

# ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНЫХ СРЕДСТВ

*Цель работы* - научиться пользоваться актинометром и оценивать эффективность средств защиты от тепловых излучений.

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

*знать* основное содержание ГОСТ 12.4.123-83, методы и средства защиты от теплового излучения, устройство и принцип действия актинометра;

*уметь* производить измерения интенсивности теплового излучения.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

### 1.1. ПОНЯТИЕ О ТЕПЛОВОМ ИЗЛУЧЕНИИ

Отдача теплоты телами в окружающее пространство может происходить путем конвекции, испарения и излучения. Теплоотдача путем излучения происходит в основном вследствие распространения от тел электромагнитных волн.

Все электромагнитные излучения имеют одинаковую природу и отличаются только длиной волны. Например, волны ультрафиолетового излучения имеют длину 0,02...0,4 мкм, видимого излучения - 0,4...0,76 мкм, инфракрасного - более 0,76 мкм. Видимое и инфракрасное излучения называют тепловым, или лучистым.

При наличии теплового излучения температура воздуха не изменяется: воздух прозрачен (диатермичен) для теплового излучения. Эти лучи могут отражаться и (или) поглощаться окружающими предметами (веществами). Облучаемые поверхности могут быть источниками вторичного излучения и нагрева соприкасающегося с ними воздуха.

Энергия теплового излучения может быть определена актинометром или рассчитана по формуле:

$$Q = 3,27F \left[ \left( \frac{T}{100} \right)^4 - 100 \right] / l^2,$$

где  $Q$  - интенсивность теплового излучения, кДж/(м<sup>2</sup>ч);

$F$  - площадь излучающей поверхности, м<sup>2</sup>;

$T$  - температура излучающей поверхности, К;

$l$  - расстояние от излучающей поверхности до излучаемого объекта, м.

Спектр излучения изменяется в зависимости от температуры излучателя. С повышением температуры излучателя увеличивается интенсивность коротковолновых излучений (ультрафиолетового и видимого) и уменьшается интенсивность длинноволновой части спектра - инфракрасного излучения.

## **1.2. ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕПЛОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА**

Тепловой эффект воздействия облучения зависит от длины волны и интенсивности потока излучения, площади облучаемого участка тела, длительности облучения и прерывистости его, угла падения лучей, материала и конструкции одежды.

Наибольшей проникающей способностью обладают красные лучи видимого спектра и короткие инфракрасные лучи (с длиной волны до 1,5 мкм), глубоко проникающие в ткани и мало поглощаемые поверхностью кожи. Лучи с длиной волны около 3 мкм вызывают нагрев поверхности кожи. Едва заметное тепловое ощущение возникает при интенсивности облучения 0,08 кДж/(м<sup>2</sup>ч) - длина волны 2,9 мкм или 1,7 кДж/(м<sup>2</sup>ч) - длина волны 1,3 мкм. Облучение интенсивностью 5,4 кДж/(м<sup>2</sup>ч) при длине волны 1,3 мкм вызывает приятное ощущение.

Зависимость теплового ощущения от энергии облучения и длительности воздействия характеризуется данными таблицы 1.

Таблица 1

Энергия облучения, МДж/(м <sup>2</sup> ч)	Характер воздействия	Время переносимости теплового излучения
1..2	Слабое	Неопределенно долго
>2...3,7	Умеренное	3...5 мин
>3,7...5,7	Среднее	40...60 с
>5,7...7,5	Значительное	20...30 с
>7,5...10	Высокое	12...24 с
>10...12,5	Сильное	8...10 с
>12,5	Очень сильное	2...5 с

Длительное воздействие теплового излучения приводит к перегреву организма и тепловому удару. Наиболее сильное воздействие на организм человека оказывают инфракрасные лучи с длиной волны до 3 мкм. При облучении глаз излучениями интенсивностью более 15 МДж/(м<sup>2</sup>ч) температура роговицы может достигать 40°С и более. Постоянное воздействие такого излучения на глаза может вызвать профессиональное заболевание - катаракту.

### ***1.3. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ЛЮДЕЙ ОТ ТЕПЛОВЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ***

При постоянной температуре нагретого тела ослабить воздействие теплового излучения на работающих можно путем уменьшения площади излучающей поверхности или увеличения расстояния между источниками излучения и рабочим местом. Однако в производственных помещениях эти условия в большинстве случаев оказываются невыполнимыми без изменения технологического процесса и увеличения производственных площадей.

Согласно ГОСТ 12.4.123-83 "ССБТ. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования", средства защиты от инфракрасных излучений по своему назначению подразделяются на устройства: оградительные; герметизирующие; теплоизолирующие; для вентиляции воздуха; автоматического контроля и сигнализации; дистанционного управления; знаки безопасности.

