

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»  
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве методических указаний для обучающихся Самарского университета по основной образовательной программе высшего образования 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

Составители: *Ф.М. Шакиров,*  
*С.С. Козий*  
*Т.Б. Козий*

САМАРА  
Издательство Самарского университета  
2021

УДК 502я7

ББК 30ня7

Рецензент д-р техн. наук, проф. И. П. Попов

**Гигиеническая оценка теплового излучения и исследование эффективности теплозащитных экранов:** методические указания / составители: *Ф. М. Шакиров, С.С. Козий, Т.Б. Козий*. – Издательство Самарского университета, 2021. – 48 с.

В методических указаниях рассматриваются физические параметры нагревающего микроклимата производственных помещений, физиологические основы нормирования параметров микроклимата; методы и средства профилактики перегрева работающих, подвергающихся действию инфракрасного теплового облучения, методы измерения и расчета интенсивности инфракрасного излучения; гигиеническая оценка условий труда работающих в нагревающей среде.

Предназначены для обучающихся технических специальностей всех форм обучения, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности».

Подготовлены на кафедре экологии и безопасности жизнедеятельности.

УДК 502я7

ББК 30ня7

**Цель работы:** ознакомиться с теорией тепловых потоков, физической сущностью и инженерным расчетом теплового облучения, с принципами его нормирования и специальной оценки условий труда; с прибором для измерения параметров тепловых потоков; с оценкой эффективности средств защиты от теплового облучения.

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Человек и окружающая его среда гармонично взаимодействуют и развиваются в условиях, когда потоки энергии, вещества и информации находятся в пределах, благоприятно воспринимаемых человеком и средой обитания. В определенных условиях и в зависимости от своей интенсивности они могут снижать работоспособность человека и наносить вред его здоровью [1].

Современная производственная деятельность связана с использованием человеком техники, порождающей многочисленные опасности. Поведение людей и техники при работе во многом зависит от выбранной (разработанной) технологии и условий рабочей среды, которая может изменяться в результате воздействия на неё как человека, так и техники, а степень такого изменения определяется принятой технологией и установленной организацией работ.

Проектирование техносферы по условиям безопасности жизнедеятельности достигается: обеспечением комфорта в зонах жизнедеятельности, правильным взаимным расположением источников опасностей и зон пребывания человека, сокращением размеров опасных зон, применением экибиозащитной техники и средств защиты.

**Производственная среда:** окружающая работающего человека среда, в которой он осуществляет рабочие операции простого процесса труда [4].

**Производственные помещения** – замкнутые пространства в специально предназначенных зданиях и сооружениях, в которых постоянно или периодически осуществляется трудовая деятельность людей.

**Постоянное рабочее место:** рабочее место в физическом пространстве производственной среды, на котором работающий ежедневно трудится большую часть своего рабочего времени (более 50%) или не менее 2 ч непрерывно.

**Рабочая зона:** физическое пространство, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

**Производственный фактор (ПФ):** фактор производственной среды и/или трудового процесса.

К факторам производственной среды относят физические, химические и биологические факторы: к факторам трудового процесса – факторы напряженности и тяжести труда.

**Напряженность труда:** характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника, обеспечивающие его деятельность. К факторам, характеризующим напряженность труда, относятся: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, степень монотонности нагрузок, режим работы.

**Тяжесть труда:** характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность. Тяжесть труда характеризуется физической динамической нагрузкой, массой поднимаемого и перемещаемого груза вручную, стереотипными рабочими движениями, величиной статической нагрузки, характером рабочей позы, глубиной и частотой наклона корпуса, перемещениями в пространстве.

**Вредный производственный фактор (ВПФ):** фактор производственной среды и/или трудового процесса, воздействие которого на организм работающего может сразу или впоследствии привести к отклонению в состоянии здоровья или заболеванию, обнаруживаемому современными методами исследования, а также отразиться на здоровье потомства работника [4].

**Опасный производственный фактор (ОПФ):** фактор производственной среды, воздействие которого на организм работающего может привести к острому заболеванию, травме, смерти [4].

**Опасная зона:** зона возможного воздействия на работающего (при его нахождении в ней) ОПФ и/или ВПФ.

**Условия труда (производственно-технологические):** совокупность факторов производственной среды и трудового процесса.

**Безопасные условия труда:** условия труда, при которых воздействие на работающих ОПФ и/или ВПФ при соблюдении регламентированных мер безопасности исключено, либо риски воздействия ОПФ являются приемлемыми, а дозы воздействия потенциально ВПФ не выходят за рамки установленных нормативов.

**Неудовлетворительные условия труда:** условия труда, при которых воздействие на работающих опасных и/или вредных производственных факторов не исключено.

**Вредные условия труда:** условия труда, при которых воздействие на работающих вредных производственных факторов (даже при соблюдении регламентированных мер безопасности) не исключено.

**Опасные условия труда:** условия труда, при которых воздействие на работающих опасных производственных факторов даже при соблюдении регламентированных мер безопасности не исключено.

**Допустимые условия труда** характеризуются такими уровнями факторов производственной среды и трудового про-

цесса, которые не выходят за рамки установленных допустимых гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные в данных условиях изменения функционального состояния организмов работающих восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей рабочей смены и не оказывают неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работников и/или их потомство.

Эффективность деятельности человека зависит от условий, в которых она протекает. Одним из важнейших условий безопасной жизнедеятельности человека является обеспечение благоприятного микроклимата в помещениях, оказывающего существенное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность.

Для сохранения постоянства температуры ядра тела организм работника должен находиться в термостабильном состоянии, которое зависит от его теплового баланса с окружающей средой.

Тепловой баланс организма человека в общем виде может быть описан уравнением:

$$(Q_M + Q_{т.в.}) - (Q_{изл.} + Q_{конв.} + Q_{исп.диф.} + Q_{исп.дых.} + Q_{исп.п.} + Q_{дых.}) = \pm \Delta Q_{т.с.}, \quad (1)$$

где  $Q_M$  – тепло, продуцируемое человеком (теплопродукция);  
 $Q_{т.в.}$  – тепло, поступающее извне (например, от нагретых поверхностей оборудования, вдыхаемого тёплого воздуха и др.);

$Q_{изл.}$  – теплоотдача излучением;

$Q_{конв.}$  – теплоотдача конвекцией;

$Q_{ис.диф.}$  – теплоотдача вследствие испарения диффузионной влаги с поверхности кожи;

$Q_{ис.дых.}$  – теплоотдача вследствие испарения влаги с верхних дыхательных путей;

$Q_{ис.п.}$  – теплоотдача вследствие испарения пота;

$Q_{дых.}$  – теплоотдача вследствие нагревания вдыхаемого воздуха;

$\pm \Delta Q_{т.с.}$  – накопление или дефицит тепла в организме.

Ведущую роль, определяющую тепловое состояние человека, играет комплекс физических факторов: температура и влажность воздуха, скорость его движения, тепловое облучение и продолжительность их воздействия, одежда, физическая активность. Их конкретные значения влияют на процесс терморегуляции организма. **Терморегуляцией** организма называется совокупность физиологических и химических процессов, направленных на поддержание температуры ядра тела в определенных пределах (36,1...37,2 °С).

Теплоотдача организма человека в окружающую среду осуществляются в основном тремя путями:

1) в виде инфракрасных лучей, излучаемых поверхностью тела в направлении окружающих предметов с более низкой температурой (радиация); в общем случае таким путем отводится ~ 45% всей тепловой энергии, вырабатываемой организмом;

2) нагревом воздуха, омывающего поверхность тела (конвекция), при этом теряется около 30% тепла и около 5% тепла расходуется на нагревание принимаемой пищи, воды и вдыхаемого воздуха;

3) испарением влаги с поверхности кожи ~ 20% тепла.

Эффективная теплоотдача радиацией и конвекцией происходит в том случае, если температура окружающего воздуха ниже температуры тела. В противном случае теплоотдача возможна в основном за счет испарения пота.

Микроклимат по его влиянию на тепловой баланс человека подразделяется на нейтральный, нагревающий, охлаждающий.

