследований в условиях действующих предприятий – процесс трудоемкий и не безопасный. При значительной интенсивности излучения и проведении замеров на близком расстоянии исследователь и приборы подвергаются значительным тепловым нагрузкам, снижается точность измерения, а следовательно, и достоверность данных. Поэтому очень часто вместо экспериментальных методов применяют расчетные. При применении расчетных методов возрастает величина ошибки и снижается достоверность данных. Поэтому для разработки паспорта источника излучения необходимо разработать новую более приемлемую методику исследования тепловой напряженности на рабочих местах.

Проведенный нами анализ известных способов определения интенсивности теплового излучения по номограммам и формулам [1-3]

показал, что они дают большую погрешность, обусловленную принятием целого ряда допущений многих переменных параметров, тесно связанных между собой.

Целью работы является разработка нового метода, который должен объединить экспериментальный и расчетные методы, сделав его безопасным не снижая точности измерений.

Идея метода заключается в том, что необходимо создать прибор, который с базовой точки, расположенной на любом безопасном расстоянии от источника, позволяет провести с достаточной точностью измерение интенсивности теплового облучения и угла, под которым будет виден источник излучения.

Нами было принято решение использовать световое моделирование при оценке термической облученности на рабочих местах. Так как оптическая и энергетическая освещенность изменяются по одним законам, то в качестве источника теплового излучения использовался равномерно освещенный полупрозрачный экран. В качестве модели элементарной площадки тела человека использовалась приемная фотоголовка с датчиком теплового потока ИТТФ АН Украины ДТП 02 – ДТП 03. В основном исследовалась зависимость местного углового коэффициента облучения и максимальных тепловых нагрузок, а также переход от косвенных измерений к прямым. Это позволяет прогнозировать условия труда по тепловому фактору на рабочих местах. При этом метод светового моделирования позволяет смоделировать и отобразить полученные результаты исследования для источников со сложными формами излучающей поверхности в виде максимально приближенных к реальным возможных полей облучения с целью обеспечения проектантов на стадии проектирования технологических агрегатов и технологий универсальным методическим пособием.

Величина отношения угла зрения (видимости источника излучения)  $\varphi_1 / \varphi_2$  имеет физический смысл – отношения плотности теплового потока излучения в данной и расчетной точках пространства, что позволяет решать поставленную задачу прогнозирования тепловой облученности на поверхности объекта облучения и обладает рядом преимуществ при проведении измерений.

Экспериментальная задача определения относительного теплового коэффициента облучения по физической дуге совпадает с физической задачей моделирования, для которой определяется отношение величин в произвольных точках пространства с последующим переходом к искомым единицам с помощью реперной точки. В нашем случае репером может служить точка освещенности излучающего экрана и



освещенность объекта.

Измерения проводили на разработанной нами [4] установке светового моделирования (рис. 1).



Рис. 1 – Функциональная схема

установки физического моделирования энергетической освещенности:

- 1 – световая камера; 2 – полупрозрачный экран; 3 – матрица ультраярких светодиодов; 4 – подвижные шторки; 5 – оптическая скамья; 6 – мерная шкала; 7 – приемная головка; 8 – светозащитная бленда.

Максимальный размер полупрозрачного экрана 300x340 мм. При помощи подвижных шторок 4 размер светящегося окна можно уменьшить до 20x20 мм, а при помощи специальных непрозрачных масок получать модель излучающей поверхности сложной формы.

Световое моделирование на разработанной установке включает в себя две экспериментальные задачи: воспроизведение явления, подобного натуре, и проведение измерений. Каждая из этих задач формирует свои погрешности, которые в сумме дают погрешность метода.

Анализ погрешностей позволяет выявить и учесть систематические составляющие, связанные с подобием световой модели и угловой ориентацией датчика, – приемной головки фоновой засветки. Средняя квадратичная погрешность, обусловленная этими источниками, составляет не более 6-8% для всего пространства, а для угловой ориентации, не превышающей 72°, для угловой ориентации в интервале 72°-86° не более 19%. Измерения в интервале углов 86-90° теряют смысл из-за высокой погрешности.

