



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

**Т.В. Свиридова**  
**О.Б. Боброва**

## **ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА**

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета  
в качестве практикума*

Магнитогорск  
2018

УДК 331.4 (076.5)  
ББК 51.24 я7

**Рецензенты:**

кандидат технических наук,  
директор ООО «Центр экспертизы аттестации  
сертификации - Магнитогорск»  
**М.Г. Бикмухаметов**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры физической химии и химической технологии,  
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический  
университет им. Г.И. Носова»  
**М.В. Шубина**

**Свиридова Т.В., Боброва О.Б.,**

**Тепловой баланс организма человека** [Электронный ресурс] : практикум / Татьяна Валерьевна Свиридова, Ольга Борисовна Боброва ; ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (1,04 Мб). – Магнитогорск : ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования : IBM PC, любой, более 1 GHz ; 512 Мб RAM ; 10 Мб HDD ; MS Windows XP и выше ; Adobe Reader 8.0 и выше ; CD/DVD-ROM дисковод ; мышь. – Загл. с титул. экрана.

Практикум составлен в соответствии с типовой программой дисциплины «Безопасность жизнедеятельности». Содержит теоретический материал, справочные данные и методику расчета теплового баланса организма человека.

Практикум предназначен для студентов всех форм обучения по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», а также для студентов всех форм обучения по направлению «Техносферная безопасность».

УДК 331.4 (076.5)  
ББК 51.24 я7

© Свиридова Т.В., Боброва О.Б., 2018  
© ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова», 2018

## Содержание

Введение .....	4
1. Показатели микроклимата .....	5
2. Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека.....	11
3. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата .....	17
4. Требования к организации контроля и методам измерения микроклимата	25
5. Требования к параметрам микроклимата в общеобразовательных учреждениях .....	27
6. Способы и средства нормализации производственного микроклимата. Защита от теплового излучения .....	30
7. Тепловое состояние человека .....	35
8. Терморегуляция организма человека .....	39
9. Теплообмен человека с окружающей средой .....	44
10. Внешнее тепло .....	51
11. Порядок расчета .....	52
Задания для самостоятельной работы.....	53
Варианты заданий .....	55
Контрольные вопросы .....	62
Тесты для самопроверки.....	63
Библиографический список.....	70

## **ВВЕДЕНИЕ**

Для сохранения здоровья, высокой трудоспособности и производительности труда важную роль отводят оптимальным параметрам микроклимата, к которым относится комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен организма человека с окружающей средой и его тепловое состояние. Включают в себя температуру, влажность воздуха и его подвижность.

Жизнедеятельность человека нормально протекать может лишь при сохранении температурного гомеостаза, который достигается за счет деятельности различных систем организма человека (сердечно-сосудистой, дыхательной, выделительной, эндокринной; энергетического, водно-солевого и белкового обмена).

Оптимальные показатели микроклимата обеспечивают такое состояние организма человека, при котором определенное соотношение между теплопродукцией организма (экзотермические процессы обмена веществ) и теплоотдачей (конвекция, радиация и испарения) создает ощущение теплового благополучия в течение всей рабочей смены (тепловой комфорт). Допустимые - предусматривают возможность возникновения напряжения терморегуляции человека, не выходящего за пределы физиологических изменений.

## 1. ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОКЛИМАТА

СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» устанавливает гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учётом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работы, периодов года и содержат требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий.

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- 1) температура воздуха;
- 2) температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств (экраны и т.п.), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств;
- 3) относительная влажность воздуха;
- 4) скорость движения воздуха;
- 5) интенсивность теплового облучения.

**1. Температура** (от лат. *temperatura* - надлежащее смешение, нормальное состояние) - физическая величина, характеризующая термодинамическую систему и количественно выражающая интуитивное понятие о различной степени нагретости тел.

Живые существа способны воспринимать ощущения тепла и холода непосредственно, с помощью органов чувств. Однако точное определение температуры требует, чтобы температура измерялась объективно, с помощью приборов. Такие приборы называются термометрами и измеряют так называемую эмпирическую температуру.

В повседневной практике температуру обычно измеряют с помощью специальных приборов - контактных термометров. При этом термометр приводят в тепловой контакт с исследуемым телом, и, после установления термодинамического равновесия тела и термометра, - выравнивания их температур, по изменению некоторого измеримого физического параметра термометра судят о температуре тела. Тепловой контакт между термометром и телом должен быть достаточным, чтобы выравнивание температур происходило быстрее, также, ускорение выравнивания температур достигается снижением теплоёмкости термометра по сравнению с исследуемым телом, обычно, уменьшением размеров термометра. Снижение теплоёмкости термометра также меньше искажает результаты измерения, так как меньшая часть теплоты исследуемого тела отбирается или передаётся термометру.