**Нейтральный** микроклимат – сочетание его составляющих при воздействии на человека в течение рабочей смены обеспечи-

вает тепловой баланс организма, при котором разность между величиной теплопродукции и суммарной теплоотдачей находится в пределах  $\pm 2$  Вт ( $\pm \Delta Q_{т.с.}$ ), а доля теплоотдачи испарением пота не превышает 30% в общем количестве отводимого тепла.

**Нагревающий** микроклимат – сочетание его параметров, при котором имеет место дисбаланс теплообмена человека с окружающей средой, проявляющийся в накоплении тепла в организме  $> 2$  Вт ( $+ \Delta Q_{т.с.}$ ) и/или в увеличении доли потерь тепла испарением пота  $> 30\%$  в общем количестве отводимого тепла [3].

**Охлаждающий** микроклимат – сочетание его параметров, при котором имеет место превышение суммарной теплоотдачи в окружающую среду над величиной теплопродукции организма в сочетании с внешним теплоподводом, приводящее к образованию общего и/или локального дефицита тепла в теле человека  $> 2$  Вт ( $-\Delta Q_{т.с.}$ ).

Если температура воздуха и излучающих конструкций выше  $60^{\circ}\text{C}$ , организм человека не способен сохранять тепловой баланс даже за счет потоотделения, вследствие чего начинается процесс накопления тепла в организме, грозящий его гибелью.

## **2 ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОВЫХ ЛУЧЕЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА**

**Тепловое излучение** (часть инфракрасного излучения) – электромагнитное излучение определенных длин волн. Длина волны определяет физические и биологические свойства излучения. Инфракрасное (ИК) излучение невидимо и занимает в общем электромагнитном спектре участок с длиной волны от 0,76 до 1000 мкм. В гигиенической практике имеет значение более узкая область спектра – до 60 мкм.

Все тела, имеющие температуру выше абсолютного нуля (0 К), отдают тепло инфракрасным излучением.

Воздействие теплового излучения технологического оборудования на персонал называют **тепловым облучением**.

Оно определяется многими факторами, а именно: интенсивностью и продолжительностью облучения, площадью облучаемой поверхности организма, спектром излучения, углом падения лучистой энергии, температурой и скоростью движения воздуха, категорией выполняемой работы по энергозатратам, защитными свойствами спецодежды и организацией трудового процесса.

Источниками тепловыделений в производственных помещениях могут быть: нагретые поверхности стен печей (их открытые проемы), технологического оборудования, обрабатываемых деталей и заготовок, различные виды сварки и плазменной резки и др.

Нагретые тела отдают свое тепло менее нагретым телам теплоизлучением и конвекцией.

При температуре до 500 °С нагретые поверхности излучают инфракрасные лучи с длиной волны 0,76...740 мкм, при более высокой температуре наряду с инфракрасными лучами появляются видимые световые и ультрафиолетовые лучи.

У большинства производственных источников тепла максимум излучаемой энергии (более 60%) приходится на длинноволновую часть спектра.

Инфракрасное излучение подчиняется ряду важных в гигиеническом отношении закономерностей.

Величина отдачи тепла излучением (плотность излучения) прямо зависит от абсолютной температуры поверхности тела  $T$  и пропорциональна её четвертой степени

$$\varepsilon = \sigma \times T^4, \quad (2)$$

где  $\varepsilon$  – теплоотдача (плотность излучения), Вт/м<sup>2</sup>;

$\sigma$  – постоянная величина, равная  $5,67 \times 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup> × К<sup>4</sup>);

$T$  – абсолютная температура, К.

В соответствии с этим даже небольшое увеличение температуры поверхности тела приводит к значительному росту отдачи тепла излучением в окружающее пространство.

**Таблица 1** – Спектральные характеристики источников излучения

Источники излучения	Температура излучаемой поверхности, °С	Диапазон длин волн, мкм	Спектр излучения
Паропроводы, низкотемпературные печи; заготовки и изделия из алюминиевых сплавов	До 500	9,3...3,7	Длинноволновое инфракрасное излучение
Открытые проёмы нагревательных печей, открытое пламя, нагретые слитки, заготовки, расплавленный чугун, бронза	500...1300	3,7...1,9	Длинноволновые инфракрасные лучи, слабое видимое излучение
Расплавленная сталь, открытое пламя плавильных печей	1300...1800	1,9...1,2	Инфракрасное и видимое излучение
Дуговые печи, сварочные аппараты	2000...4000	1,20...0,8	Инфракрасное, видимое и ультрафиолетовое излучение

В реальных условиях излучение является интегральным, поскольку нагретые тела излучают энергию одновременно различных длин волн, однако максимум излучения всегда соответствует волнам определенной длины. Причем, по мере роста температуры источника излучения максимум энергии перемещается в спектре излучения в сторону более коротких волн (таблица 2).

**Таблица 2** – Температура источника излучения и длина волн, на которые приходится максимум тепловой энергии

Т, К	мкм	Т, К	мкм	Т, К	мкм
300	9,6	800	3,6	1500	1,92
400	7,2	900	3,2	2000	1,44
500	5,7	1000	2,8	3000	0,96
600	4,8	1100	2,6	4000	0,72
700	4,1	1200	2,4	5000	0,57

По закону Вина можно определить, в какой части спектра находится максимум энергии излучения, по уравнению:

$$\lambda_{\max} = \frac{C}{T}, \text{ мкм}, \quad (3)$$

где  $\lambda_{\max}$  – длина волны, соответствующая максимальной энергии излучения, мкм;

$C$  – постоянная величина, равная  $2,9 \times 10^3$ , мкм·К;

$T$  – температура излучающей поверхности, К.

Преобладание лучей с длиной волны 1,1 мкм соответствует расплавленному металлу, а лучей с длиной волны 3,4 мкм – металлу к концу процесса прокатки,ковки и т.д.

Физиологи и гигиенисты используют классификацию инфракрасных лучей [3], согласно которой весь диапазон ИК-излучений по длине волны делится на три области:

**ИК-А** (коротковолновая) находится в диапазоне длин волн от 0,48 до 1,0 мкм.

**ИК-В** (средневолновая) находится в диапазоне длин волн от 1,1 до 3,0 мкм;

**ИК-С** (длинноволновая) находится в диапазоне длин волн от 3,1 до 30 мкм.

Спектр инфракрасного излучения тела человека принимается в пределах от 2,5 до 25 мкм с максимальной длиной волны около 9,3–9,4 мкм. Длинноволновая инфракрасная радиация не оказывает неблагоприятного действия на организм человека,

если ее величина не превышает величины, излучаемой самим человеком.

В реальной жизни человек сталкивается с источниками инфракрасного излучения,  $\lambda_{\max}$  которых не превышает 14,6 мкм (при температуре 70 °С).

Инфракрасные тепловые лучи оказывают на организм человека в основном термическое действие. Поглощение энергии данного потока происходит главным образом в эпидермисе. Существуют различия восприятия радиационного и конвективного тепла, так как наблюдается более слабая реакция терморепцепторов кожи на радиационный нагрев или охлаждение, что связано с трансформацией теплового потока в более глубоких слоях кожи, в которых плотность терморепцепторов ниже.

Два органа нашего тела являются приемниками тепловой радиации – глаза и кожа. Действие на них радиации проявляется только при её поглощении. Коэффициент поглощения ИК-лучей и эффект их действия связаны с длиной волны, которая обуславливает глубину их проникновения. Например, ИК облучение с длиной волны **от 0,76 до 1,5 мкм (лучи Фохта)** вызывает катаракту глаз (помутнение хрусталика).

Под влиянием теплового облучения в организме происходят биохимические сдвиги, образование в тканях биологически активных веществ (пирогенных), способствующих повышению температуры тела в органах за счет усиления обмена веществ; уменьшается содержание кислорода в крови, понижается венозное давление, замедляется кровоток, и, как следствие, нарушается деятельность сердечно-сосудистой и нервной систем.

