

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ**  
**ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

---

**Кафедра "Безопасность полетов и жизнедеятельности"**

Т.Г. Феоктистова, С.В. Монахова

**ЗАЩИТА ОТ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**  
**для выполнения лабораторной работы**  
**по дисциплине**  
**"БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ"**

Москва - 2008

В данном методическом пособии изложены основы теории теплового излучения, физическая сущность и инженерный расчет теплоизоляции, а также нормативные требования к тепловому излучению. При выполнении данной лабораторной работы студенты знакомятся с приборами для измерения тепловых потоков и методикой оценки эффективности защиты от теплового излучения с помощью экранов и воздушной завесы.

Пособие предназначено для студентов всех специальностей и всех видов обучения, изучающих дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» и «Производственная санитария и гигиена труда», а также может быть использовано при разработке вопросов безопасности производственных процессов в дипломных проектах.

Методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры "Безопасность полетов и жизнедеятельности" \_\_\_\_\_ 2008 г. и Методического совета специальности \_\_\_\_\_ 2008 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Требования безопасности при выполнении лабораторной работы	4
2. Краткая теоретическая часть .....	5
3. Описание стенда .....	10
4. Порядок проведения лабораторной работы.....	12
5. Форма отчета по лабораторной работе.....	14
Контрольные вопросы.....	15
Литература.....	16

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### «ЗАЩИТА ОТ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»

#### **ВНИМАНИЕ !**

**1. Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с ТРЕБОВАНИЯМИ БЕЗОПАСНОСТИ.**

**2. На электрокаmine ВКЛЮЧАТЬ ТОЛЬКО 1 (ОДИН) ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ.**

#### **Цель лабораторной работы:**

1. Ознакомить студентов с особенностями воздействия производственного теплового излучения, его нормированием и порядком расчета теплоизоляции;
2. Провести измерения интенсивности тепловых излучений в зависимости от расстояния до источника;
3. Оценить эффективность защиты от теплового излучения с помощью экранов и воздушной завесы.

#### **1. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

1. К работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторного стенда, порядком проведения работы и мерами безопасности при проведении лабораторной работы.
2. Не включать электрокамин на полную мощность 1 кВт (включены оба выключателя) без использования теплозащитных средств.
3. Запрещается прикасаться к электронагревательному элементу электрокамина.
4. После проведения лабораторной работы отключить электропитание стенда.

## 2. КРАТКАЯ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Человек в процессе труда постоянно находится в состоянии теплового взаимодействия с окружающей средой. Тепловой обмен человеческого организма с окружающей средой заключается во взаимосвязи между образованием тепла в результате жизнедеятельности организма и отдачей или получением им тепла из внешней среды. Отдача тепла осуществляется, в основном, тремя способами: конвекцией, излучением и испарением.

**Лучистым или тепловым излучением** называется процесс распространения внутренней энергии, которая излучается в виде электромагнитных волн в видимой и инфракрасной (ИК) области спектра. Длина волны видимого излучения – от 0,38 до 0,77 мкм, инфракрасного – более 0,77 мкм.

Для теплового излучения воздух прозрачен, поэтому при прохождении лучистого тепла через воздух температура его не повышается. Тепловые лучи поглощаются предметами, нагревают их и они, в свою очередь, становятся излучателями тепла.

Интенсивность теплового излучения может быть определена по формуле:

$$Q = 0,78 \cdot F \left[ \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 - 110 \right] / L^2, \quad (1)$$

где  $Q$  - интенсивность теплового излучения,  $Вт/м^2$ ;  
 $F$  - площадь излучающей поверхности,  $м^2$ ;  
 $T_0$  - температура излучающей поверхности,  $^{\circ}K$ ;  
 $L$  - расстояние от излучающей поверхности,  $м$ .

Как видно из приведенной выше формулы, количество лучистого тепла, поглощаемого телом человека, зависит от температуры источника излучения, площади излучающей поверхности и квадрата расстояния между излучающей поверхностью и телом человека.