На практике для измерения температуры также используют:

жидкостные и механические термометры,  
термопару,  
термометр сопротивления,  
газовый термометр,  
пирометр.

Самым точным практическим термометром является платиновый термометр сопротивления. Разработаны новейшие методы измерения температуры, основанные на измерении параметров лазерного излучения.

Температура - это кинетическая энергия молекул, ясно, что наиболее естественно измерять её в энергетических единицах (то есть в системе СИ в джоулях; см. также эВ). Однако измерение температуры началось задолго до создания молекулярно-кинетической теории, поэтому практические шкалы измеряют температуру в условных единицах - градусах.

Понятие абсолютной температуры было введено У.Томсоном (Кельвином), в связи, с чем шкалу абсолютной температуры называют шкалой Кельвина или термодинамической температурной шкалой. Единица абсолютной температуры - кельвин (К).

Абсолютная шкала температуры называется так, потому что мера основного состояния нижнего предела температуры - абсолютный ноль, то есть наиболее низкая возможная температура, при которой в принципе невозможно извлечь из вещества тепловую энергию.

Абсолютный ноль определён как 0 К, что равно – 273,15 °С и – 459,67 °F.

В технике, медицине, метеорологии и в быту в качестве единицы измерения температуры используется шкала Цельсия. В настоящее время в системе СИ термодинамическую шкалу Цельсия определяют через шкалу Кельвина:  $t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15$  (точно), т.е. цена одного деления в шкале Цельсия равна цене деления шкалы Кельвина. По шкале Цельсия температура тройной точки воды равна приблизительно 0,008 °С и, следовательно, точка замерзания воды при давлении в 1 атм очень близка к 0 °С. Точка кипения воды, изначально выбранная Цельсием в качестве второй реперной точки со значением, по определению равным 100 °С, утратила свой статус одного из реперов. По современным оценкам температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении в термодинамической шкале Цельсия составляет около 99,975 °С. Шкала Цельсия очень удобна с практической точки зрения, поскольку вода очень распространена на нашей планете и на ней основана наша жизнь. Ноль Цельсия - особая точка для метеорологии, поскольку связана с замерзанием атмосферной воды. Шкала предложена Андерсом Цельсием в 1742 г.

В Англии и, в особенности, в США используется шкала Фаренгейта. Ноль градусов Цельсия - это 32 градуса Фаренгейта, а 100 градусов Цельсия - 212 градусов Фаренгейта.

В настоящее время, принято следующее определение шкалы Фаренгейта: это температурная шкала, 1 градус которой (1 °F) равен 1/180 разности температур кипения воды и таяния льда при атмосферном давлении, а точка

таяния льда имеет температуру +32 °F. Температура по шкале Фаренгейта связана с температурой по шкале Цельсия ( $t$  °C) соотношением  $t$  °C =  $5/9$  ( $t$  °F - 32),  $t$  °F =  $9/5 t$  °C + 32. Предложена Г. Фаренгейтом в 1724 году.

2. Из-за испарения влаги в воздухе постоянно находится некоторое количество водяных паров, которые обуславливают **влажность воздуха**. Степень влажности воздуха изменяется в зависимости от ряда условий: температуры воздуха, высоты над уровнем моря, расположения в данной местности морей, рек и других крупных водоемов, характера растительности и др. Находящиеся в воздухе водяные пары, как и другие газы, обладают упругостью, которая измеряется высотой ртутного столба в миллиметрах.

При повышении количества водяных паров в воздухе их упругость возрастает и достигает определенного предела, при котором пары насыщают пространство. Каждой температуре воздуха соответствует определенная степень насыщения его водяными парами. Превышение предела насыщения воздуха вызывает выделение влаги в виде тумана, росы, инея и т. п.

Влажность воздуха характеризуется следующими основными понятиями: абсолютная влажность, максимальная влажность, относительная влажность.

*Абсолютная влажность* - упругость (мм рт. ст.) или количество водяных паров (г), находящихся в данное время в 1 м<sup>3</sup> воздуха.

*Максимальная влажность* - упругость водяных паров (мм рт. ст.) при полном насыщении воздуха влагой при данной температуре или количество водяных паров (г), необходимое для полного насыщения 1 м<sup>3</sup> при той же температуре.

*Относительная влажность* - отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах, иными словами - процент насыщения воздуха водяными парами в момент наблюдения.