Учитывая физиологические особенности человека, терапевты делят ИК-диапазон на 3 категории:

- длина волны 0,76–1,5 мкм – излучение, проникающее вглубь кожи;
- длина волны 1,6–5 мкм – излучение, поглощаемое эпидермисом и соединительно-тканым слоем кожи;

- длина волны более 5 мкм – излучение, поглощаемое поверхностью кожи.

Врачи используют длинноволновый диапазон (более 5мкм) при необходимости воздействий на поверхность кожи, слизистую оболочку либо сосудистую систему. Для воздействия же в глубину, например, на лимфатическую систему или мышечную ткань, применяют инфракрасное излучение с длиной волны 0,76–1,5 мкм. Болевой порог по температуре кожи составляет для коротковолнового диапазона облучения 43,8 °С и доходит для длинноволнового диапазона до 45,5 °С, что указывает на различное действие лучей этих двух областей излучения.

Кроме непосредственного воздействия на организм человека, лучистая теплота нагревает окружающие конструкции. Эти вторичные источники отдают теплоту окружающей среде излучением и конвекцией, в результате чего температура воздуха внутри помещения повышается. При высоких температурах воздуха (>28 °С) дыхание человека может учащаться и становится поверхностным, легочная вентиляция при этом уменьшается, что способствует снижению потребления кислорода в единицу времени.

Повышение температуры ядра тела при этом на 1 °С сопровождается ухудшением самочувствия (вялость, сонливость, раздражительность, учащение дыхания и пульса).

При работе в условиях высокой температуры воздуха (>28 °С) водно-солевой и витаминный обмен значительно изменяются, так как усиленное потоотделение ведет к потере жидкости, солей и водорастворимых витаминов, при этом масса тела рабочих к концу смены может уменьшаться на 3–4 кг и более. Считается допустимым для человека снижение его массы на 2...3% (обезвоживание организма) за смену [1]. Обезвоживание на 6 % влечет за собой нарушение умственной деятельности, снижение остроты зрения, на 15...20% – приводит к смертельному исходу.

В 1 литре пота содержится от 2,5 до 5,6 г хлорида натрия. При неблагоприятных условиях потеря жидкости может дости-

гать 10...12 литров за смену, а с ней до 30...40 г хлорида натрия, содержание которого в организме составляет около 140 г. Потеря хлорида натрия до 30 г приводит к прекращению желудочной секреции, лишает кровь способности удерживать воду, а ещё большего количества – к мышечным спазмам и судорогам и к нарушению деятельности сердечно-сосудистой системы.

Это связано с нарушением водного обмена, сгущением и перераспределением крови (усиливается кровоснабжение кожи, подкожной жировой клетчатки), негативным влиянием повышенной температуры на сердечную мышцу и тонус сосудов. При высокой температуре воздуха ( $>28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в организме легко расходуются углеводы, жиры, разрушаются белки, изменяется состав крови (повышается содержание гемоглобина и эритроцитов); артериальное давление понижается, но при выполнении физической работы повышается и зависит от выраженности указанных двух факторов (температуры воздуха и энергозатрат на выполняемую работу).

Негативное влияние на центральную нервную систему работы в условиях высоких температур ( $>28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) проявляется в ослаблении внимания, замедлении реакций, ухудшении координации движений, что может быть причиной снижения производительности труда и роста травматизма.

Длительное воздействие тёплого воздуха ( $>28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в сочетании с его повышенной влажностью может привести к перегреву организма – **гипертермии** – состоянию, при котором температура тела поднимается до  $38...39\text{ }^{\circ}\text{C}$ , наблюдаются головная боль, головокружение, общая слабость, искажение цветового восприятия, сухость во рту, тошнота, рвота, обильное потовыделение. Пульс и дыхание учащаются, в крови увеличивается содержание азота и молочной кислоты. При этом наблюдается бледность и синюшность кожных покровов, зрачки расширяются, возникают мышечные судороги, теряется сознание.

### 3 ГИГИЕНИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ РЕГЛАМЕНТИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ НАГРЕВАЮЩЕМ МИКРОКЛИМАТЕ

Микроклимат является **нагревающим**, если температура воздуха в помещении выше верхних границ допустимых диапазонов, которые расположены выше оптимальных, предусмотренных нормативными документами [5].

Нагревающий микроклимат в цехах предприятий многих отраслей промышленности характеризуется преобладанием лучистого тепла, которое является основным климатообразующим фактором. Выделение тепла приводит к повышению теплонапряжённости производственных помещений и оказывает неблагоприятное влияние на формирование в нём микроклимата.

Санитарные правила, нормы, и гигиенические нормативы – нормативные акты, устанавливающие критерии безопасности и безвредности для человека факторов производственной среды и требования по обеспечению благоприятных условий его жизнедеятельности [6].

Они устанавливают гигиенические требования к показателям каждого компонента микроклимата в рабочей зоне производственных помещений, в зависимости от способности организма человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, с учетом интенсивности энергозатрат работающих и длительности времени выполнения работ.

Для учета характера одежды (теплоизоляции) и особенностей акклиматизации организма человека введено понятие периода года – теплого и холодного. Теплый период года характеризуется среднесуточной температурой атмосферного воздуха выше +10 °С, а холодный – температурой +10 °С и ниже.

При учете интенсивности труда все виды работ, исходя из общих энергозатрат организма, делятся на три категории: легкие

(Ia, Ib), средней тяжести (IIa, IIб) и тяжелые (III). Характеристику производственных помещений по категории выполняемых в них работ устанавливают по категории работ, выполняемых 50% и более работающих в соответствующем помещении.

**К категории Ia** относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (139 Вт), производимые в положении сидя;

**К категории Ib** относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121–150 ккал/ч (140–174 Вт), производимые не только в положении сидя, но и стоя и/или связанные с ходьбой без поднятия и/или перемещения предметов;

**К категории IIa** относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151–200 ккал/ч (175–232 Вт), связанные преимущественно с ходьбой и перемещением (переноской) мелких (массой до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя и/или сидя;

**К категории IIб** относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201–250 ккал/ч (233–290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской изделий и/или предметов до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением;

**К категории III** относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 250 ккал/ч (290 Вт), связанные с постоянными передвижениями, а также перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий.

В соответствии с санитарными правилами и нормами тепловое излучение входит в **показатели, характеризующие микроклимат производственных помещений**. Нормируемыми параметрами воздействия теплового излучения являются: интенсивность теплового облучения и его экспозиционная доза.

Общее количество теплоты, поглощенное телом, зависит от площади облучаемой поверхности, температуры источника излучения и расстояния до него.

Для характеристики теплового облучения тела принят параметр, названный интенсивностью теплового облучения **E** – это

**мощность лучистого потока, приходящегося на единицу облучаемой поверхности.**

Интенсивность теплового облучения на рабочем месте можно рассчитать по зависимости:

$$E = \frac{0,91 \times F \times \left[ \left( \frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{R^2}, \quad (4)$$

где  $F$  – площадь излучающей поверхности,  $\text{м}^2$ ;

$T$  – абсолютная температура излучающей поверхности,  $\text{К}$ ;

$A$  – параметр учёта качества спецодежды ( $A = 110$  для шерстяной ткани,  $A = 85$  для хлопчатобумажной ткани и открытых частей тела);

$R$  – расстояние от рабочего места до излучающей поверхности,  $\text{м}$ ;

$1 \text{ кал}/(\text{м}^2 \times \text{мин}) = 695 \text{ Вт}/\text{м}^2$ ;

$1 \text{ ккал} = 4,186 \text{ кДж}$ .

Допустимые величины интенсивности теплового облучения  $E$  поверхностей тел, работающих от источников излучения, нагретых до **белого и красного** свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и другие), не **превышают 140 Вт/м<sup>2</sup>**. При этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела человека и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхностей тел, работающих (при разных их долях) от производственных источников (материалов, изделий и прочего), нагретых до температуры **темного свечения** (не более  $600 \text{ }^\circ\text{C}$ ), приведены в таблице 3.

