

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ»



В.С. Мушников, И.Н. Фетисов, Е.Е. Барышев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Учебное электронное текстовое издание
Подготовлено кафедрой «Безопасность жизнедеятельности».
Научный редактор: доц., канд. техн. наук А.А. Вершинин

Методические указания к лабораторной работе №15
по курсу «Безопасность жизнедеятельности»
для студентов всех форм обучения всех специальностей

Рассматриваются вопросы действия теплового излучения на организм человека, защиты от теплового излучения в производственных условиях, нормирования теплового излучения, принципа действия и эффективности теплозащитных экранов.

© ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2005

Екатеринбург
2005

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Измерение интенсивности теплового излучения, определение эффективности теплозащитных экранов.

1. ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И ЕГО ДЕЙСТВИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Современное промышленное производство связано с интенсификацией технологических процессов и внедрением агрегатов большой тепловой мощности. Рост мощностей агрегатов и расширение производства приводят к значительному увеличению избыточных тепловыделений в горячих цехах.

В производственных условиях обслуживающий персонал, находясь вблизи расплавленного или нагретого металла, пламени, горячих поверхностей и т.п., подвергается воздействию тепловых излучений этих источников.

Нагретые тела (до 500°C) являются в основном источниками инфракрасного излучения. С повышением температуры в спектре излучения появляются видимые лучи. Инфракрасное излучение (ИК-излучение) – часть электромагнитного спектра с длиной волны $\lambda = 0,78 - 1000$ мкм, энергия которого при поглощении в веществе вызывает тепловой эффект. С учетом особенности биологического действия по длинам волн ИК-излучения делятся на области: коротковолновую, с $\lambda = 0,76-15$ мкм, средневолновую, с $\lambda = 16-100$ мкм, длинноволновую, с $\lambda > 100$ мкм.

Наибольшее воздействие на организм человека оказывает активно коротковолновое излучение, так как оно обладает наибольшей энергией фотонов, способно глубоко проникать в ткани организма и интенсивно поглощаться водой, содержащейся в тканях. Наибольший нагрев кожи вызывают лучи с длиной волны около 3 мкм. В практических условиях тепловое излучение является интегральным, так как нагретые тела излучают одновременно в широком диапазоне длин волн.

С повышением температуры тела интенсивность излучения (Е) увеличивается и определяется по формуле:

$$E = \tau T^4, \text{ Вт/м}^2, \quad (1)$$

где: τ – постоянная Стефана – Больцмана, $\tau = 5,67032 \cdot 10^{-8} \text{ Вт м}^{-2} \text{ К}^{-4}$;

T – абсолютная температура тела, К.

Максимум энергии излучения соответствует волнам, длина которых определяется по закону смещения Вина:

$$\lambda_{\max} = 2880 / T, \quad (2)$$

где T – температура излучающего тела, К; λ_{\max} – длина волны, соответствующая максимуму излучения, мкм.

Если твёрдые тела нагреты ниже 500° С , излучение происходит главным образом в области длинных волн. При температуре 1600° С 22 % энергии приходится на коротковолновый диапазон. При температуре электродуги (2730° С) коротковолновая часть спектра уже составляет 43 %.

Тепловой эффект воздействия облучения зависит от спектра излучения, интенсивности потока облучения, величины излучающей поверхности, размера облучаемого участка организма, длительности облучения, угла падения лучей, теплозащитных свойств одежды, средств защиты и т. п.

Расчет теплового облучения работающих производится по формуле:

$$E_{\text{обл}} = 5.7[(T/100)^4 - A]\varepsilon_{\text{пр}}\varphi_0 \cos \alpha, \quad (3)$$

где T – температура излучающей поверхности, К;

A – эмпирический коэффициент (для хлопчатобумажной ткани $A = 85$, для сукна $A = 110$);

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – приведенная степень черноты, учитывающая неполное поглощение лучистого потока теплоты реальными серыми телами и отраженные потоки;

φ_0 – коэффициент облученности, показывающий, какая часть лучистого потока теплоты от излучающего тела попадает на тело человека;

α – угол между нормалью к излучающей поверхности и направлением от центра этой поверхности к рабочему месту.