Воздействие влажности воздуха на организм главным образом связано с тем, что она существенно влияет на процессы теплоотдачи. Повышенная влажность при высокой внешней температуре способствует перегреванию организма, так как при этом значительно ухудшаются условия теплоотдачи. При температуре воздуха свыше + 25-30 °C основным путем отдачи тепла организмом является испарение пота. Однако организм отдает тепло, только когда пот испаряется с поверхности кожи (при испарении 1 г пота организм теряет 0,6 ккал). При повышенной влажности воздуха испарение пота в значительной мере замедляется, теплоотдача резко снижается. Особенно отрицательно это сказывается при мышечной деятельности, когда организм усиленно вырабатывает тепло, поэтому при выполнении физических упражнений в условиях высокой влажности и температуры воздуха всегда имеется опасность возникновения перегревания организма.

Низкая влажность воздуха при высокой внешней температуре способствует хорошей теплоотдаче и позволяет легче переносить жару (климат Средней Азии, где сухой воздух обеспечивает быстрое испарение пота).

Повышенная влажность воздуха при низкой внешней температуре способствует охлаждению организма, так как при этом усиливается теплоотдача. Это связано с рядом причин. Прежде всего, увеличивается потеря тепла, так как повышается теплопроводность воздуха, ибо водяные пары имеют более высокую теплопроводность, чем воздух. Вместе с тем повышается теплопроводность тканей одежды (воздух, находящийся в парах тканей, становится более теплопроводным), и поэтому тепло быстро покидает пространство под одеждой. Длительное пребывание в условиях высокой влажности воздуха и при температуре воздуха ниже - 10-15 °С может привести к переохлаждению организма и вызвать простудные и другие заболевания (ревматизм, туберкулез легких и др.).

В практике наиболее широко применяются следующие методы определения влажности воздуха: психрометрический, метод точки росы (основан на измерении температуры  $t_{\text{рос}}$  воздуха, охлаждаемого, например, металлической неокисляемой зеркальной поверхностью (в момент начала выпадения капельной влаги на зеркале фиксируется его температура)), гигроскопический (основан на способности некоторых материалов изменять свою форму и размеры при впитывании влаги из воздуха в количестве, пропорциональном его относительной влажности) и массовый, причем первый из них – самый распространенный.

**3. Скорость движения воздуха.** Атмосферный воздух в природе лишь в редких случаях находится в состоянии покоя, обычно он перемещается, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Гигиеническое значение движущегося воздуха состоит в аэрации жилых кварталов, удалении из населенного пункта атмосферных загрязнений.

Движение воздуха в природе принято называть ветром; основными характеристиками ветров являются скорость (м/с) и направление; в верхних слоях атмосферы скорость ветра намного выше, чем в приземном слое.

Влияние движущегося воздуха на организм человека сводится к увеличению теплоотдачи с поверхности тела. В условиях низкой температуры движущийся воздух способствует излишнему охлаждению и развитию простудных заболеваний. Сильный, продолжительный ветер может обуславливать ухудшение самочувствия и нервно-психического состояния человека, вызывать обострение хронических заболеваний. Большая скорость движения воздуха (более 20 м/с) нарушает нормальный ритм дыхания, увеличивает нагрузку при ходьбе и выполнении физической работы на открытом воздухе. В жаркие дни ветер является благоприятным фактором, увеличивая теплоотдачу путём усиленной конвекции и испарения, тем самым, предохраняя организм от перегревания.

При малых значениях скорости движения воздуха имеет место недостаточный воздухообмен, повышение концентрации углекислого газа, пыли и влаги в помещениях. Высокая скорость движения воздуха в



помещениях вызывает неприятное ощущение сквозняка, который может стать причиной переохлаждения и возникновения простудных заболеваний.

Измерение скорости движения воздуха более 0,5 м/с производят с помощью анемометров (от греч. anemos - ветер). В практической профилактической медицине и метеорологической службе применяются динамические анемометры, принцип действия которых основан на вращении потоком воздуха алюминиевых лопастей или чашечек крыльчатого или чашечного анемометров, обороты которых передаются через систему зубчатых колёс счётному механизму с циферблатом и указательной стрелкой, по которой снимаются показания.

Измерение скорости движения воздуха закрытых помещений осуществляется с помощью электронного измерителя – термоанемометра. При работе, выполняемой стоя, скорость движения воздуха измеряется на высоте 0,1м и 1,5 м, при работе, выполняемой сидя – на высоте 0,1м, 1,0 м. Оптимальный воздушно-тепловой режим в помещениях, особенно в холодный период года достигается работой отопительной и вентиляционной систем.