Определение  $\varphi_1 / \varphi_2$  с физической точки зрения можно корректно осуществлять только для равномерно светящегося экрана модели, так как  $\varphi$  определяется для изотермических теплообменных полей. Однако результаты измерения можно применять с достаточной точностью

для инженерных расчетов на довольно широкий класс неравномерно нагретых поверхностей.

Для помещений с источниками подвижного инфракрасного излучения с ограниченным объемом и наличием дополнительного оборудования, строительных конструкций необходимо учитывать отражение тепловой энергии и ее перераспределение на рабочих местах. При этом необходим дифференцированный подход, который и учитывает наша методика в физическом моделировании и интеграционная оценка картины терморрадиационной напряженности в пространстве цеха.

На следующем этапе исследований возникла необходимость с помощью математического анализа вывести закономерность изменения отношения  $\varphi_1 / \varphi_2$  от энергетической облученности.

Ультраяркие диоды в количестве 700 шт. яркостью 10-15 кандел питаются от источника напряжением 4,5 В; которое возможно регулировать от 2,0 до 4,5 В, потребляемый ток при максимальной яркости – 35-40 А.

Световая камера располагалась на оптической скамье 5, которая имеет мерную шкалу 6 и приемная головка 7 имеет возможность по ней перемещаться на ползках.

На рис.2 приведен общий вид экспериментальной установки.

При обследовании рабочих мест и измерений тепловой облученности по круговой диаграмме либо в определенном секторе обнаружилась погрешность измерения, связанная с фоновой засветкой, а также влияние других источников.

Для уменьшения этого явления было предложено использовать разработанную светозащитную бленду с подвижными диафрагмами, так как очень часто необходимо было изменять угол визирования головки. Подобные усовершенствования привели к изготовлению специальной приемной головки для измерения энергетической освещенности. Для уменьшения помех фоновой засветки и повышения, вследствие этого, точности измерения было уменьшено сечение пружины по мере приближения к приемнику, что сделало ее равножесткой по всей длине.

Устройство уже существующей приемной головки показано на рис.3 в положении максимального и минимального угла визирования. Устройство состоит из полого корпуса 1, плоской цилиндрической пружины 2, подвижной системы 3 с установленным приемником 4.

Предлагаемая конструкция приемной головки для измерения лучистых потоков позволяет изменять угол визирования от  $5^\circ$  до  $140^\circ$ , обойтись одним корпусом и снизить материалоемкость, переналадку и



настройку в 10-15 раз за счет того, что расстояния между витками пружины (диафрагмами) будет оптимальным.

Устройство работает следующим образом. В положении 1 приемная головка имеет минимально допустимый угол визирования  $\varphi_1$ . Для увеличения угла визирования подвижная система 3 с приемником 4 перемещается вдоль полого корпуса головки 1, сжимая витки плоской цилиндрической пружины. При этом расстояние между витками пружины (диафрагмами) уменьшается, сохраняя равное межвитковое расстояние, которое уменьшается с увеличением угла визирования  $\varphi_2$ .

