

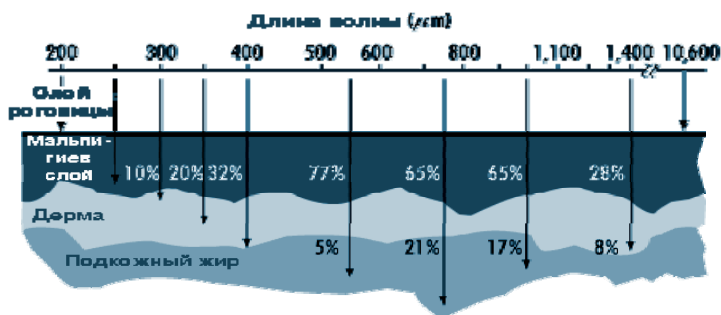
АНАЛИЗ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ РАБОЧИХ МЕСТ ПРИ НАГРЕВАТЕЛЬНОМ МИКРОКЛИМАТЕ

Е. В. Рабич, к. т. н., доц., Л. А. Чумак, к. т. н., доц.,
Л. Н. Лаухина, к. т. н., доц., С. Ю. Рагимов, соис., В. Д. Лаухин, студ.

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры»*

Актуальность. В настоящее время многие индустриальные технологии используют источники видимого и инфракрасного излучения высоких уровней. Большое количество работников, например, рабочие печи обжига, литейщики, кузнецы, плавильщики и пожарные, потенциально подвергается риску экспозиции. Для анализа воздействия инфракрасного излучения (ИРС) с целью разработки и применения средств и методов снижения неактивного влияния повышенных температур на рабочих местах должны приниматься во внимание такие источники, как пламя, газо- и электросварка, наличие расплавленного металла в рабочей зоне и накалинные добела металлические заготовки. Подобные источники встречаются в литейных и металлопрокатных цехах, а также на многих других производствах строительной индустрии при производстве строительных материалов и конструкций.

Анализ воздействия ИРС на работников. Инфракрасное излучение не проникает слишком глубоко сквозь кожу. Таким образом, экспозиция кожи очень сильному инфракрасному излучению может привести к возникновению местных термических эффектов различной тяжести и даже вызвать серьезные ожоги. Кожные эффекты от излучения зависят от оптических свойств кожи, например, зависящей от длины волн глубины проникновения инфракрасных лучей (рис.1).



Источник: ВСЭ 1582

Рис.1. Глубина проникновения волн разной длины в кожу

Продолжительная экспозиция, особенно при более длинных волнах, может вызвать высокую местную температуру и ожоги. Из-за физических

свойств процессов теплопереноса в коже пороговые значения этих эффектов зависят от времени. Например, лучистость 10 кВт/м^2 , может в течение 5 секунд вызвать болезненные ощущения, в то время как экспозиция 2 кВт/м^2 в течение периода продолжительностью менее 50 секунд не вызовет подобной реакции.

Если экспозиция продолжается в течение более длительного периода, то даже при значениях ниже болевого порога, тепловая нагрузка на человеческий организм может быть весьма значительной. Приблизительные уровни экспозиции от различных источников инфракрасного излучения представлены в таблице 1. Результатом воздействия ИРС является изменение физиологически хорошо сбалансированной системы терморегуляции. Порог приемлемости такой экспозиции зависит от различных условий труда и производственной среды, например, от индивидуальных возможностей системы терморегуляции, реального метаболизма тела во время экспозиции или температуры окружающей среды, влажности и движения воздуха (скорости ветра). В отсутствие какой-либо физической работы максимальная экспозиция в 300 Вт/м^2 при определенных условиях окружающей среды может переноситься более восьми часов. Однако во время тяжелой физической работы величина экспозиции понижается примерно до 140 Вт/м^2 .

Таблица 1.

Источники инфракрасного излучения и их применения на практике

Источник	Использование или группы людей	Экспозиция, Вт/м²
Солнечный свет	Рабочие на открытом воздухе, строители	500
Вольфрамово-галогенная лампа накаливания	(Копировальные системы (закрепление), общие процессы (сушка, обжиг, усадка, смягчение)	50-200 (50 см)
Расплавленный металл	Сталеплавильная печь, рабочие сталепрокатного стана	10^5
Антенны инфракрасных ламп	Промышленное нагревание и сушка	10^3
Инфракрасные лампы в больницах	Инкубаторы	100-300

Для оценки риска здоровью наиболее уместными величинами, относящимися к точечным источникам или экспозиции на таких расстояниях от

источника, где $a < a_{\min}$, являются *лучистость* (E , выражающаяся в Вт/м²), которая эквивалентна концепции уровня дозы экспозиции и *лучистая экспозиция* (H , в Дж/м²), эквивалентная концепции дозы экспозиции. В некоторых диапазонах спектра биологические эффекты, возникающие в результате экспозиции, сильно зависят от длины волн. Таким образом, возникает необходимость использования дополнительных радиометрических единиц (например, спектрального светового потока, L_{λ}) для сравнения величин физической эмиссии источника с подходящим спектром воздействия, связанным с биологическим эффектом. В диапазоне IRC излучения экспозиция может вызвать ожог роговицы, аналогичный ожогу на коже.