**Таблица 3** – Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхностей тел работающих от производственных источников, нагретых до температуры темного свечения ( $\leq 600$  °С)

Доля облучаемой поверхности	Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup> (не более)
$\geq 50$	35
$> 25 - < 50$	70
$\leq 25$	140

Вторым нормируемым параметром воздействия теплового облучения является экспозиционная доза [6].

**Экспозиционная доза теплового облучения (ДОЭ)** – количественная характеристика интенсивности и продолжительности облучения, а также площади облучаемой поверхности.

Экспозиционная доза (Вт×ч) рассчитывается по формуле:

$$\text{ДОЭ} = E \times S \times t, \quad (5)$$

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

$S$  – облучаемая площадь поверхности тела, м<sup>2</sup>;

$t$  – продолжительность облучения за смену, ч.

При определении облучаемой поверхности тела необходимо производить ее расчет с учетом доли (%) каждого участка тела: голова и шея – 9, грудь и живот – 16, спина – 18, руки – 18, ноги – 39.

**Реальная величина экспозиционной дозы не должна превышать 500 Вт×ч. При этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средства защиты лица и глаз.**

При наличии теплового облучения работающих температура воздуха на рабочих местах не должна превышать в зависимости от категории работ следующих величин:

25 °С – Ia;      22 °С – IIa;    20 °С – III.  
24 °С – Ib;      21 °С – IIб;

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата предусматриваются защитные мероприятия, например: местное кондиционирование воздуха, воздушное душирование, компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого, регламентация времени работы, в частности, перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы. Кроме того, используются помещения для отдыха, спецодежда и другие средства индивидуальной защиты.

Для оценки сочетанного воздействия параметров нагревающего микроклимата в целях осуществления мероприятий по защите работающих от возможного перегревания используется интегральный показатель тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс).

**ТНС-индекс** – эмпирический интегральный показатель (выраженный в °С), отражающий сочетанное влияние температуры воздуха, скорости его движения и относительной влажности, а также тепловых лучистых потоков на теплообмен человека с окружающей средой.

Числовое значение ТНС-индекса определяется на основе величин температуры смоченного термометра гигрометра психрометрического ( $t_{см}$ ) и температуры сухого термометра внутри зачерненного шара ( $t_{ш}$ ).

Температура  $t_{ш}$  измеряется термометром, резервуар которого размещен в центре зачерненного полого шара диаметром 90 мм, выполненного из листовой меди толщиной 0,4 мм. Она ( $t_{ш}$ ) отражает одновременное влияние конвективных и лучистых тепловых потоков на объекты воздействия.

Точность измерения температуры воздуха внутри зачерненного шара  $\pm 0,5$  °С.

Величина ТНС-индекса рассчитывается по выражению:

$$TNC = 0,7 \times t_{\text{вн}} + 0,3 \times t_{\text{ш}} . \quad (6)$$

В случае, если температура воздуха и/или тепловое облучение на рабочем месте превышают верхнюю границу допустимых значений по СанПиН 2.2.4.3359-16 [5], оценку микроклимата необходимо проводить по величине показателя ТНС-индекса в соответствии с таблицей 4.

ТНС-индекс рекомендуется использовать для интегральной оценки тепловой нагрузки среды на рабочих местах, скорость движения воздуха на которых не превышает 0,6 м/с, а интенсивность теплового облучения – 1200 Вт/м<sup>2</sup>.

Значения ТНС-индекса не должны выходить за пределы величин, предоставленных в таблице 4 для допустимых условий труда (УТ) (класс УТ – 2).

**Таблица 4** – Классы условий труда по величине ТНС-индекса (°С)

Категория работ	Условия труда / Класс (подкласс) УТ					
	допусти- мые	вредные				опасные
	2	3				4
		3.1	3.2	3.3	3.4	
Ia	≤ 26,4	26,5-26,6	26,7-27,4	27,5-28,6	28,7-31,0	>31,0
Iб	≤ 25,8	25,9-26,1	26,2-26,9	27,0-27,9	28,0-30,3	>30,3
IIa	≤ 25,1	25,2-25,5	25,6-26,2	26,3-27,3	27,4-29,9	>29,9
IIб	≤ 23,9	24,0-24,2	24,3-25,0	25,1-26,4	26,5-29,1	>29,1
III	≤ 21,8	21,9-22,0	22,1-23,4	23,5-25,7	29,2-27,9	>27,9

В целях защиты работающих от перегревания на рабочих местах при температурах воздуха выше наибольшей допустимой величины время пребывания на рабочих местах (непрерывно или суммарно за рабочую смену) ограничивается значениями, указанными в таблице 5.

Интенсивность облучения величиной до 350 Вт/м<sup>2</sup> обычно не вызывает у работников локальных неприятных ощущений, при величине 1050 Вт/м<sup>2</sup> уже через 3...5 мин на поверхности кожи появляется неприятное жжение (повышение температуры кожи достигает 8...10 °С), а при 3500 Вт/м<sup>2</sup> через несколько секунд возможны её ожоги.

Время пребывания в зоне теплового облучения лимитируется в первую очередь температурой кожи, болевое ощущение появляется при её температуре 40...45 °С (в зависимости от облучаемого участка).

**Таблица 5** – Допустимая продолжительность пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин и категории выполняемых работ по энергозатратам

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин, ч		
	Iа - Iб	IIа - IIб	III
32,5	1	-	-
32,0	2	-	-
31,5	2,5	1	-
31,0	3	2	-
30,5	4	2,5	1
30,0	5	3	2
29,5	5,5	4	2,5
29,0	6	5	3
28,5	7	5,5	4
28,0	8	6	5
27,5	-	7	5,5
27,0	-	8	6
26,5	-	-	7
26,0	-	-	8

## **4 СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА ПО ПАРАМЕТРАМ НАГРЕВАЮЩЕГО МИКРОКЛИМАТА**

**Отнесение условий труда на рабочих местах к классам условий труда** осуществляется в зависимости от степени соответствия нормам фактических значений потенциально вредных (опасных) факторов, полученных по результатам проведения их исследований и измерений и с учетом продолжительности воздействия факторов на работника в течение рабочего дня (рабочей смены).

Под полной продолжительностью рабочего дня (рабочей смены) понимается длительность выполнения работником своей трудовой функции, ежедневно составляющая не менее 80% от продолжительности рабочего дня (смены), установленной для данного работника трудовым законодательством.

В указанное время включается:

- подготовительно-заключительное время,
- оперативное время (основное и вспомогательное),
- время обслуживания рабочего места в пределах установленных нормативов времени,
- время установленных регламентированных перерывов, включаемых в рабочее время.

Отнесение условий труда к конкретному классу осуществляется с учетом используемого на рабочих местах технологического оборудования, являющегося искусственным источником тепла. При этом количество измерений параметров микроклимата на каждом рабочем месте устанавливается в зависимости от особенностей технологического процесса.

На основе измерений температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха и/или теплового излучения в производственных помещениях на всех местах пребывания работника в течение рабочего дня (смены), и сопоставления фактических значений параметров микроклимата со значениями пара-

метров микроклимата, предусмотренных нормативными документами (таблица 6) устанавливается класс условий труда.

В случае наличия у работника единственного рабочего места достаточным является их однократное измерение.

Отнесение условий труда к определённому классу условий труда при воздействии параметров микроклимата осуществляется в следующей последовательности:

– на первом этапе класс условий труда определяется по температуре воздуха;

– на втором этапе класс условий труда корректируется в зависимости от влажности воздуха, скорости его движения и/или теплового облучения (экспозиционной дозы теплового облучения).

При воздействии нагревающего (за счет лучистого тепла) микроклимата, когда температура воздуха в помещении не превышает верхних границ допустимых величин согласно СанПиН 2.2.4.3359–16 [5], оценка микроклимата может проводиться как по отдельным его составляющим (таблица 6), так и ТНС-индексу (таблица 4).

Если температура воздуха и/или тепловое облучение на рабочем месте превышают верхнюю границу допустимых значений согласно СанПиН 2.2.4.3359–16 [5], то оценка условий труда осуществляется по индексу тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс) путем сопоставления фактических значений ТНС-индекса с диапазоном нормативных величин (таблица 4).