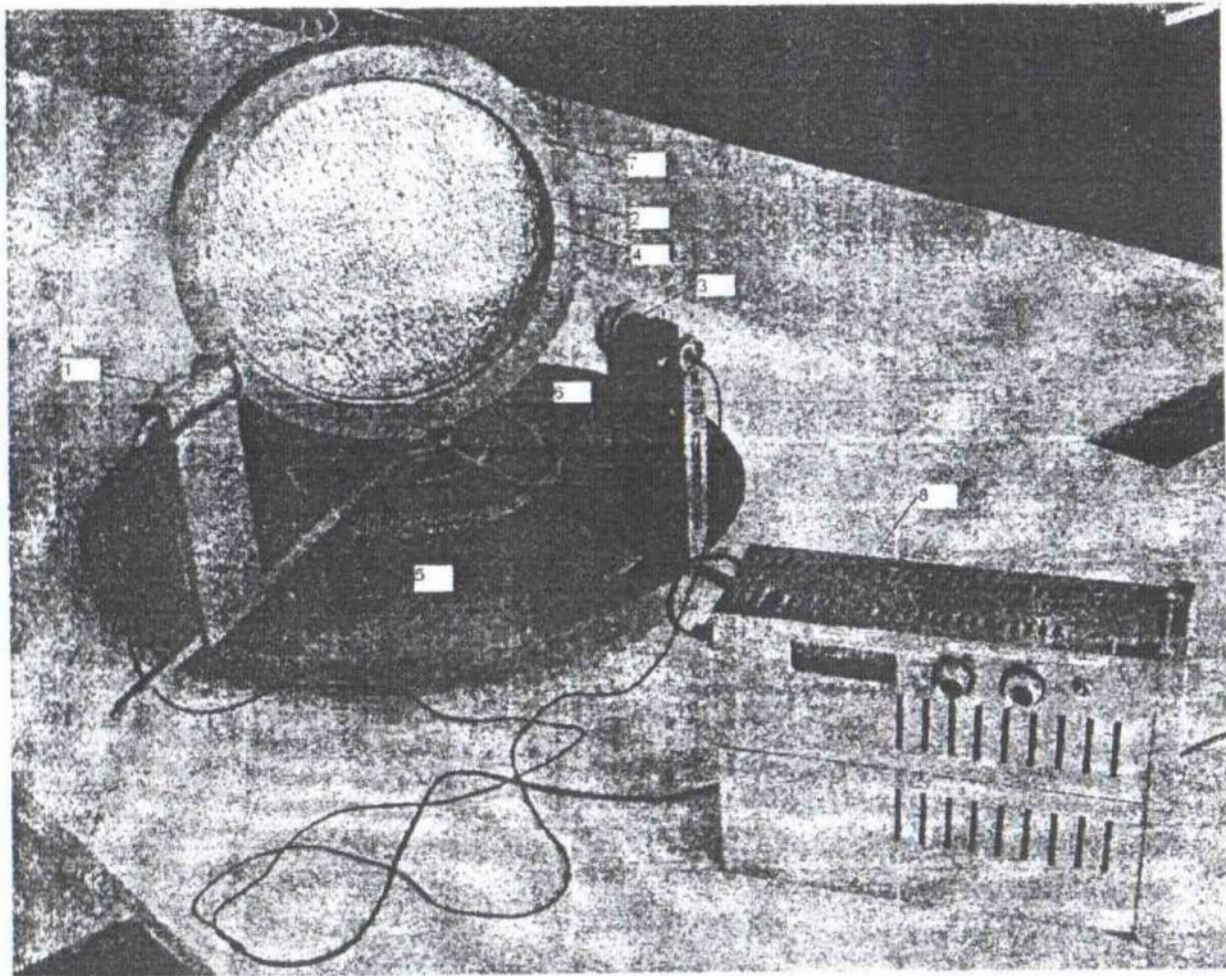


Рис.2 – Общий вид экспериментальной установки для исследования оптических характеристик теплозащитных материалов в инфракрасном диапазоне и физического моделирования энергетической освещенности:

- 1 – излучатель ИК; 2 – исследуемый образец; 3 – приемник ИК-излучений;
- 4 – поворотное кольцо с делениями; 5 – штанги; 6 – кольцо с градусной шкалой;
- 7 – обойма неподвижная; 8 – аналого-цифровой блок регистрации.

Проведенные нами исследования интенсивности облучения на рабочих местах предприятия по изготовлению строительных режущих инструментов им. Войкова (г.Запорожье) показали, что существующие ранее методики измерения не позволяют в полной мере объективно



оценить влияние теплового облучения на работников при использовании установок тока высокой частоты (ТВЧ). Исследования показали, что наряду с первичными источниками излучений ТВЧ выявлены вторичные источники теплового излучения, связанные с технологическим закаливанием деталей и другими операциями. При этом величина интенсивности излучения от вторичного источника составила до  $800 \text{ Вт/м}^2$  при интенсивности первичного источника излучения  $550\text{-}560 \text{ Вт/м}^2$ .