Защитные меры. Наиболее эффективной стандартной мерой защиты от экспозиции оптическому излучению является полное изолирование источника и всех траекторий излучения, которые могут исходить из источника. В большинстве случаев, достижение при помощи таких мер соответствия параметров излучения предельно допустимым нормам экспозиции должно быть несложным. В иных случаях должна применяться индивидуальная защита. Например, должны использоваться защитные средства для глаз в виде плотно прилегающих защитных очков или щитков, а также защитная одежда. Если условия работы не позволяют применять такие средства, то может возникнуть необходимость введения административного контроля и ограничения доступа к очень сильным источникам излучения. В некоторых случаях возможной мерой защиты рабочих может стать сокращение либо мощности источника, либо рабочего времени (введение рабочих перерывов для восстановления после теплового стресса), либо и того, и другого.

Для улучшения условий труда на рабочих местах с повышенным тепловыделением в настоящее время применяют различные средства защиты от теплового излучения согласно ГОСТ 12.4.123-83 «Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования». Средства защиты от инфракрасных излучений по своему назначению подразделяют на устройства: ограждающие; герметизирующие; теплоизолирующие; для вентиляции воздуха; автоматического контроля и сигнализации; дистанционного управления; диски безопасности.

Основные средства защиты – устранение источника высокотемпературного излучения; охлаждение горячих поверхностей; теплоизоляция поверхностей высокотемпературных источников; экранирование; хранение средств душирования; крепление вентиляции и воздухообмена; средства индивидуальной защиты; организация рационального режима труда и отдыха.

Снижение температуры в источнике излучения возможно при внедрении новых технологий (если позволяют экономические затраты и технический уровень), автоматизации и дистанционного управления производственными процессами и т.д.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 и ДСН 3.36.042-99 «Санитарные нормы микроклимата производственных помещений», интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, не должна превышать: 35Вт/м² при облучении более 50% поверхности тела;

70Вт/м² при облучении от 25 до 50% поверхности тела; 100Вт/м²; при облучении не более 25% поверхности тела, от открытых источников (нагретые металл и стекло открытое пламя). Интенсивность теплового облучения не должна превышать 140Вт/м² при облучении не более 25% поверхности тела и обязательном использовании средств индивидуальной защиты.

Условия труда на рабочих местах по показателям микроклимата при воздействии IRC определяются в зависимости от категории тяжести выполняемой работы. Интегральный показатель тепловой нагрузки среды ТНС-индекс используют при наличии теплового излучения не выше 1000Вт/м² независимо от времени года и открытых территорий. При облучении тела человека выше 100 Вт/м², необходимо использовать средства индивидуальной защиты, в т.ч. глаз и лица. Оценка микроклиматических условий при использовании спецодежды должна производиться по физиологическим показателям теплового состояния человека [1]. Нормы ограничивают и температуру нагретых поверхностей оборудования в рабочей зоне, которая не должна превышать 45°С, а температура на его поверхности должна быть не выше 35°С.

Одним из эффективных средств снижения интенсивности и инфракрасного излучения и температуры на поверхности источника излучения является теплоизоляция оборудования (печи, аппараты, трубопроводы). В качестве теплоизоляции принимают материалы с широкой теплопроводностью. Однако, теплоизоляция тепловых агрегатов требует значительных затрат и не всегда приемлема. Вентиляция воздуха не в полной мере защищает от излучаемой теплоты т.к. инфракрасные лучи мало поглощаются воздушной средой и при достижении поверхности других тел превращающихся в тепловую энергию.

Оградительные экранирование устройства занимают одно из основных мест при защите рабочих мест от IRC. Поглощаемая энергия в непрозрачных экранах электромагнитных колебаний, взаимодействуя с материалом экрана, превращается в тепловую энергию. Это ведет к нагреванию экрана, который становится вторичным источником теплового излучения. Экранируемая энергия, в виде излучения, направлена в сторону источника излучения, которую условно рассматривают как пропущенное излучение источника. К непрозрачным экранам относятся металлические (в т.ч. алюминиевые), альфоловые (алюминиевая фольга), футерованные (пенобетон, пеностекло, керамзит, пемза), асбестовые и др.

Прозрачные экраны выполняют из различных стекол: силикатного, кварцевого, органического, металлизированного. Используют также пленочные водяные завесы (свободные и стекающие по стеклу), вододисперсные завесы. Излучение, взаимодействуя с веществом экрана, минует стадию превращения в тепловую энергию и распространяется внутри экрана по законам геометрической оптики, что и обеспечивает видимость через экран [2].

