

## ЛЕКЦИЯ 5.

### ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. ЗАЩИТА ОТ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Известно, что нагретые тела отдают своё тепло менее нагретым теплопроводностью (при непосредственном контакте), конвекцией (путём передачи теплоты через окружающий воздух) и теплоизлучением или тепловой радиацией. Около 60 % тепловой энергии передаётся окружающей среде излучением. Лучистая энергия, проходя почти без потерь пространство, разделяющие тела, снова превращается в тепловую в поверхностных слоях облучаемого тела. Причём тепловое излучение не оказывает непосредственного воздействия на сухой окружающий воздух, свободно пронизывая его, нагревает те тела, на которые падает и которыми поглощается.

Лучистая энергия, попадая на человека, проникает на некоторую глубину в ткань.

При длительном пребывании человека в зоне теплового лучистого потока происходит резкое нарушение теплового баланса в организме. При этом ослабляется внимание, повышается утомляемость, снижается производительность труда.

Действие источников излучения на организм сложное и зависит от температуры и мощности источника, длительности облучения за рабочий день, непрерывности облучения, длины волны излучения, угла падения лучей на поверхность, подвижности воздуха на рабочем месте, величины облучаемого участка тела, интенсивности мышечной работы, свойств спецодежды, индивидуальных особенностей работающего и степени акклиматизации организма в данных производственных условиях.

Длина волны с максимальной энергией теплового излучения определяется по закону смещения Вина:

$$\lambda_{\max} = \frac{2,9 \cdot 10^3}{T},$$

где  $T$  – температура излучающей поверхности, К.

Наибольшей проникающей способностью обладают красные лучи видимого спектра и короткие инфракрасные лучи с длиной волны до 1,5 мкм, мало поглощаемые поверхностью кожи. Именно они, глубоко проникая в ткани организма, вызывают быструю утомляемость, снижение внимания, усиление потоотделения, а при длительном облучении – тепловой удар. Наибольший нагрев кожи происходит при теплоизлучении с длиной волны более 3 мкм. Интенсивное теплоизлучение может травмировать органы зрения (вызывать помутнение хрусталика), особенно при длине волны от 0,76 до 1,5 мкм (табл.).

Данные интенсивности теплоизлучения и характер воздействия его на организм человека

Интенсивность излучения, ккал/м <sup>2</sup> ·ч	Характер воздействия
1	2
До 240	Порог чувствительности
240 - 480	Переносимо в течении рабочего дня и более, слабое действие без нарушения терморегуляции
900 - 1400	Терпимо до 40 - 60 с, среднее действие с незначительным нарушением терморегуляции
1400 - 1800	Терпимо до 20 - 30 с, большое действие с нарушением терморегуляции
1800 - 3000	Терпимо до 8 - 10 с, сильное действие с возможными ожогами кожи и пожаровзрывная опасность
Выше 3000	Терпимо не более 2 - 3 с, очень сильное действие, возможен тепловой удар

Согласно действующим санитарным нормам тепловое излучение в 400 - 500 ккал/м<sup>2</sup>·ч считается значительным. На рабочих местах, характеризующихся такой интенсивностью, должна быть организована надежная теплозащита.

При интенсивности теплового излучения  $E \geq 300$  ккал/м<sup>2</sup>·ч применяют воздушное обдувание на рабочем месте, а при  $E \geq 1200$  ккал/м<sup>2</sup>·ч водовоздушное душирование, холодное экранирование и т.п.

Меры борьбы с лучистым теплом сводится, в основном, к изоляции излучающих поверхностей, созданию термического сопротивления на пути теплового потока в виде экранов и завес различных конструкций (жестких, сетчатых, прозрачных, полупрозрачных, водяных, воздушно-водяных и т.д.).

Экраны очень разнообразны. По принципу действия экраны делятся на поглощающие и отражающие тепловые излучения и могут быть стационарными и передвижными.

**Отражающие экраны** выполняют из кирпича, алюминия, жести, асбеста, алюминиевой фольги на асбесте (альфоль) или металлической сетки и других материалов. Экраны могут быть одно- и многослойными, причём воздушная прослойка между слоями увеличивает эффективность экранирования. Расчёт отражающего экрана производится по формуле:

$$\mu = \frac{T_u}{T_s},$$

где  $\mu$  – заданное относительное снижение температуры;

$T_u$  – температура источника излучения, °С;

$T_s$  – заданная температура экрана, °С:

$$T_s = t_s \sqrt[2]{\frac{\alpha \cdot E}{\alpha}},$$

где  $t_b$  - температура воздуха, °C;

$E$  – интенсивность теплового облучения, Вт/м<sup>2</sup>;

$a$  - коэффициент теплопоглощения материала экрана;

$\alpha$  – удельная теплоотдача материала экрана, Вт/(м<sup>2</sup>·град).

**Поглощающие экраны** представляют собой завесы, а также щиты и экраны из малотеплопроводных материалов. Завесы устанавливаются против излучающих проёмов и выполняются из мелких металлических цепей, снижающих лучистый поток на 60 - 70 %, или из водяной плёнки, поглощающей до 80 - 90 % тепловых излучений без существенного ухудшения видимости, т.к. она является прозрачной.

Уравнение поглощения лучистой энергии какой-либо преградой имеет следующий вид:

$$E = E_0 \cdot e^{-\delta l},$$

где  $E$ ,  $E_0$  – интенсивность теплового облучения в данной точке при наличии или отсутствии завесы, Вт/м<sup>2</sup>;

$\delta$  – коэффициент ослабления потока средой (для воды  $\delta = 1,3$  1/мм);

$l$  – толщина завесы, мм.

Эффективность защитного экрана характеризуется отношением:

$$\gamma = \frac{E_0 - E}{E_0},$$

где  $E_0$  – энергия лучистого потока перед экраном;

$E$  – энергия лучистого потока за экраном.

Энергию лучистого потока с 1 см<sup>2</sup> можно рассчитать по одной из следующих формул:

$$E_0 = \frac{2,3 \cdot 10^{-3} \cdot F \cdot \left[ \frac{100}{l} \right]^{10}}{l^2} \quad (a),$$

$$E_0 = \frac{2,3 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \bar{F} \cdot \left[ \frac{100}{l} \right]^{10}}{l} \quad (б),$$

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

$T$  – температура излучающей поверхности, К;

$l$  – расстояние до излучателя, м.

Формула (а) верна при  $l \geq \pi \bar{F}$ , формула (б) – при  $l < \pi \bar{F}$ .

Измерение излучений производится актинометром. Действие актинометра основано на неодинаковой поглощательной способности зачёрнённых и блестящих полосок алюминиевой пластинки. Вследствие

различия в температуре зачернённых и незачернённых участков пластинки и расположенных под ними слоёв термобатареи в последней возникает электрический ток. Сила тока измеряется гальванометром, шкала которого отградуирована в кал/см<sup>2</sup>·мин. Для снятия показаний открывают на 2 - 3 с крышку термоприёмника, затем резко её закрывают.