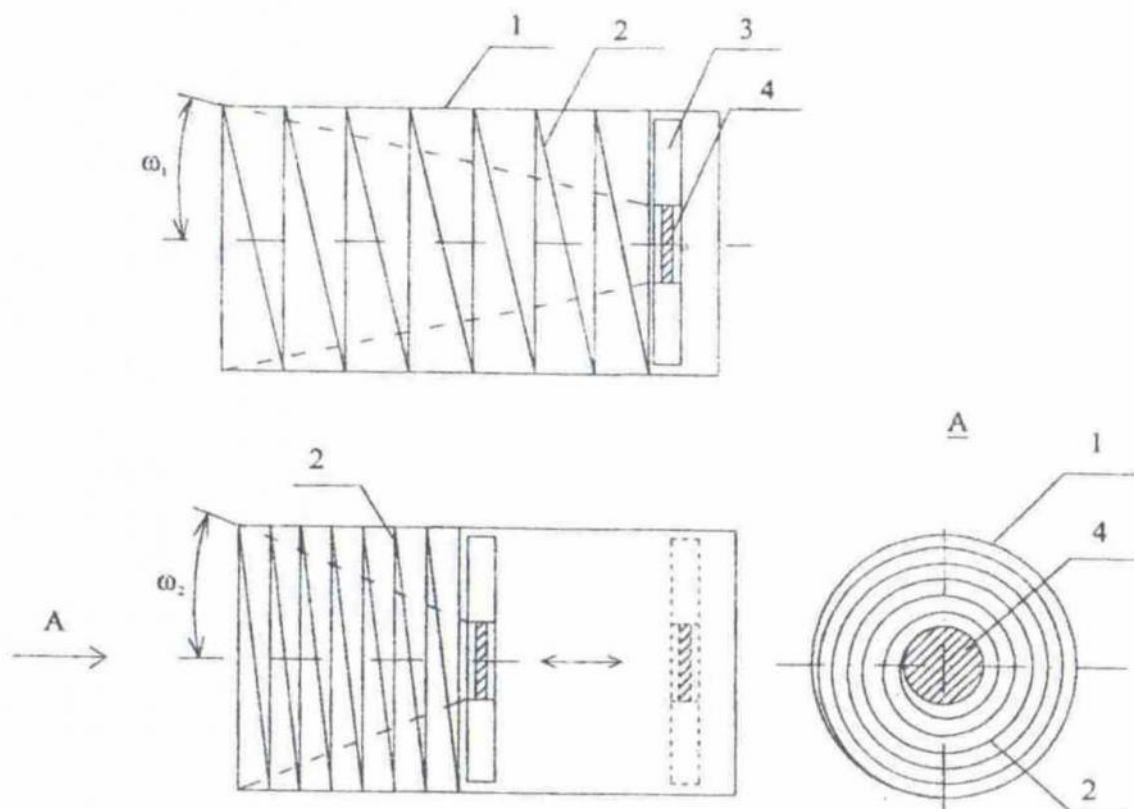


Рис.3 – Приемная головка для измерения энергетической освещенности:  
1 – корпус; 2 – подвижная диафрагма; 3 – подвижная обойма; 4 – приемник.

Таким образом, разработанная нами методика и прибор измерения позволил, согласно «Гигиенической классификации труда за показателями вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса», более качественно оценивать опасные факторы условий труда с учетом влияния инфракрасного излучения.

1.Герашенко О. А., Царенко Н. В., Сажина С. А., Грабовский В. В. Измерения лучистой составляющей в диапазоне спектра 1-8 мкм // Вестник Киев. политехн. ин-та. – серийного приборостроения. – 1977. Вып.7. – С.40-42.

2.ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – К.: МОЗ України, 1999.

3.Методические рекомендации по применению теплозащитных средств в горячих цехах металлургической промышленности. – К.: Минздрав УССР, 1983. – 33с.