**4. Тепловое излучение** - электромагнитное излучение, испускаемое веществом и возникающее за счет его внутренней энергии.

Тепловое излучение обуславливается возбуждением частиц вещества при соударениях в процессе теплового движения или ускоренным движением зарядов (колебания ионов кристаллической решетки, тепловое движение свободных электронов и т.д.). Оно возникает при любых температурах и присуще всем телам. Характерной чертой теплового излучения является сплошной спектр.

Инфракрасные лучи оказывают на организм человека в основном тепловое действие. Под влиянием теплового облучения в организме происходят биохимические сдвиги, уменьшается кислородная насыщенность крови, понижается венозное давление, замедляется кровоток и как следствие наступает нарушение деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем.

По характеру воздействия на организм человека инфракрасные лучи подразделяются на коротковолновые лучи с длиной волны 0,76...1,5 мкм и длинноволновые с длиной более 1,5 мкм. Тепловые излучения коротковолнового диапазона глубоко проникают в ткани и разогревают их, вызывая быструю утомляемость, понижение внимания, усиленное потовыделение, а при длительном облучении - тепловой удар. Длинноволновые лучи глубоко в ткани не проникают и поглощаются в основном в эпидермисе кожи. Они могут вызвать ожог кожи и глаз. Наиболее частым и тяжелым поражением глаз вследствие воздействия инфракрасных лучей является катаракта глаза.

Кроме непосредственного воздействия на человека лучистая теплота нагревает окружающие конструкции. Эти вторичные источники отдают теплоту окружающей среде излучением и конвекцией, в результате чего температура воздуха внутри помещения повышается.

Общее количество теплоты, поглощенное телом, зависит от размера облучаемой поверхности, температуры источника излучения и расстояния до него. Для характеристики теплового излучения принята величина, названная интенсивностью теплового облучения. Интенсивность теплового облучения - это мощность лучистого потока, приходящаяся на единицу облучаемой поверхности.

Облучение организма малыми дозами лучистой теплоты полезно, но значительная интенсивность теплового излучения и высокая температура воздуха могут оказать неблагоприятное действие на человека.

Тепловое облучение интенсивностью до  $350 \text{ Вт/м}^2$  не вызывает неприятного ощущения, при  $1050 \text{ Вт/м}^2$  уже через 3...5 мин на поверхности кожи появляется неприятное жжение (температура кожи повышается на  $8...10^\circ\text{C}$ ), а при  $3500 \text{ Вт/м}^2$  через несколько секунд возможны ожоги. При облучении интенсивностью  $700...1400 \text{ Вт/м}^2$  частота пульса увеличивается на 5...7 ударов в минуту.

## 2. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА НА САМОЧУВСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА

Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность. Например, понижение температуры и повышение скорости воздуха способствуют усилению конвективного теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота, что может привести к переохлаждению организма. При повышении температуры воздуха возникают обратные явления.

Исследованиями установлено, что при температуре воздуха более 30°C работоспособность человека начинает падать. Для человека определены максимальные температуры в зависимости от длительности их воздействия и используемых средств защиты. Предельная температура вдыхаемого воздуха, при которой человек в состоянии дышать в течение нескольких минут без специальных средств защиты, около 116°C.

На рис. 1 представлены ориентировочные данные о переносимости температур, превышающих 60°C. Существенное значение имеет равномерность температуры. Вертикальный градиент ее не должен выходить за пределы 5°C.