Одной из количественных характеристик воздействия облучения является интенсивность теплового излучения J , которую можно определить как энергию, излучаемую с единицы площади в единицу времени в интервале длин волн от 0 до ∞ при данной температуре, Вт/м².

Под действием высоких температур и теплового облучения работающих происходят резкое нарушение теплового баланса в организме, биохимические сдвиги, появляются нарушения сердечно-сосудистой и нервной систем, усиливается потоотделение, происходит потеря нужных организму солей, нарушение зрения.

Все эти изменения могут проявиться в виде заболеваний:

- **судорожная болезнь**, вызванная нарушением водно-солевого баланса, характеризуется появлением резких судорог, преимущественно в конечностях;

- **перегревание** (тепловая гипертермия) возникает при накоплении избыточного тепла в организме; основным признаком является резкое повышение температуры тела;

- **тепловой удар** возникает в особо неблагоприятных условиях: выполнение тяжелой физической работы при высокой температуре воздуха в сочетании с высокой влажностью. Тепловые удары возникают в результате проникновения коротковолнового инфракрасного излучения (до 1,5 мкм) через покровы черепа в мягкие ткани головного мозга;

- **катаракта** (помутнение кристалликов) – профессиональное заболевание глаз, возникающее при длительном воздействии инфракрасных лучей с $\lambda = 0,78-1,8$ мкм. К острым нарушениям органов зрения относятся также ожог, конъюнктивиты, помутнение и ожог роговицы, ожог тканей передней камеры глаза.

Кроме того, ИК-излучение воздействует на обменные процессы в миокарде, водно-электролитный баланс в организме, на состояние верхних дыхательных путей (развитие хронического ларингита, синуситов), не исключается мутагенный эффект теплового излучения.

Поток тепловой энергии, кроме непосредственного воздействия на работающих, нагревает пол, стены, перекрытия, оборудование, в результате чего температура воздуха внутри помещения повышается, что также ухудшает условия работы.

2. НОРМИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ НЕГО

Нормирование параметров микроклимата воздуха рабочей зоны производственных помещений предприятий народного хозяйства осуществляется согласно ГОСТ ССБТ 12.1.005-88 по следующим показателям:

- 1) температура воздуха, °С;
- 2) относительная влажность воздуха, %;
- 3) скорость движения воздуха, м/с;
- 4) интенсивность теплового излучения, Вт/м².
- 5) температура нагретых поверхностей, °С.

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах зависит от доли облучаемой поверхности тела (табл.1).

Интенсивность теплового облучения работающих от открытых источников (нагретый металл, стекло, «открытое» пламя и др.) не должна превышать 140 Вт/м², при этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

В тех производственных помещениях, где допустимые нормативные величины показателей микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу или из-за экономически обоснованной нецелесообразности, условия микроклимата следует рассматривать как вредные и опасные.

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия (например, системы местного кондиционирования воздуха; воздушное душирование; компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого; спецодежда и другие средства индивидуальной защиты по ГОСТ ССБТ 12.4.045-87; помещения для отдыха и обогрева; регламентация времени работы: перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы и др.).

Таблица 1

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
не более 25	100

Во избежание чрезмерного общего перегрева организма и локального повреждения (ожог) регламентируются продолжительность периодов непрерывного инфракрасного облучения человека и пауз между ними (табл. 2).

Рекомендуется принимать на работу в нагревательной среде лиц не моложе 25 лет и не старше 40, обладающих высокой тепловой устойчивостью.

Одним из эффективных коллективных средств защиты от теплового излучения работающих является создание определенного термического сопротивления на пути теплового потока в виде экранов различных конструкций – прозрачных, полупрозрачных и непрозрачных. По принципу действия экраны подразделяются на теплопоглощительные, теплоотводящие и теплоотражательные.