Оградительные устройства подразделяют:

в зависимости от вида материала - непрозрачные, полупрозрачные и прозрачные;

по способу крепления на объекте - съемные и встроенные;

по принципу действия - теплоотражающие, теплоотводящие, теплопоглощающие и комбинированные.

Теплоотражающие оградительные устройства в зависимости от вида охладителя подразделяют на газообразные и газожидкостные. Теплоотводящие оградительные устройства в зависимости от вида охладителя подразделяются на газообразные, газожидкостные и жидкостные. Комбинированные оградительные устройства по конструктивному исполнению подразделяются на отражательно-пористые, поглотительно-пористые и отражательно-пленочные.

Устройства автоматического контроля и сигнализации по назначению подразделяют на оперативные (для сигнализации отклонений от заданного

уровня контролируемого параметра) и предупреждающие (для предупреждения о наличии ИК - излучений выше заданного уровня). По способу информации они подразделяются на цветовые и звуковые.

Устройства дистанционного управления и наблюдения по назначению подразделяются на управляющие технологическим процессом и наблюдающие технологический процесс.

Знаки безопасности по назначению подразделяются в соответствии с ГОСТ 12.4.026-76.

Средства защиты должны обеспечивать тепловую облученность на рабочих местах не более  $350 \text{ Вт/м}^2$  и температуру поверхности оборудования не выше  $308 \text{ К}$  ( $35^\circ\text{C}$ ) при температуре теплоисточника до  $373 \text{ К}$  ( $100^\circ\text{C}$ ) и не выше  $318 \text{ К}$  ( $45^\circ\text{C}$ ) при температуре внутри теплоисточника свыше  $373 \text{ К}$  ( $100^\circ\text{C}$ ).

На практике снижение интенсивности теплового излучения на рабочих местах может быть достигнуто применением: различных экранов (водяные завесы, стекла со специальным покрытием, сетки, цепочки и т.п.); теплоизоляционных материалов (асбест, стекловата, комбинированные экраны и т.п.); водо-воздушного душирования при интенсивности излучения свыше  $1,3 \text{ МДж/(м}^2\text{ч)}$ ); индивидуальных средств защиты (очки, костюмы из отбеленной ткани и т.п.).

## **2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

### ***2.1. КОНСТРУКЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ И ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ НА НЕЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ***

Принципиальная схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1. Для измерения энергии теплового излучения используют актинометр. Действие прибора основано на неодинаковой способности поглощать лучистую теплоту зачерненными и белыми полосами имеющегося в нем пакета алюминиевых пластинок. Внутри прибора к пластинкам припаяны 200 термопар. Под действием лучистой теплоты на зачерненные полосы и возникающей вследствие этого в термопарах ЭДС (электродвижущей силы) отклоняется в актинометре стрелка гальванометра, шкала которого проградуирована в единицах энергии облучения. В нерабочем состоянии пакет алюминиевых пластинок закрыт шторкой маятникового типа.

Источником теплового излучения служит рефлектор, в фокусе которого размещена на огнеупорной основе нихромовая спираль, нагреваемая при пропускании через нее переменного тока.

Актинометр 4 и источник теплового излучения 1 смонтированы на общей раме 5. Причем источник излучения установлен неподвижно, а актинометр, закрепленный на планке, можно перемещать вдоль рамы, имеющей деления от 0 (фокус рефлектора) до 1 м. Между источником излучения 1 и актинометром 4 размещена подвижная рамка 2, в которой могут быть установлены различные экраны 3.

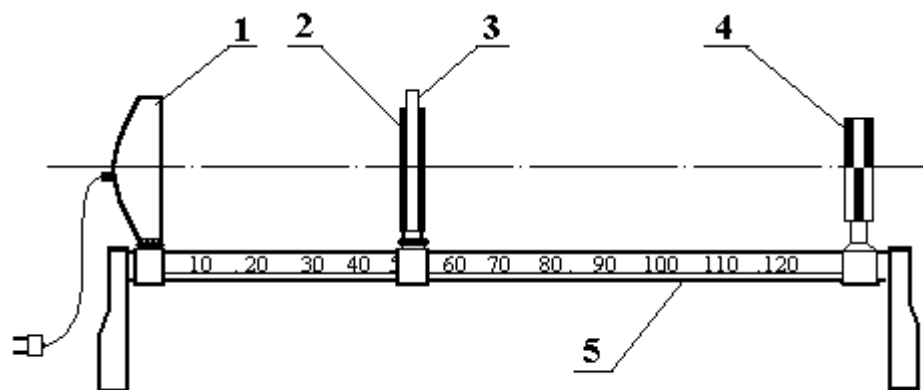


Рис.1 - Принципиальная схема экспериментальной установки для исследования ИК-излучений

Перед началом работы необходимо проверить наличие и исправность заземления лабораторной установки, а также целостность изоляции проводников электрического тока. Во избежание ожогов и поражения электрическим током не допускается выполнять работу при снятом с рефлектора ограждении.