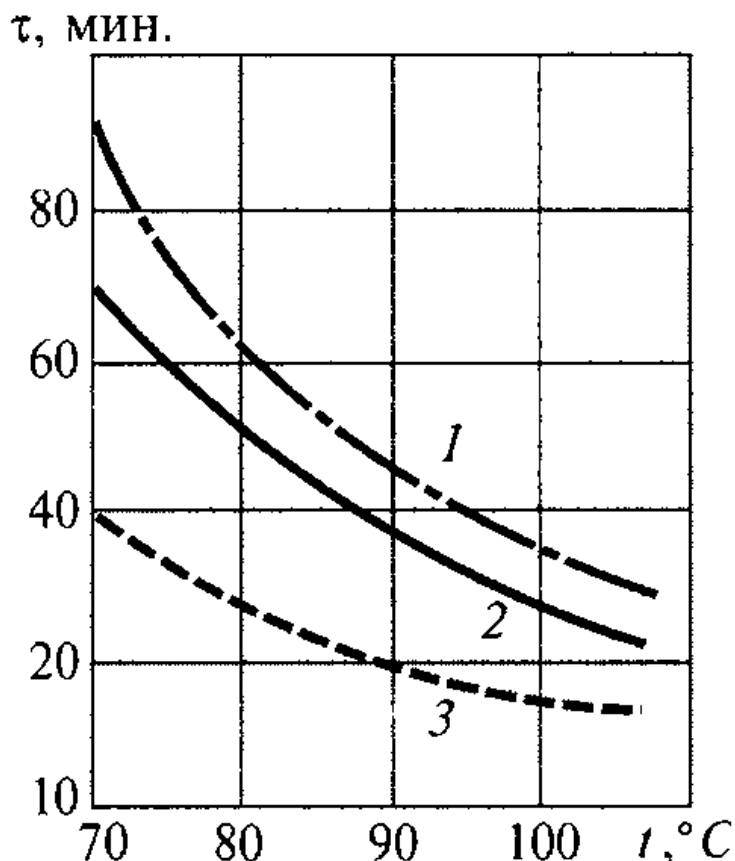


Рис. 1. Переносимость высоких температур в зависимости от длительности их воздействия:

- 1 - верхняя граница выносливости; 2 - среднее время выносливости;
- 3 - граница появления симптомов перегрева

Переносимость человеком температуры, как и его теплоощущение, в значительной мере зависит от влажности и скорости окружающего воздуха. Чем больше относительная влажность, тем меньше испаряется пота в единицу времени и тем быстрее наступает перегрев тела. Особенно неблагоприятное воздействие на тепловое самочувствие человека оказывает высокая влажность при температуре окружающей среды ( $t_{oc}$ ) около  $30^{\circ}\text{C}$ , так как при этом почти вся выделяемая теплота отдается в окружающую среду при испарении пота. При повышении влажности пот не испаряется, а стекает каплями с поверхности кожного покрова. Возникает так называемое «проливное» течение пота, изнуряющее организм и не обеспечивающее необходимую теплоотдачу.

Недостаточная влажность воздуха также может оказаться неблагоприятной для человека вследствие интенсивного испарения влаги со слизистых оболочек, их пересыхания и растрескивания, а затем и загрязнения болезнетворными микроорганизмами. Поэтому при длительном пребывании людей в закрытых помещениях рекомендуется ограничиваться относительной влажностью в пределах 30...70 %.

Вопреки установившемуся мнению величина потовыделения мало зависит от недостатка воды в организме или от ее чрезмерного потребления. У человека, работающего в течение 3 ч без приема жидкости, образуется только на 8 % меньше пота, чем при полном возмещении потерянной влаги. При потреблении воды вдвое больше потерянного количества наблюдается увеличение потовыделения всего на 6 % по сравнению со случаем, когда вода возмещалась на 100 %. Считается допустимым для человека снижение его массы на 2...3 % путем испарения влаги - *обезвоживание организма*. Обезвоживание на 6 % влечет за собой нарушение умственной деятельности, снижение остроты зрения; испарение влаги на 15...20 % приводит к смертельному исходу.

Вместе с потом организм теряет значительное количество минеральных солей (до 1 %, в том числе 0,4...0,6 % NaCl). При неблагоприятных условиях потеря жидкости может достигать 8 - 10 л за смену и в ней до 60 г поваренной соли (всего в организме около 140 г NaCl).

Потеря соли лишает кровь способности удерживать воду и приводит к нарушению деятельности сердечно-сосудистой системы. При высокой температуре воздуха легко расходуются углеводы, жиры, разрушаются белки.

Для восстановления водного баланса людям, работающим в горячих цехах, устанавливают автоматы с подсоленной (около 0,5 % NaCl) газированной питьевой водой из расчета 4...5 л на человека в смену. На многих заводах для этих целей применяют белково-витаминный напиток. В жарких климатических условиях рекомендуется пить охлажденную питьевую воду или чай.

Длительное воздействие высокой температуры особенно в сочетании с повышенной влажностью может привести к значительному накоплению теплоты в организме и развитию перегревания организма выше допустимого уровня - *гипертермии* - состоянию, при котором температура тела поднимается до  $38...39^{\circ}\text{C}$ . При гипертермии и, как следствие, тепловом ударе наблюдаются

головная боль, головокружение, общая слабость, искажение цветового восприятия, сухость во рту, тошнота, рвота, обильное потовыделение. Пульс и дыхание учащены, в крови увеличивается содержание азота и молочной кислоты. При этом наблюдается бледность, синюшность, зрачки расширены, временами возникают судороги, потеря сознания.