Таблица 2

Влияние интенсивности ИК-излучения на продолжительность периодов непрерывного облучения человека и пауз между ними

Интенсивность инфракрасного облучения, Вт/м ²	Продолжительность периодов непрерывного облучения, мин.	Продолжительность паузы, мин.	Соотношение продолжительности облучения и пауз
350	20	8	2,5
700	15	10	1,5
1050	12	12	1,0
1400	9	13	0,7
1750	7	14	0,5
2100	5	15	0,33
2450	3,5	12	0,3

Теплопоглощительные экраны – изделия с высоким теплосоппротивлением, например огнеупорный кирпич.

Теплоотводящие экраны – сварные или литые колонны, в которых циркулирует в большинстве случаев вода. Такие экраны обеспечивают температуру на наружной поверхности 30 – 35° С. Более эффективно использовать теплоотводящие экраны с испарительным охлаждением, они сокращают расход воды в десятки раз.

К теплоотражающим относят экраны, изготовленные из материалов, хорошо отражающих тепловое излучение. Это листовой алюминий, белая жемчужная краска, полированный титан и т.п. Такие экраны отражают до 95 % длинноволнового излучения. Непрерывное смачивание экранов такого типа водой позволяет задерживать излучение почти полностью.

Если же необходимо обеспечить возможность наблюдения за ходом технологического процесса при наличии теплового облучения, то в этом случае широко применяют цепные завесы, представляющие собой наборы металлических цепей, подвешенных перед источником излучения (эффективность до 60-70 %), и прозрачные водяные завесы в виде сплошной тонкой водяной пленки. Слой воды толщиной 1 мм полностью поглощает часть спектра с $\lambda = 3$ мкм, а толщиной в 10 мм – с длиной волны $\lambda = 1,5$ мм. Эффективность защитного экрана определяется выражением:

$$\eta_{\text{э}} = \frac{J_1 - J_0}{J_0} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где J_1 и J_0 – интенсивность теплового излучения за и перед экраном соответственно.

3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Принципиальная схема установки для измерения теплового излучения представлена на рисунке. В качестве источника теплового излучения применяется электрический рефлектор. Приемным прибором служит вольтметр универсальный типа В7 –16А.

Установка снабжена штативом для закрепления датчика вольтметра, имеющим возможность изменения расстояния от рефлектора. Установка оснащена тремя цепными защитными экранами с одной стороны и водяной завесой толщиной 1 мм – с другой.

4. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Перед включением установки в сеть проверить заземление установки.
2. Включать установку можно только с разрешения преподавателя после проверки им знаний студента по устройству установки и порядку выполнения работы.
3. При включении и выключении установки вилку держать за изолированную часть, а не за шнур.
4. Во избежание ожогов не прикасаться к источнику излучения.
5. При выявлении каких-либо отклонений в работе установки исследование прекратить и немедленно поставить в известность преподавателя.

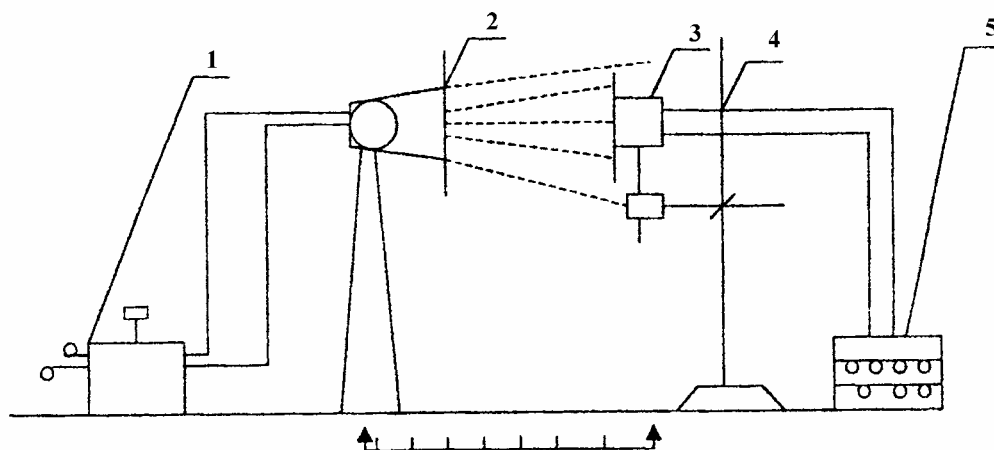


Рис. 1. Принципиальная схема установки для измерения
интенсивности теплового излучения:

- 1 – источник питания; 2 – источник теплоизлучения; 3 – датчик вольтметра;
4 – штатив; 5 – вольтметр универсальный

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомьтесь с методическими указаниями к лабораторной работе.
2. Дайте ответы преподавателю на контрольные вопросы и получите разрешение на выполнение работы.
3. Включите нагревательный элемент.
4. Установите датчик вольтметра на расстояние l (по заданию преподавателя) от источника излучения.
5. Включите вольтметр и снимите показания в вольтах.
6. На этом же расстоянии произведите замеры теплоизлучения с различными защитными экранами (по заданию преподавателя).
7. Пользуясь переводным коэффициентом $1 \text{ В} = 200 \text{ Вт/м}^2$, определите интенсивность теплового излучения при заданных условиях.
8. Определите интенсивность защитных экранов по формуле (4).
9. Сравните полученные данные с допустимыми значениями теплового облучения (табл. 1).
10. Оформите отчет по работе. Сделайте выводы.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите области ИК-диапазона спектра излучения и их длины волн.
2. Запишите формулу закона Вина.
3. От чего зависит тепловой эффект воздействия на организм человека?
4. Как влияет длина волны излучения на организм человека?
5. Опишите возможные последствия теплового облучения для организма человека.
6. Охарактеризуйте основные меры защиты от теплового излучения в производственных условиях.
7. Охарактеризуйте принцип действия теплозащитных экранов.
8. Как рассчитать эффективность защитного экрана?

7. ФОРМА ОТЧЕТА

1. Титульный лист:

- номер и название работы;
- Ф. И. О. студента, подпись;
- Ф. И. О. преподавателя;
- дата выполнения работы.

2. Содержание отчета:

- кратко опишите цель работы;
- приведите схему лабораторной установки (см. рисунок);
- заполните таблицу с результатами измерений.

3. Сформулируйте выводы о допустимости теплового излучения, эффективности защитного экрана.

Таблица результатов измерений

Вид экрана	Интенсивность теплового излучения перед экраном		Интенсивность теплового излучения после экрана		Эффективность защитного экрана
	В	Вт/м ²	В	В/м ²	

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. ГОСТ ССБТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.** М. : Издательство стандартов, 1988. 75 с.
- 2. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.** М. : Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1996. 21 с.
- 3. Р 2.2.755-99. Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса: Руководство.** М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. 192 с.
- 4. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов / С.В.Белов, А.В.Ильинская, А.Ф.Козьяков и др.** М. : Высшая школа, 1999. 488 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Тепловое излучение и его действие на организм человека	2
2. Нормирование теплового излучения и способы защиты от него	5
3. Описание лабораторной установки	8
4. Меры безопасности	9
5. Порядок выполнения работы	10
6. Контрольные вопросы	11
7. Форма отчета	12
Библиографический список	13

Учебное электронное текстовое издание

Мушников Валерий Сергеевич
Фетисов Иван Николаевич
Барышев Евгений Евгеньевич

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ
ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Редактор *К.Б. Позднякова*
Компьютерная верстка *Н.В. Лутова*

**Рекомендовано РИС ГОУ ВПО УГТУ-УПИ
Разрешен к публикации 15.12.05.**

Электронный формат – PDF

Формат 60x90 1/8

**Издательство ГОУ-ВПО УГТУ-УПИ
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19
e-mail: sh@uchdep.ustu.ru**

**Информационный портал
ГОУ ВПО УГТУ-УПИ
<http://www.ustu.ru>**