Передача тепла ИК-излучением является наиболее эффективным способом теплоотдачи и составляет в комфортных метеоусловиях 43,8...59,1 % общей теплоотдачи. Но отдача человеческим телом тепла возможна лишь тогда, когда температура окружающих предметов ниже температуры тела человека.

В производственных условиях работающий человек часто окружен предметами, имеющими температуру выше температуры тела человека. В таких случаях тело человека будет получать извне дополнительную тепловую энергию. Воздействие ИК лучей приводит к перегреву организма и тем быстрее, чем больше мощность излучения, выше температура и влажность воздуха в рабочем помещении, выше интенсивность выполняемой работы.

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 1.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работников от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и др.) не должны превышать 140 Вт/м<sup>2</sup>. 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.

Таблица 1

**Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников**

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

Нормы также ограничивают температуру нагретых поверхностей оборудования в рабочей зоне, которая не должна превышать 45 °С, а для

оборудования, внутри которого температура близка к  $100^{\circ}\text{C}$ , температура на его поверхности должна быть не выше  $35^{\circ}\text{C}$ .

В производственных условиях не всегда возможно выполнить нормативные требования. Для выполнения нормативных требований по микроклимату предусмотрены следующие мероприятия по защите работников от возможного перегрева:

дистанционное управление ходом технологического процесса;

воздушное или водо-воздушное душирование рабочих мест;

устройство специально оборудованных комнат, кабин или рабочих мест для кратковременного отдыха с подачей в них кондиционированного воздуха;

использование защитных экранов, водяных и воздушных завес;

применение средств индивидуальной защиты, спецодежды и спецобуви.

Одним из самых распространенных способов борьбы с тепловым излучением является экранирование излучающих поверхностей. Экраны бывают трех типов: непрозрачные, прозрачные и полупрозрачные.

В непрозрачных экранах поглощаемая энергия электромагнитных колебаний, взаимодействуя с веществом экрана, превращается в тепловую энергию. При этом экран нагревается и становится источником теплового излучения. К непрозрачным экранам относятся: металлические (в т.ч. алюминиевые), альфолевые (алюминиевая фольга), футерованные (пенобетон, пеностекло, керамзит), асбестовые и др.

В прозрачных экранах излучение, взаимодействуя с веществом экрана, минует стадию превращения в тепловую энергию и распространяется внутри экрана по законам геометрической оптики, что обеспечивает видимость через экран. Прозрачные экраны выполняются из различных стекол: силикатного, кварцевого, органического, металлизированного, а также к прозрачным экранам относятся пленочные водяные завесы (свободные и стекающие по стеклу), вододисперсные завесы.

Полупрозрачные экраны объединяют в себе свойства прозрачных и непрозрачных экранов. К ним относятся металлические сетки, цепные завесы, экраны из армированного металлической сеткой стекла.

По принципу действия экраны подразделяются на теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие. Так как каждый экран обладает одновременно способностью отражать, поглощать и отводить тепло, то отнесение экрана к той или иной группе производится в зависимости от того, какие свойства экрана выражены сильнее.

Теплоотражающие экраны имеют низкую степень черноты поверхностей, вследствие чего они значительную часть падающей на них лучистой энергии отражают. В качестве теплоотражающих материалов в конструкции экранов используют альфоль, листовой алюминий, оцинкованную сталь, алюминиевую краску.

Теплопоглощающие экраны выполняют из материалов с высоким термическим сопротивлением, т.е. с малым коэффициентом теплопроводности. В качестве теплопоглощающих материалов применяют огнеупорный и теплоизоляционный кирпич, асбест, шлаковату.

В качестве теплоотводящих экранов наиболее широко используют водяные завесы, свободно падающие в виде пленки, орошающие другую экранирующую поверхность (например, металлическую), либо заключенные в специальный кожух из стекла, металла (змеевики) и др.