Тепловое облучение открытых участков тела человека ( $\leq 25\%$  его поверхности), интенсивность которого превышает  $140 \text{ Вт/м}^2$  и/или доза облучения которого  $>500 \text{ Вт}\cdot\text{час}$ , характеризует условия труда как вредные или опасные, даже если ТНС-индекс имеет допустимую величину согласно таблице 4. При этом класс условий труда определяется по наиболее выраженному показателю – ТНС-индексу, интенсивности теплового облучения и /или его экспозиционной дозе (таблица 6).

Окончательный класс условий труда при нагревающем микроклимате устанавливается по его параметру, определяющему наиболее высокий класс (степень вредности для 3-го класса).

**Таблица 6** – Классы условий труда в зависимости от величин показателей микроклимата при работе в помещении с нагревающим микроклиматом

Показатель	Категория работ	Условия труда / Класс условий труда						
		оптимальные	допустимые	вредные				опасные
		1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Температура воздуха, °С	Ia	22,0÷24,0	24,1÷25,0	Определяется величиной ТНС-индекса				
	Iб	21,0÷23,0	23,1÷24,0					
	IIa	19,0÷21,0	21,1÷23,0					
	IIб	17,0÷19,0	19,1÷22,0					
	III	16,0÷18,0	18,1÷21,0					
Скорость движения воздуха, м/с	Ia	≤0,1	≤0,1	Учитывается при определении ТНС-индекса. При скорости движения воздуха большей или равной 0,6 м/с – по данному показателю условия труда признаются вредными (3.1)				
	Iб	≤0,1	≤0,2					
	IIa	≤0,2	≤0,3					
	IIб	≤0,2	≤0,4					
	III	≤0,3	≤0,4					
Влажность воздуха, %	I - III	60÷40	15÷40; >60÷75	Учитывается при определении ТНС-индекса. При влажности воздуха <15 до10% – по данному показателю условия труда признаются вредными (3.1); при влажности воздуха <10% – по данному показателю условия труда признаются вредными (3.2)				
Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup>	I - III	-	≤140	141÷1500	1501÷2000	2001÷2500	2501÷2800	>2800
				501–1500	1501–2600	2601–3800	3801–4800	>4800
Экспозиционная доза теплового облучения, Вт*ч	I - III	-	≤500	501–1500	1501–2600	2601–3800	3801–4800	>4800
				501–1500	1501–2600	2601–3800	3801–4800	>4800

В случае, когда в течение трудового дня (смены) человек находится в нескольких рабочих зонах, характеризующихся различной величиной термического воздействия, класс условий труда определяется через выраженную в баллах средневзвешенную величину  $X_{срв}$ . Последняя учитывает также продолжительность пребывания человека на каждом рабочем месте:

$$X_{срв} = \frac{X_1 \times t_1 + \dots + X_i \times t_i + \dots + X_n \times t_n}{t_{см}}, \quad (7)$$

где  $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n$  – выраженные в баллах (таблица 7) условия труда в первой, второй,  $i$ -й,  $n$ -й рабочих зонах соответственно;

$t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n$  – время пребывания (в часах) человека в первой, второй,  $i$ -й,  $n$ -й рабочих зонах соответственно;

$t_{см}$  – продолжительность рабочего дня / смены (в часах), но не более 8 часов.

Рассчитанную по формуле (7) величину  $X_{срв}$  (в баллах) округляют до целого значения и переводят в класс условий труда согласно таблице 7.

**Таблица 7** – Балльное представление условий труда

Класс условий труда	Вес в баллах величины $X_i$ в формуле (7)
1	1
2	2
3.1	3
3.2	4
3.3	5
3.4	6
4	7

## **5 ПРОФИЛАКТИКА НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НАГРЕВАЮЩЕГО МИКРОКЛИМАТА**

Методы снижения неблагоприятного влияния производственного микроклимата регламентируются «Санитарными правилами по организации технологических процессов и гигиеническими требованиями к производственному оборудованию». Они осуществляются комплексом технологических, санитарно-технических, организационных и медико-профилактических мероприятий.

Ведущая роль в профилактике вредного влияния высоких температур, инфракрасного облучения принадлежит технологическим мероприятиям: замена старых и внедрение новых технологических процессов и оборудования. Внедрение автоматизации и механизации дает возможность удаления рабочих мест от источников радиационной и конвективной теплоты.

К группе санитарно-технических мероприятий относится применение коллективных средств защиты: локализация тепловыделений, теплоизоляция горячих поверхностей, экранирование источников или рабочих мест; воздушное душирование (рисунки 1, 2), радиационное охлаждение, мелкодисперсное распыление воды; общеобменная вентиляция или кондиционирование воздуха, а так же мероприятия, обеспечивающие герметичность оборудования, - плотно подогнанные дверцы, заслонки, совмещение закрытия технологических отверстий с работой оборудования.

Теплозащитные средства должны обеспечивать интенсивность облучения на рабочих местах не более  $350 \text{ Вт/м}^2$ , а температуру поверхностей оборудования не выше:

- 308 К (35 °С) при температуре внутри источника до 373 К (100 °С);
- 318 К (45 °С) при температуре внутри источника выше 373 К (100 °С).

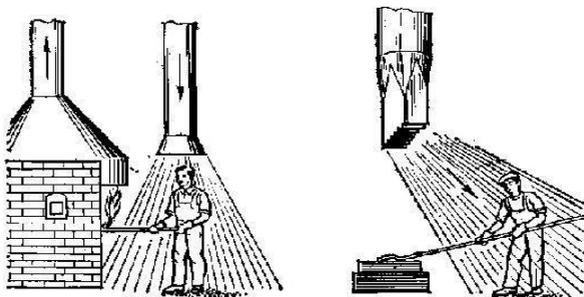


Рисунок 1 – Воздушное душирование на рабочих местах

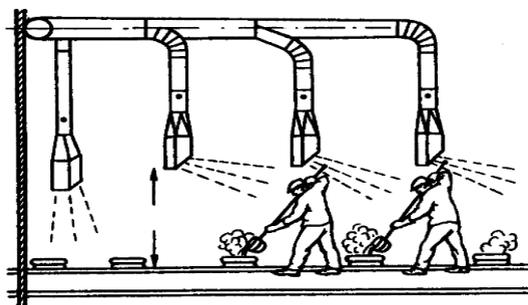


Рисунок 2 – Приточные системы вентиляции.

**Теплоизоляция поверхностей** источников излучения (печей, сосудов и трубопроводов с горячими газами и жидкостями) снижает температуру излучающей поверхности и уменьшает как общее тепловыделение, так и радиационное, а также уменьшает тепловые потери оборудования, снижает расход топлива и приводит к повышению производительности агрегатов.

Конструктивно теплоизоляция может быть мастичной, оберточной, засыпной, из штучных изделий и смешанной.

**Мастичная изоляция** наносится на горячую поверхность изолируемого объекта и может применяться на объектах любой конфигурации.

**Оберточную изоляцию** изготавливают из волокнистых материалов – асбестовые ткани, минеральной ваты, войлока и т. д.

**Засыпную изоляцию** применяют реже, так как при этом необходимо устанавливать кожух вокруг изолируемого объекта. Ее используют в основном там, где требуется большая толщина изоляционного слоя или при изготовлении изоляционных панелей.

**Смешанная изоляция** состоит из нескольких различных слоев. При этом снаружи теплоизоляции устраивают алюминиевые кожухи, что позволяет уменьшить тепловые потери на излучение и повысить срок службы изоляции под кожухом.

При выборе материала для изоляции необходимо принимать во внимание его механические свойства, а также способность выдерживать высокую температуру. Многие теплоизоляционные материалы берут в их естественном состоянии: асбест, слюда, торф, земля, но большинство получают в результате специальной обработки естественных материалов в виде смеси.