Студенты выполняют работу группами по 3 человека: один перемещает актинометр вдоль рамы и устанавливает экраны, другой - снимает показания актинометра, третий регистрирует и обрабатывает результаты экспериментальных наблюдений.

Для выполнения работы необходимо подключить спираль рефлектора к сети переменного тока и разогреть ее в течение 10 с.

Актинометр 4 следует установить на нулевой отметке рамы 5 так, чтобы пакет алюминиевых пластинок был обращен в сторону излучателя. Пластинки должны быть закрыты шторкой; открывать ее можно только на 2...3 с для производства измерений.

## **2.2. УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ РАССТОЯНИЙ ДО ИЗЛУЧАТЕЛЯ**

Вначале следует снять показания актинометра 4, установленного на нулевой отметке рамы 5, то есть на минимальном расстоянии от излучателя 1. Затем, перемещая актинометр вдоль рамы - удаляя от излучателя, следует снимать показания его через каждые 0,1 м до тех пор, пока стрелка при открытой шторке не установится на нулевой отметке. Подученные данные записывают в таблицу 2. Далее необходимо произвести исследования в указанной выше последовательности с установкой между излучателем и актинометром различных экранов. Результаты измерений записывают в табл.2.

Таблица 2

Расстояние от излучателя, м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Показания актинометра – $Q_0$ , (Вт/м <sup>2</sup> )						
Показания актинометра – $Q_{эi}$ , (Вт/м <sup>2</sup> ) при наличии экранов: лист бумаги, лист стекла, пакет из двух стекол, пакет из трех стекол, один ряд цепочек, два ряда цепочек, три ряда цепочек, водяная завеса						

По данным табл. 2 необходимо построить на миллиметровке в одних и тех же координатах графики зависимости удельной энергии теплового излучения от расстояния до излучателя при отсутствии и наличии различных экранов.

### 2.3. УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ПЛОЩАДИ ИЗЛУЧАТЕЛЯ

В рамку 2 экспериментальной установки необходимо поместить поочередно диафрагмы, имеющие вырез площадью 1/4, 1/2, 3/4 общей площади F источника излучения. Рамку с различными диафрагмами следует установить возле излучателя – на нулевой отметке рамы 5. При этом актинометр должен быть на минимальном (возможном для выполнения работы) расстоянии от рамки. Устанавливая в рамку поочередно диафрагмы с разными вырезами, необходимо снять показания актинометра. Результаты измерений записывают в табл. 3.

Таблица 3

Площадь источника излучения	$\frac{1}{4} F$	$\frac{1}{2} F$	$\frac{3}{4} F$
Показания актинометра - Q, (Вт/м <sup>2</sup> ) на минимальном расстоянии от излучателя			

Полученные данные следует представить графически в виде зависимости удельной энергии теплового излучения от площади излучателя.

### 2.4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ

На нулевой отметке рамы 5 необходимо установить в рамку 2 поочередно различные экраны. После прогрева каждого из экранов в течение 1 мин следует установить актинометр на минимальном (возможном для выполнения работы) расстоянии от рамки (2) и определить удельную энергию теплового излучения.

Пользуясь формулой

$$h = \frac{Q_o - Q_{эi}}{Q_o} \times 100 \%,$$

где  $Q_o$  – удельная энергия теплового излучения,

$Q_{эi}$  – удельная энергия теплового излучения за экраном,

следует оценить эффективность защитных экранов. Результаты замеров и расчетов записывают в табл. 4.

Таблица 4

Вид экрана	Удельная энергия теплового излучения Q, (Вт/м <sup>2</sup> )		Эффективность защитных экранов, h %
	без экрана	с экраном	

На основании данных табл. 4 необходимо указать, какие из испытанных экранов наиболее целесообразны для защиты людей от лучистой теплоты.

### **ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ**

По результатам выполнения лабораторной работы каждый студент должен составить отчет, в котором необходимо:

привести сведения о тепловом излучении как профессиональной вредности;

описать мероприятия по защите людей от тепловых излучений согласно ГОСТ 12.4.123-83;

представить и описать принципиальную схему экспериментальной установки для определения интенсивности теплового излучения;

представить графически результаты экспериментальных исследований;

произвести оценку эффективности защитных экранов.