Производственные процессы, выполняемые при пониженной температуре, большой подвижности и влажности воздуха, могут быть причиной охлаждения и даже переохлаждения организма - *гипотермии*. В начальный период воздействия умеренного холода наблюдается уменьшение частоты дыхания, увеличение объема вдоха. При продолжительном действии холода дыхание становится неритмичным, частота и объем вдоха увеличиваются, изменяется углеводный обмен. Увеличение обменных процессов при понижении температуры на 1°C составляет около 10 %, а при интенсивном охлаждении может возрасти в 3 раза по сравнению с уровнем основного обмена. Появление мышечной дрожи, при которой внешняя работа не совершается, а вся энергия превращается в теплоту, может в течение некоторого времени задерживать снижение температуры внутренних органов. Результатом действия низких температур являются холодовые травмы.

В горячих цехах промышленных предприятий большинство технологических процессов протекает при температурах, значительно превышающих температуру воздуха окружающей среды. Нагретые поверхности излучают в пространство потоки лучистой энергии, которые могут привести к отрицательным последствиям. При температуре до 500 °C с нагретой поверхности излучаются тепловые (инфракрасные) лучи с длиной волны 740...0,76 мкм, а при более высокой температуре наряду с возрастанием инфракрасного излучения появляются видимые световые и ультрафиолетовые лучи.

Длина волны лучистого потока с максимальной энергией теплового излучения определяется по закону смещения Вина (для абсолютного черного тела):

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

У большинства производственных источников максимум энергии приходится на инфракрасные лучи ( $\lambda_{E \max} > 0,78$  мкм).

Инфракрасные лучи оказывают на организм человека в основном тепловое действие. Под влиянием теплового облучения в организме происходят биохимические сдвиги, уменьшается кислородная насыщенность крови, понижается венозное давление, замедляется кровоток и, как следствие, наступает нарушение деятельности сердечно-сосудистой и нервной системы.

По характеру воздействия на организм человека инфракрасные лучи подразделяются на коротковолновые с длиной волны 0,76 ... 1,5 мкм и длинноволновые с длиной более 1,5 мкм. Тепловые излучения

коротковолнового диапазона глубоко проникают в ткани и разогревают их, вызывая быструю утомляемость, понижение внимания, усиленное потовыделение, а при длительном облучении - тепловой удар. Длинноволновые лучи глубоко в ткани не проникают и поглощаются в основном в эпидермисе кожи. Они могут вызвать ожог кожи и глаз. Наиболее частым и тяжелым поражением глаз вследствие воздействия инфракрасных лучей является катаракта глаза.

Кроме непосредственного воздействия на человека, лучистая теплота нагревает окружающие конструкции. Эти вторичные источники отдают теплоту окружающей среде излучением и конвекцией, в результате чего температура воздуха внутри помещения повышается.

Общее количество теплоты, поглощенное телом, зависит от размера облучаемой поверхности, температуры источника излучения и расстояния до него. Для характеристики теплового излучения принята величина, названная интенсивностью теплового облучения. Интенсивность теплового облучения ( $J_E$ ) - это мощность лучистого потока, приходящаяся на единицу облучаемой поверхности.

Облучение организма малыми дозами лучистой теплоты полезно, но значительная интенсивность теплового излучения и высокая температура воздуха могут оказать неблагоприятное действие на человека. Тепловое облучение интенсивностью до  $350 \text{ Вт/м}^2$  не вызывает неприятного ощущения, при  $1050 \text{ Вт/м}^2$  через несколько секунд возможны ожоги. При облучении интенсивностью  $700 \dots 1400 \text{ Вт/м}^2$  частота пульса увеличивается на  $5 \dots 7$  ударов в минуту. Время пребывания в зоне теплового облучения лимитируется в первую очередь температурой кожи, болевое ощущение появляется при температуре кожи  $40 \dots 45^\circ\text{C}$  (в зависимости от участка).

Интенсивность теплового облучения на отдельных рабочих местах может быть значительной. Например, в момент заливки стали в форму она составляет  $12000 \text{ Вт/м}^2$ ; при выбивке отливок из опок -  $350 \dots 2000 \text{ Вт/м}^2$ , а при выпуске стали из печи в ковш достигает  $7000 \text{ Вт/м}^2$ .

*Атмосферное давление* оказывает существенное влияние на процесс дыхания и самочувствие человека. Если без воды и пищи человек может прожить несколько дней, то без кислорода - всего несколько минут. Основным органом дыхания человека, посредством которого осуществляется газообмен с окружающей средой (главным образом  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$ ), является трахеобронхиальное дерево и большое число легочных пузырей (альвеол), стенки которых пронизаны густой сетью капиллярных сосудов. Общая поверхность альвеол взрослого человека составляет  $90 \dots 150 \text{ м}^2$ . Через стенки альвеол кислород поступает в кровь для питания тканей организма.