Оценить эффективность защиты от теплового излучения с помощью экранов можно по формуле

$$n = \frac{Q - Q_3}{Q} \cdot 100\% \quad , \quad (2)$$

где  $Q$  - интенсивность теплового излучения без применения защиты, Вт/м<sup>2</sup>;  
 $Q_3$  - интенсивность теплового излучения с применения защиты, Вт/м<sup>2</sup>.

При устройстве общеобменной вентиляции, предназначенной для удаления избытка явного тепла, объем приточного воздуха  $L_{np}$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) определяют по формуле

$$L_{np} = \frac{Q_{изб}}{r_{np} \cdot c (t_{уд} - t_{np})}, \quad (3)$$

где  $Q_{изб}$  - избыток явного тепла,  $\text{кДж}/\text{ч}$ ;  
 $t_{уд}$  - температура удаляемого воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $t_{np}$  - температура приточного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $r_{np}$  - плотность приточного воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  
 $c$  - Удельная теплоемкость воздуха,  $\text{кДж}/\text{кг} \cdot \text{Град}$ .

Температуру воздуха, удаляемого из помещения, определяют по формуле

$$t_{уд} = t_{pz} + \Delta t (H - 2) \quad (4)$$

где  $t_{pz}$  - температура в рабочей зоне, соответствующая санитарным нормам,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $\Delta t$  - температурный градиент по высоте помещения,  $^{\circ}\text{C}/\text{м}$  (обычно равный 0,5...1,5);  
 $H$  - расстояние от пола до центра вытяжных проемов, м.

Если количество образующихся тепловыделений незначительно или не может быть точно определено, то общеобменную вентиляцию рассчитывают по кратности воздухообмена  $N$ .

Кратность воздухообмена показывает, сколько раз в течение часа происходит смена воздуха в помещении (обычно  $N$  находится в пределах от 1 до 10).

Местную приточную вентиляцию используют для создания требуемых параметров микроклимата в ограниченном объеме, в частности, непосредственно на рабочем месте. Это достигается путем создания воздушных оазисов, воздушных завес, воздушных душей.

*Воздушный оазис* создают в отдельных зонах рабочих помещений с высокой температурой. Для этого небольшую рабочую площадь закрывают

легкими переносными перегородками высотой 2 м и в отгороженное пространство подают охлажденный воздух со скоростью 0,2...0,4 м/с.

*Воздушные завесы* создают для предупреждения проникновения в помещение наружного холодного воздуха путем подачи теплого воздуха с большой скоростью (10...15 м/с) под некоторым углом навстречу холодному потоку.

*Воздушные души* применяют в горячих цехах на рабочих местах, находящихся под воздействием лучистого потока теплоты большой интенсивности (более 350 Вт/м<sup>2</sup>).

Поток воздуха, направленный непосредственно на рабочего, позволяет увеличить отвод тепла от его тела в окружающую среду. Выбор скорости потока воздуха зависит от тяжести выполняемой работы и интенсивности облучения. Но она не должна превышать 5 м/с, так как при превышении скорости у рабочего возникают неприятные ощущения (например, шум в ушах). Эффективность воздушных душ можно увеличить путем распыления в нем мелкодисперсной воды.

### 3. ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Внешний вид стенда представлен на рис. 1 и 2.

Стенд представляет собой стол со столешницей 1, на которой размещаются бытовой электрокамин 2, индикаторный блок 3, линейка 4, стойки 5 для установки сменных экранов 6, стойка 7 для установки измерительной головки 8 измерителя тепловых потоков.

Бытовой электрокамин 2 используется в качестве источника теплового излучения. На электрокамине находятся два выключателя 15.

**При работе включать только ОДИН выключатель.**

Бытовой пылесос 8 используется для создания вытяжной вентиляции, воздушного душа или воздушной завесы и устанавливается под столом стенда.

Стойки 5 для установки сменных защитных экранов 6 обеспечивают их оперативную установку и замену.

Измерительная головка 7 с помощью винтов крепится к вертикальной стойке 9, которая закреплена на плоском основании 10. Вся эта конструкция может перемещаться по столешнице вдоль линейки 4.