**Теплозащитные экраны** применяют для локализации источников лучистой теплоты, уменьшения облучённости на рабочих местах и снижения температуры поверхностей, окружающих рабочее место. Ослабление теплового потока за экраном обуславливается его поглотительной и отражательной способностью. В зависимости от того, какая способность экрана более выражена, различают: **теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие экраны.**

**К теплоотражающим** относят металлические водоохлаждаемые и футерованные асбестовые, альфалиевые, алюминиевые экраны.

**К теплопоглощающим** – экраны из металлической сетки, цепные завесы, экраны из стекла, армированного металлической сеткой; все эти экраны могут орошаться водяной пленкой.

**Теплоотводящие** экраны представляют собой сварные или литые металлические конструкции, охлаждаемые водой, пленоч-

ные водяные завесы, свободные и стекающие по стеклу, вододисперсные завесы.

При интенсивности теплового облучения более 140 до 350 Вт/м<sup>2</sup> необходимо увеличение скорости движения воздуха на 0,2 м/с выше нормируемых величин. При интенсивности теплового облучения более 350 Вт/м<sup>2</sup> целесообразно применять воздушное душирование рабочих мест. В таблице 8 приведены рекомендуемые сочетания величин скорости движения воздуха и его температуры в зависимости от интенсивности теплового облучения.

**Таблица 8** – Температура и скорость движения воздуха при воздушном душировании [11]

Категория работ	Температура воздуха вне струи, °С		Скорость движения воздуха на рабочем месте, м/с	Температура воздуха в душирующей струе (°С) при интенсивности теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup>					Средняя на 1 м <sup>2</sup> скорость воздуха в душирующей струе на рабочем месте, м/с
	на постоянных рабочих местах	на непостоянных рабочих местах		>140-350	>350-700	>700-1400	>1400-2100	>2100-2800	
				5	6	7	8	9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Легкая Iа,	28/31	30/32	0,2	28	24	21	16	-	1
				-	28	26	24	20	2
Iб	28/31	30/32	0,3	-	-	28	26	24	3
				-	-	-	27	25	3,5
Средней тяжести: IIа,	27/30	29/31	0,4	27	22	-	-	-	1
				28	24	21	16	-	2
IIб	27/30	29/31	0,5	-	27	24	21	18	3
				-	28	25	22	19	3,5
Тяжелая: III	26/29	28/30	0,6	25	19	16	-	-	2
				26	22	20	18	17	3
				-	23	22	20	19	3,5

Примечания:

1. Нормы установлены для людей, находящихся в помещении более 2 ч непрерывно.

2. В таблице в графах 2 и 3 допустимые нормы внутреннего воздуха приведены в виде дроби: в числителе – для районов с расчетной температурой наружного воздуха ниже 25 °С; в знаменателе – для районов с расчетной температурой наружного воздуха 25 °С и выше;

3. Для помещений, расположенных в районах с расчетной температурой наружного воздуха ниже 25 °С, температуру на рабочих местах следует принимать не более указанной в числителе граф 2 и 3, с расчетной температурой 25 °С и выше – не более указанной в знаменателе граф 2 и 3;

4. В районах с расчетной температурой наружного воздуха  $t$ , °С, на постоянных и непостоянных рабочих местах, превышающей 28 °С – на каждый градус разницы температур ( $t - 28$ ), °С, следует увеличивать скорость движения воздуха на 0,1 м/с, но не более чем на 0,3 м/с выше скорости, указанной в графе 4.

Важным фактором, способствующим повышению работоспособности человека в горячих цехах, является рациональный режим труда и отдыха. Он разрабатывается применительно к конкретным условиям работы. Частые короткие перерывы более эффективны для поддержания работоспособности, чем редкие, но продолжительные. При физических работах средней тяжести и с температурой воздуха до 25 °С внутренний режим труда предусматривает 10-минутные перерывы после 50...60 мин работы; при температуре воздуха 25...33 °С рекомендуются 15-минутный перерыв после 45 мин работы и разрыв рабочей смены на 4–5 часов в период наиболее жаркого времени. Для рабочих устанавливают специальные места отдыха (воздушные оазисы), расположенные недалеко от места работы, но в то же время достаточно удаленные от источников излучения, снабженные вентиляцией, подсолненной газированной питьевой водой и т. п.

**Защита временем** при работе в условиях нагревающего микроклимата: для обеспечения среднесменного термического напряжения работающих на допустимом уровне суммарная продолжительность их деятельности в условиях нагревающего микроклимата в течение рабочей смены не превышает 7; 5; 3 и 1 часа соответственно степени вредности условий труда (таблица 9).

Также в ней приведено рекомендуемое ограничение стажа работы в зависимости от степени вредности.

**Таблица 9** – Допустимая суммарная продолжительность термической нагрузки за рабочую смену и рекомендуемый стаж работы [6]

Класс условий труда	Допустимая суммарная продолжительность термической нагрузки за рабочую смену, час	Рекомендуемый стаж работы, годы
2	8	20
3.1	7	17
3.2	5	13
3.3	3	10
3.4	1	7

Во избежание чрезмерного (вредного либо опасного) общего перегревания организма, или его локального повреждения (ожог) установлена регламентация продолжительности периодов непрерывного инфракрасного облучения человека в сочетании с паузами между ними (таблица 10).

При кратковременных работах в условиях высоких температур среды (ремонт металлургических печей и др.), когда температура воздуха достигает 80...100 °С, большое значение для сохранения здоровья работника имеет тепловая тренировка его организма с использованием фармакологических средств (дибазол, аскорбиновая кислота, смеси этих веществ и глюкозы), вдыхания кислорода, аэроионизации.

Большую роль в формировании безвредного теплового состояния организма при работе в нагревающей среде принадлежит спецодежде, теплофизические свойства которой в ряде случаев существенно влияют на процесс тепломассообмена человека с окружающей средой.

**Таблица 10** – Допустимое время пребывания на рабочих местах при интенсивности инфракрасного облучения выше допустимых величин [6]

Интенсивность инфракрасного облучения, Вт/м <sup>2</sup>	Продолжительность периодов непрерывного облучения, мин	Продолжительность пауз, мин	Соотношение продолжительности периодов облучения и пауз между ними
141–350	20	8	2,5
351–700	15	10	1,5
701–1050	12	12	1,0
1051–1400	9	13	0,7
1401–1750	7	14	0,5
1751–2100	5	15	0,33
2101–2450	3,5	12	0,3

Примечание:  
Рекомендуется принимать на работу в нагревающей среде лиц не моложе 25 лет и не старше 40, обладающих тепловой устойчивостью не ниже средней, определяемой в соответствии с [11]

В зависимости от площади и расположения облучаемого участка поверхности тела человека могут использоваться костюмы (таблица 11), накладки, фартуки, изготовленные из материалов с металлизированным покрытием, отдельно куртки или брюки, рукавицы, обувь, головные уборы, средства защиты лица и глаз.

Специальная одежда различных видов в зависимости от защитных свойств подразделяется на группы и подгруппы в соответствии с ГОСТ 12.4.221-2002.

**Таблица 11** – Рекомендуемые материалы для изготовления защитных костюмов в зависимости от интенсивности воздействующего ИК-излучения

Условия эксплуатации костюма	Рекомендуемый материал
При интенсивности теплового воздействия (от 0,2 до 1,0) $\times 10^3$ Вт/м <sup>2</sup>	Хлопчатобумажные ткани для верха костюма и накладок
При интенсивности теплового воздействия (от 1,0 до 2,0) $\times 10^3$ Вт/м <sup>2</sup>	Тонкосуконная ткань для верха костюма и накладок

При интенсивности теплового воздействия (от 2,0 до 5,0) $\times 10^3$ Вт/м <sup>2</sup>	Ткани грубошерстяные и полугрубошерстяные шинельные для верха костюма и накладок, суконная полушерстяная ткань с фенилоном для накладок
При интенсивности теплового воздействия (от 5,0 до 8,0) $\times 10^3$ Вт/м <sup>2</sup>	Ткани грубошерстяные и полугрубошерстяные шинельные для верха костюма, спилкок или велюр для накладок, суконная полушерстяная ткань с фенилоном для верха костюма накладок
При интенсивности теплового воздействия (от 8,0 до 15,0) $\times 10^3$ Вт/м <sup>2</sup>	Ткани грубошерстяные и полугрубошерстяные шинельные для верха костюма, материал дублированный АФТ-Т для верха костюма и накладок, суконная полушерстяная ткань с фенилоном для верха костюма

Например, группа Т – средства защиты от повышенных температур. Для изготовления спецодежды этой группы используют льняные, брезентовые и шерстяные ткани в соответствии с ГОСТ 12.4.045-87.