Наличие кислорода во вдыхаемом воздухе - необходимое, но недостаточное условие для обеспечения жизнедеятельности организма. Интенсивность диффузии кислорода в кровь определяется парциальным давлением кислорода в альвеолярном воздухе ( $P_{\text{O}_2}$ , мм рт. ст.) Экспериментально установлено:

$$P_{O_2} = (B - 47) \frac{V_{O_2}}{100} - P_{CO_2},$$

где  $B$  - атмосферное давление вдыхаемого воздуха, мм. рт. ст.;

47 - парциальное давление насыщенных водяных паров в альвеолярном воздухе, мм рт. ст.;

$V_{O_2}$  - процентное (объемное) содержание кислорода в альвеолярном воздухе, %;

$P_{CO_2}$  - парциальное давление углекислого газа в альвеолярном воздухе

$P_{CO_2} = 40$  мм рт. ст.

Наиболее успешно диффузия кислорода в кровь происходит при парциальном давлении кислорода в пределах 95... 120 мм рт. ст. Изменение  $P_{CO_2}$  вне этих пределов приводит к затруднению дыхания и увеличению нагрузки на сердечно-сосудистую систему. Так, на высоте 2...3 км ( $P_{O_2} = 70$  мм. рт. ст.) насыщение крови кислородом снижается до такой степени, что вызывает усиление деятельности сердца и легких. Но даже длительное пребывание человека в этой зоне не сказывается существенно на его здоровье, и она называется *зоной достаточной компенсации*.

С высоты 4 км ( $P_{O_2} \sim 60$  мм рт. ст.) диффузия кислорода из легких в кровь снижается до такой степени, что, несмотря на большое содержание кислорода ( $V_{O_2} = 21$  %), может наступить кислородное голодание - *гипоксия*. Основные признаки гипоксии — головная боль, головокружение, замедленная реакция, нарушение нормальной работы органов слуха и зрения, нарушение обмена веществ.

Как показали исследования, удовлетворительное самочувствие человека при дыхании воздухом сохраняется до высоты около 4 км, чистым кислородом ( $V_{O_2} = 100$  %) до высоты около 12 км. При длительных полетах на летательных аппаратах на высоте более 4 км применяют либо кислородные маски, либо скафандры, либо герметизацию кабин. При нарушении герметизации давление в кабине резко снижается. Часто этот процесс протекает так быстро, что имеет характер своеобразного взрыва и называется *взрывной декомпрессией*. Эффект воздействия взрывной декомпрессии на организм зависит от начального значения и скорости понижения давления, от сопротивления дыхательных путей человека, общего состояния организма.

В общем случае, чем меньше скорость понижения давления, тем легче она переносится. В результате исследований установлено, что уменьшение давления на 385 мм рт. ст. за 0,4 с человек переносит без каких-либо последствий. Однако новое давление, которое возникает в результате декомпрессии, может привести к высотному метеоризму и высотным эмфиземам.

*Высотный метеоризм* - это расширение газов, имеющих в свободных полостях тела. Так, на высоте 12 км объем желудка и кишечного тракта

увеличивается в 5 раз. *Высотные эмфиземы*, или высотные боли - это переход газа из растворенного состояния в газообразное.

В ряде случаев, например при производстве работ под водой, в водонасыщенных грунтах работающие находятся в условиях повышенного атмосферного давления. При выполнении кессонных и глубоководных работ обычно различают три периода: повышения давления - компрессии; нахождения в условиях повышенного давления и период понижения давления - декомпрессии. Каждому из них присущ специфический комплекс функциональных изменений в организме.

Избыточное давление воздуха приводит к повышению парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе, к уменьшению объема легких и увеличению силы дыхательной мускулатуры, необходимой для производства вдоха-выдоха. В связи с этим работа на глубине требует поддержания повышенного давления с помощью специального снаряжения или оборудования, в частности кессонов или водолазного снаряжения.

При работе в условиях избыточного давления снижаются показатели вентиляции легких за счет некоторого урежения частоты дыхания и пульса. Длительное пребывание при избыточном давлении (порядка 700 кПа) приводит к токсическому действию некоторых газов, входящих в состав вдыхаемого воздуха. Оно проявляется в нарушении координации движений, возбуждении или угнетении, галлюцинациях, ослаблении памяти, расстройстве зрения и слуха.