Миллиметровая линейка 4 предназначена для измерения расстояния от источника теплового излучения (электрокамина 2) до измерительной головки 7 и жестко закреплена на столешнице.

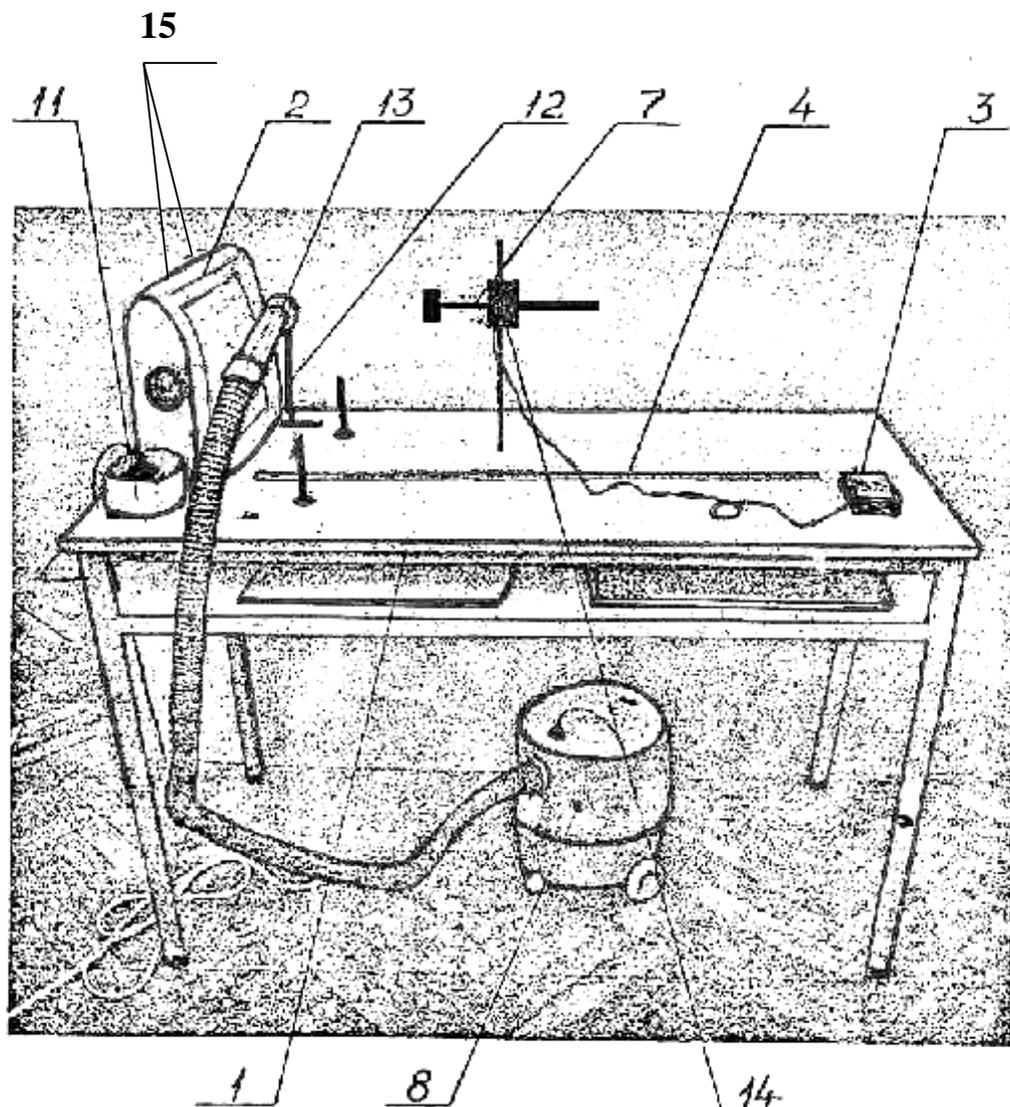


Рис. 1



## 4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

4.1. Подключить стенд к сети переменного тока, а источник теплового излучения к розетке пульта управления.