Органы зрения, как правило, предохраняют от поражения тепловыми потоками при помощи очков, щитков, защитных сетчатых масок со стеклами-светофильтрами.

## 6 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка (рисунок 3) для исследования интенсивности теплового облучения с различными спектральными характеристиками и для оценки эффективности средств теплозащиты включает в себя:

1 – источник теплового излучения с регулятором интенсивности и выключателем; 2 – регулятор мощности; 3 – защитный кожух; 4 – датчик радиометра; 5 – радиометр неселективный

«АРГУС- 03»; 6 – подставка для закрепления датчика радиометра; 7 – комплект защитных экранов (6 штук); 8 – кассета для установки защитных экранов; 9 – направляющие для перемещения и позиционирования экрана и датчика радиометра; 10 – основание установки.

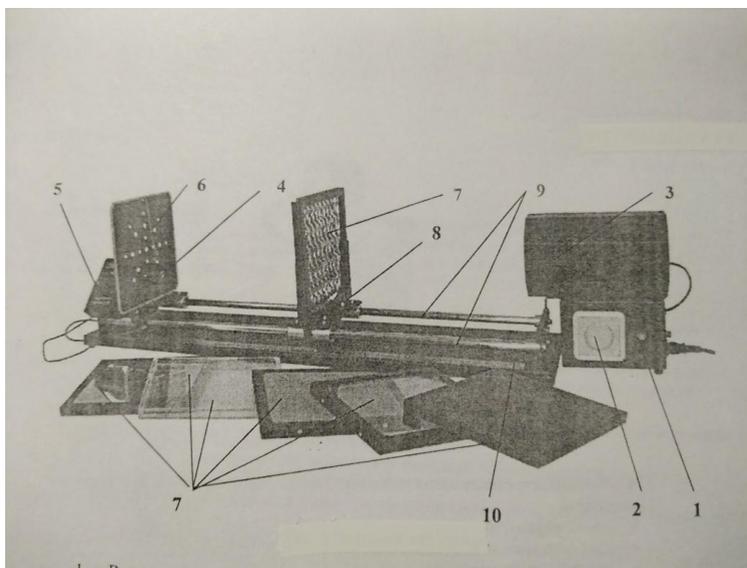


Рисунок 3 – Схема лабораторной установки

Для измерения интенсивности теплового облучения в диапазоне от 1,0 до 2000 Вт/м<sup>2</sup> и спектральном диапазоне длин волн 0,5...20 мкм в лабораторной установке используется радиометр неселективный «АРГУС-03» (рисунок 4).

Принцип работы данного прибора основан на преобразовании потока теплового излучения, создаваемого источниками, в непрерывный электрический сигнал, пропорциональный энергетической освещенности, который затем переводится аналого-цифровым преобразователем в цифровой код, индицируемый на табло индикаторного блока.

В датчике (измерительной головке) установлен первичный преобразователь излучения – термоэлемент для фиксации энергетической освещенности.



Рисунок 4 – Радиометр неселективный «Аргус – 03»

## 7 МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ ДЕЙСТВИЙ НА УСТАНОВКЕ

1. При выполнении лабораторной работы на установке необходимо соблюдать общие требования по электробезопасности, так как источник теплового излучения включен в сеть переменного тока с напряжением 220 В, **опасным для жизни человека.**

2. Перед подсоединением установки к сети необходимо убедиться, что ручка регулятора мощности 2 (рисунок 3) установлена в положение «0», а выключатель 1 «Сеть» – в положение **«Выключено».**

## **ВНИМАНИЕ!**

Вращение ручки регулятора 2  
осуществлять **МЯГКО и ПЛАВНО,**  
**БЕЗ** приложения **ИЗБЫТОЧНОГО УСИЛИЯ!**

3. Лампа накаливания при питании ее на полную мощность имеет высокую яркость, поэтому при снятии показаний с радиометра 5 необходимо располагать глаза в зоне прикрытия **защитным кожухом 3.**

4. При обнаружении в процессе работы **неисправности установки** необходимо **немедленно прекратить работу и сообщить об этом преподавателю.**

5. После окончания работы установить рукоятку регулировки 2 в положение «0», выключатель 1 в положение «**Выключено**» и **отсоединить установку от сети.**

## **8 АЛГОРИТМ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

### **8.1 Определение влияния мощности излучателя на интенсивность теплового облучения**

1. Убедиться в том, что выключатель 1 лампы накаливания находится в положении «Выключено», а ручка регулятора мощности 2 – в положении «0».

2. Включить лампу накаливания.

3. Проверить возможность получения нужных диапазонов по «ширине» регулирования мощности излучателя при плавном вращении ручки регулятора мощности по часовой стрелке (см. рисунок 3).

4. Установить ручку регулятора в положение «0», чтобы эксперимент начинался с минимального значения интенсивности

излучения. Датчик радиометра должен быть закреплен по центру подставки 6.

5. Установить подставку, на которой закреплен датчик (измерительная головка), на расстоянии 30 см от источника теплоизлучений.

6. Измерить интенсивность теплового облучения при всех имеющихся положениях регулятора. Результаты экспериментальных данных занести в таблицу 12.

7. Вернуть рукоятку регулятора в положение «0».

8. Повторить эксперимент при расстоянии 70 см от источника теплоизлучений до датчика.

9. По завершении измерений установить рукоятку регулятора в положение «0», выключить лампу накаливания.

10. Определить классы условий труда, используя таблицу 6.

11. При интенсивности инфракрасного облучения, **превышающей** допустимые величины (класс УТ 3 или 4), определить время допустимого пребывания на рабочих местах, используя таблицу 10.

12. По таблице 7 перевести классы условий труда (таблица 12) в балльные единицы ( $X_i$ ).

13. Рассчитать (в баллах) по формуле (7) средневзвешенную величину условий труда  $X_{срв}$  (с учетом указанной в таблице 12 продолжительности пребывания на рабочих местах с различной интенсивностью теплового облучения). Полученную величину при этом округлить до целого числа.

14. По таблице 7 перевести рассчитанное балльное значение  $X_{срв}$  в соответствующий класс (и степень – по необходимости) условий труда.

15. Построить графики зависимостей интенсивности теплового облучения от положения регулятора мощности 2 на расстояниях 30 и 70 см.

16. Сделать выводы:

- о распределении величины интенсивности теплового облучения в зависимости от мощности источника излучения и от расстояния до него;
- необходимости применения средств защиты (теплозащитных экранов).

**Таблица 12** – Определение интенсивности теплового облучения в зависимости от мощности излучателя

Положение регулятора (№ позиции)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30 см	Интенсивность теплового облучения, $E_{30}$ , Вт/м <sup>2</sup>										
	Класс условий труда										
	Допустимое время пребывания на рабочих местах при интенсивности теплового облучения <b>выше допустимых величин</b>										
	Условия труда, $X_i$ , балл										
	Время пребывания в данной зоне, час	-	-	2	-	2	-	0,5	-	0,5	0,5
70 см	Интенсивность теплового облучения, $E_{70}$ , Вт/м <sup>2</sup>										
	Класс условий труда										
	Допустимое время пребывания на рабочих местах при интенсивности теплового облучения <b>выше допустимых величин</b>										
	Условия труда, $X_i$ , балл										
	Время пребывания в данной зоне, час	-	-	-	-	-	-	1	0,5	0,5	0,5

## 8.2. Определение фактической экспозиционной дозы

1. Получить у преподавателя вариант задания из таблицы 13. Значения площади облучаемой поверхности тела и времени облучения за смену занести в таблицу 14.