Полупрозрачные экраны занимают промежуточное положение между прозрачными экранами. К ним относятся: металлические сетки, цепные завесы, экраны из стекла, армированного металлической сеткой.

Наиболее эффективными являются отражательные экраны. Такие экраны обладают низкой степенью черноты поверхности, вследствие чего они основную часть падающей на них лучистой энергии отражают в обратном направлении. В качестве теплоотражающих материалов экранов используют: фольгу, листовую алюминий, оцинкованную сталь, алюминиевую краску.

Отражательные экраны по конструктивному исполнению подразделяются на стационарные, передвижные. Температура экрана со стороны рабочего места не должна превышать 318°K, согласно ДСН 3.36.042-99 и ДНАОП 0.03.1.23-82.

В теплопоглощающих экранах в качестве материалов используют минеральную и стекловату, асбест, вспученный керамзит, пензлу и т.д. Применяемые материалы обладают высоким термическим сопротивлением и малым коэффициентом теплопроводности. Уравнение поглощения лучистой энергии какой либо средой определяется зависимостью

$$P = P_0 \cdot e^{-kb} \quad (1)$$

где P и P_0 – интенсивность излучения в данной точке, соответственно при отсутствии среды, Вт/м²;

k – коэффициент поглощения теплоты среды;

b – толщина среза, мм.

Теплоотводящие экраны устанавливают на пути выхода лучистой энергии с активной зоны (лотки печей, горные участки контроля за качеством и т.д.).

В качестве тепло отводящих экранов водяные завесы, свободнопадающие в виде пленки, орошающие другую экранирующую поверхность (например, металлическую), либо заключенные в специальный кожух из стекла (акварильные экраны), металла (змеевики) и др.

Эффективность защиты от теплового излучения с помощью защитных экранов можно по формуле:

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

где Q – интенсивность теплового излучения без применения защиты, Вт/м²;

Q_3 – интенсивность теплового излучения с применением защиты, Вт/м².

Теплопоглощающие экраны часто выполняют многослойными со свободным просасыванием воздуха между слоями, либо с принудительным. При этом, толщина прослоек должна быть не менее 10 мм и не более 20-25 мм. За счет протягивания воздуха значительно возрастает эффективность экранирования. При применении теплоотводящих полостных экранов с проточной водой, температура отводящей воды не должна превышать 35 °C.

Теплоотражающие экраны в процессе эксплуатации теряют свои свойства из-за загрязнения поверхности, а также в результате изменения технологических операций. Теплозащитные экраны малоэффективны при значительной

интенсивности высокотемпературных источников теплового излучения. Поэтому в последние годы в большей степени находят комбинированные экраны с одновременным эффектом отражения и поглощения тепловой энергии.

На участках производств, где невозможно применить защитные экраны, средством уменьшения неблагоприятного воздействия теплового излучения, способствующего быстрой отдаче избытка поступающего тепла, является душирование рабочих мест или рабочего производства.

Воздушное душирование эффективно при спектральном составе излучения, которое в основном, поглощается кожей. При воздействии IRC, длиной волны $\lambda > 550 \mu\text{m}$, которое проникает вглубь тела, эффективность воздушного душирования снижается. Воздушное душирование применяют в горячих цехах на рабочих местах, находящихся под воздействием лучистого потока теплоты большой интенсивности (более 350 Вт/м^2).

При этом поток воздуха направляют непосредственно на рабочего, что позволяет увеличить отвод тепла от его тела в окружающую среду. Скорости потока воздуха зависит от тяжести выполняемой работы, а также от интенсивности облучения, но она не должна превышать $3,5 \text{ м/с}$, так как это вызывает у рабочего неприятные ощущения (например, шум в ушах). Эффективность повышается при охлаждении подаваемого воздуха на рабочее место или же при добавлении тонко распыленной воды.

Важное место для защиты работников в горячих производствах занимает применение средств индивидуальной защиты, а также лечебно-профилактические мероприятия (организация рационального режима труда и отдыха, организация периодических медосмотров и др.).

Выводы. Как показал анализ защитных средств, при подборе экранов следует учитывать спектр и интенсивность излучения, облученность рабочих мест и температуру влияния. С учетом характеристик излучателя, оценивается температура, отражательные, поглощающие свойства материала и средств. Сочетание приведенных выше мер и средств, в комплексе позволяет обеспечить безопасные условия труда на рабочих местах при нагревательном микроклимате. Комплексный подход к решению вопросов по защите от IRC должен снизить уровень профессиональных заболеваний, уменьшить утомляемость работников, эффективно использовать новые материалы и технологии.

Список использованных источников

1. ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002. Класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу // Гігієнічні нормативи МОЗ України, 2002 – 46с.
2. Теплозащита в металлургии. Справочник. Петров С.В., Шорин А.Ф. М.: Металлургия, 1981 - 120с.