4.2. Включить источник теплового излучения (**один выключатель** на верхней части электрокамина) и измеритель теплового потока ИПП-2.М.

4.3. Установить головку измерителя теплового потока в штативе таким образом, чтобы она была смещена относительно стойки на 100 мм. Вручную перемещая штатив вдоль линейки, установить головку измерителя на различном расстоянии от источника теплового излучения и снять показания с измерителя теплового потока ИПП-2.М.

Данные замеров занести в таблицу. Интенсивность теплового излучения в выбранных точках определить как среднее значение не менее 5 замеров.

Построить график зависимости среднего значения интенсивности теплового излучения от расстояния.

4.4. Устанавливая различные защитные экраны, определить интенсивность теплового излучения на заданных расстояниях.

Оценить эффективность защитного действия экранов по формуле (2).

Построить график зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния.

4.5. Установить защитный экран (по указанию преподавателя).

Разместить над ним широкую щетку пылесоса.

Включить пылесос в режиме отбора воздуха, имитируя устройство вытяжной вентиляции, и спустя 2...3 минуты определить интенсивность теплового излучения на тех же расстояниях, что и в п. 4.3.

Оценить эффективность комбинированной тепловой защиты по формуле (2).

Построить график зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния.

По результатам измерений определить эффективность «вытяжной вентиляции» (количество уносимого пылесосом тепла).

4.6. Перевести пылесос в режим «воздуходувки» и включить его. Направляя поток воздуха на поверхность защитного экрана (режим «душирования»), повторить измерения в соответствии с п.4.5.

Данные занести в таблицу. Сравнить результаты измерений п.4.6 и 4.5.

4.7. Закрепить шланг пылесоса на одной из стоек.

Включить пылесос в режиме «воздуходувки», направив поток воздуха почти перпендикулярно тепловому потоку – имитация «воздушной завесы».

Измерить температуру воздуха с помощью датчика температуры ИПП-2М в месте размещения тепловых экранов без воздушной завесы и с завесой.

Полученные результаты занести в таблицу.

4.8. Составить отчет о лабораторной работе.

## 5. ФОРМА ОТЧЕТА О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

5.1. Цель лабораторной работы

5.2. Общие сведения

5.3. Данные измерений

Таблица 5.1

Вид тепловой защиты	$L$ , см	$Q$ , Вт/м <sup>2</sup>

5.4. Графики зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния.

### 5.5. Расчет эффективности защитного действия экранов.

Таблица 5.2

Вид экрана	Эффективность экрана

### 5.6. Расчет эффективности вытяжной вентиляции.

---



---

### 4.7. Выводы

---



---

Дата

Подпись студента

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется тепловым излучением?
2. От каких факторов зависит интенсивность теплового излучения?
3. От чего зависят допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работника?
4. Нормативная температура нагретых поверхностей производственного оборудования.
5. Мероприятия по защите работников от возможного перегрева.
6. Классификация экранов по принципу действия.
7. Какие существуют типы экранов?
8. Из каких материалов выполняют теплопоглощающие экраны?
9. Как оценить эффективность защиты от теплового излучения?
10. Как определяется объем приточного воздуха при общеобменной вентиляции?
11. Что используется в качестве теплоотводящих экранов?
12. Виды местной приточной вентиляции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Средства защиты в машиностроении: Расчет и проектирование. Справочник/ С.В.Белов, А.Ф.Козьяков, О.Ф.Партолин и др.; Под ред. С.В.Белова.-М.: Машиностроение, 1989.
2. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда. Учеб. пособие для студентов средних спец. учеб. заведений/ П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и др. - М.: Высшая школа, 2001.
3. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 1.- М.: Стройиздат, 1992.
4. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. М.: Стройиздат, 2003.
5. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.-М.: Минздрав, 1997.