**Таблица 13** – Условия облучения персонала и его антропометрические характеристики

№ варианта	Рост, см/ Вес, кг	Облучаемая поверхность тела и её площадь, м <sup>2</sup>		Время облучения за смену, час
1	165/65	Голова и шея	0,15	1
2		Грудь и живот	0,28	2
3		Передняя часть туловища	0,84	2
4	170/75	Голова и шея	0,17	2
5		Грудь и живот	0,3	1
6		Передняя часть туловища	0,91	3
7	175/70	Голова и шея	0,16	3
8		Грудь и живот	0,29	2
9		Передняя часть туловища	0,89	4

2. Применяя зависимость (5), определить экспозиционную дозу, получаемую работником при интенсивностях теплового облучения  $E_{30}$  и  $E_{70}$  в зависимости от времени облучения персонала за смену, используя результаты измерений из таблицы 12. Результаты расчетов занести в таблице 14.

3. Определить класс условий труда, применяя таблицу 6.

4. По данным таблицы 14 построить график зависимости экспозиционной дозы от мощности источника теплового излучения.

5. Сделать выводы:

- о получаемой работником экспозиционной дозе теплового облучения;

- о необходимости применения теплозащитных средств.

**Таблица 14** – Определение класса условий труда  
в зависимости от величины экспозиционной дозы

Расстояние до излучателя	Облучаемая зона тела	Время теплового облучения, час	Площадь облуча- емой зоны, м <sup>2</sup>	Экспозиционная доза, Вт*ч при положении регулятора										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
30 см	Голова и шея													
	Грудь и живот													
	Передняя часть туловища													
	Класс условий труда													
70 см	Голова и шея													
	Грудь и живот													
	Передняя часть туловища													
	Класс условий труда													

### 8.3 Оценка эффективности тепловых экранов

1. Выполнить п.п. 1–3 раздела 8.1.
2. Выбрать экраны по варианту, заданному преподавателем из таблицы 15.
3. Определить типы используемых экранов.
4. Установить защитный экран на расстоянии 25 см от источника тепловых излучений.
5. Установить ручку регулятора мощности излучения в положение «10».

6. Измерить интенсивность теплового облучения на расстояниях от 30 до 70 см. Результаты представить в виде таблицы 15.

7. Рукоятку регулятора 2 перевести в положение «0», выключить лампу накаливания, отсоединить установку от сети.

8. Построить по данным таблицы 15 графики зависимости интенсивности теплового облучения от расстояния до источника излучения для каждого экрана согласно варианту задания.

9. Рассчитать эффективность теплозащитного экрана (для его крайних положений – 30 и 70 см) по следующей формуле:

$$\eta = 100\% \times (E - E_0)/E,$$

где  $E$  – интенсивность теплового облучения на рабочем месте без экрана;

$E_0$  – интенсивность теплового облучения на рабочем месте с экраном.

10. Сделать выводы:

- об эффективности защитного экранирования;
- о наиболее эффективном экране с учётом расстояния от экрана до источника теплового излучения.

**Таблица 15** – Оценка эффективности тепловых экранов

Вариант	№ п/п	Наименование экрана	Тип экрана	Интенсивность облучения, Вт/м <sup>2</sup> / Эффективность экрана $\eta$ , % на расстоянии от источника, см				
				30	40	50	60	70
1	1	Из алюминиевого листа						
	2	Из однорядных стальных цепей						
2	1	Из оргстекла с водным слоем *						
	2	Из брезентовой ткани						

3	1	Из силикатного стекла					
	2	Из стального чёрнёного листа					
4	1	Из алюминиевого листа					
	2	Из оргстекла с водным слоем *					
5	1	Из силикатного стекла					
	2	Из однорядных стальных цепей					
6	1	Из брезентовой ткани					
	2	Из стального чёрнёного листа					
7	1	Из стального чёрнёного листа					
	2	Из силикатного стекла					
8	1	Из брезентовой ткани					
	2	Из однорядных стальных цепей					
9	1	Из оргстекла с водным слоем *					
	2	Из алюминиевого листа					
10	1	Из алюминиевого листа					
	2	Из стального чёрнёного листа					
<b><u>Внимание !!!</u></b>							
<b><u>Данный (*) экран использовать при экспериментальных действиях с набранной в него водой</u></b>							

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется рабочей зоной помещения?
2. Какими критериями характеризуется рабочее место помещения?
3. Что такое производственная среда?
4. Какими параметрами характеризуется интенсивность труда?
5. Какие процессы в организме человека происходят под влиянием высоких температур на рабочих местах?
6. Какие факторы определяют тепловой эффект воздействия облучения на организм человека в производственных условиях?
7. Как влияет на здоровье и трудоспособность человека тепловое облучение в зависимости от его интенсивности и длины волны?
8. Какие основные мероприятия для улучшения условий труда и по защите от теплоизлучений источников применяют в горячих цехах?
9. Из каких элементов состоит установка для экспериментального исследования интенсивности теплозащитных экранов?
10. Каков принцип действия радиометра «Аргус-03»?
11. Какие существуют типы экранов?
12. Охарактеризуйте полученные результаты сравнительной оценки эффективности теплозащитных экранов. Какие выводы необходимо сделать с точки зрения охраны труда на рабочем месте?
13. К какой группе мероприятий относится применение коллективных средств защиты?
14. В каких документах установлены гигиенические требования к микроклимату производственных помещений?
15. С какой целью введено понятие периода года?
16. На какие категории по энергозатратам подразделяются работы?
17. Что такое терморегуляция? Какими способами осуществляются процессы регулирования тепловыделений?

18. Как оценивается тепловое состояние человека при сочетанном воздействии комплекса факторов, определяющих термическую нагрузку на организм на рабочих местах?

19. Какие условия производственной среды вызывают развитие профессиональных заболеваний?

22. По каким показателям теплового состояния человека классифицируются условия труда в нагревающей среде?

23. Какими параметрами характеризуется экспозиционная доза?

24. Как определяется длина волны с максимальной энергией?

25. Как воздействуют лучи Фохта на организм человека?

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

### **Книги**

1 Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) [Электронный ресурс] : учеб. для бакалавров : электрон. копия / Белов С. В. – М.: Юрайт, 2012. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM)

2 Занько, Н. Г. Безопасность жизнедеятельности [Текст] : [учеб. по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для всех направлений подгот. и специальностей] / Н. Г. Занько, К. Р. Малаян, О. Н. Русак ; под ред. О. Н. Русака. – СПб., М., Краснодар: Лань, 2012. – 671 с. – ISBN 978-5-8114-0284-7.

3 Измеров Н. Ф., Суворов Г. А. Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль. – М.: Медицина, 2003. – 560 с.: ил.

## Стандарты

4 ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения.

5 СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» [Текст] – Введен 2017 – 01.01. – М.: Госкомсанэпиднадзор РФ, 2016. – 72 с.

6 Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [Текст] – Введ. 2005-01-11. – М.: Бюллетень нормативных и методических документов Госсанэпиднадзора, выпуск 3 (21) 09. 2005. – 176 с.

7 Специальная оценка условий труда: сборник нормативных актов по состоянию на 2016 год. – М.: Эксмо, 2016. – 192 с.

8 ГОСТ Р 51337-99 Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей.

9 Методические указания МУК 4.3.1895-04 Методы контроля. Физические факторы. Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания.

10 СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

11 МР 2.2.8.017-10 Режимы труда и отдыха работающих в нагревающем микроклимате в производственном помещении и на открытой местности в теплый период года.

Методические материалы

*Шакиров Фарид Мигдэтович,  
Козий Софья Сергеевна  
Козий Татьяна Борисовна*

**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ**

*Методические указания*

Редактор А.С. Никитина  
Компьютерная вёрстка А.С. Никитина

Подписано в печать 28.12.2021. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Печ. л. 3,0.

Тираж 25 экз. Заказ . Арт. 14(Р4М).

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»  
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
443086, САМАРА, МОСКОВСКОЕ ШОССЕ, 34.

---

Издательство Самарского университета.  
443086, Самара, Московское шоссе, 34.