Наиболее опасен период декомпрессии, во время которого и вскоре после выхода в условиях нормального атмосферного давления может развиваться *декомпрессионная (кессонная) болезнь*. Сущность ее состоит в том, что в период компрессии и пребывания при повышенном атмосферном давлении организм через кровь насыщается азотом. Полное насыщение организма азотом наступает через 4 ч пребывания в условиях повышенного давления.

В процессе декомпрессии вследствие падения парциального давления в альвеолярном воздухе происходит десатурация азота из тканей. Выделение азота осуществляется через кровь, и затем легкие. Продолжительность десатурации зависит в основном от степени насыщения тканей азотом (легочные альвеолы диффундируют 250 мл азота в минуту). Если декомпрессия производится форсированно, в крови и других жидких средах образуются пузырьки азота, которые вызывают газовую эмболию и как ее проявление - *декомпрессионную болезнь*. Тяжесть декомпрессионной болезни определяется массивностью закупорки сосудов и их локализацией. Развитию декомпрессионной болезни способствует переохлаждение и перегревание организма. Понижение температуры приводит к сужению сосудов, замедлению кровотока, что замедляет удаление азота из тканей и процесс десатурации. При высокой температуре наблюдается сгущение крови и замедление ее движения.



### 3. ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА

Нормы производственного микроклимата (см. табл. 1 и 2) установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005-88 и Санитарными правилами и нормами СанПиН 2.2.4.548-96. Они едины для всех производств и всех климатических зон с некоторыми незначительными отступлениями.

В этих документах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость воздуха в зависимости от способности организма человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производимой работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

Для оценки характера одежды (теплоизоляции) и акклиматизации организма в разное время года введено понятие периода года. Различают теплый и холодный периоды года. *Теплый период года* характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха + 10°C и выше, *холодный* - ниже + 10°C.

При учете интенсивности труда все виды работ исходя из общих энергозатрат организма делятся на три категории: легкие, средней тяжести и тяжелые. Характеристику производственных помещений по категории выполняемых в них работ устанавливают по категории работ, выполняемых 50 % и более работающих в соответствующем помещении.

*К легким работам (категория I)* с затратой энергии до 174 Вт относятся работы, выполняемые сидя или стоя, не требующие систематического физического напряжения (работа контролеров, в процессах точного приборостроения, конторские работы и др.). Легкие работы подразделяют на категорию 1а (затраты энергии до 139 Вт) и категорию 1б (затраты энергии 140... 174 Вт).

*К работам средней тяжести (категория II)* относят работы с затратой энергии 175...232 Вт (категория IIа) и 233...290 Вт (категория IIб). В категорию IIа входят работы, связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя или сидя, но не требующие перемещения тяжестей, в категорию IIб - работы, связанные с ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей (в механосборочных цехах, текстильном производстве, при обработке древесины и др.).

*К тяжелым работам (категория III)* с затратой энергии более 290 Вт относят работы, связанные с систематическим физическим напряжением, в частности с постоянным передвижением, с переноской значительных (более 10 кг) тяжестей (в механосборочных цехах, текстильном производстве, при обработке древесины и др.).

В рабочей зоне производственного помещения согласно ГОСТ 12.1.005-88 могут быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия.

*Оптимальные микроклиматические условия* - это такое сочетание параметров микроклимата, которое при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивает ощущение теплового комфорта и создает предпосылки для высокой работоспособности.

*Допустимые микроклиматические условия* - это такие сочетания параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать напряжение реакций терморегуляции и которые не выходят за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает нарушений в состоянии здоровья, не наблюдаются дискомфортные теплоощущения, ухудшающие самочувствие, и понижение работоспособности. Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры - обычными системами вентиляции и отопления.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением (в кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.). Перечень других рабочих мест и видов работ, при которых должны обеспечиваться оптимальные величины микроклимата, определяются Санитарными правилами по отдельным отраслям промышленности и другими документами, согласованными с органами Государственного санитарно-эпидемиологического надзора в установленном порядке.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в табл. 1, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2 °С и выходить за пределы величин, указанных в табл. 1 для отдельных категорий работ.

Таблица 1

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах  
производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	III (более 290)	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономическим обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведённым в табл. 2 применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и тёплый периоды года.

При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:

- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3 °С;
- перепад температуры воздуха по горизонтали а также её изменения в течение смены не должны превышать:

при категориях работ Ia и Ib - 4 °С;

при категориях работ IIa и IIб - 5 °С;

при категории работ III - 6 °С

При этом абсолютные значения температуры воздуха не должны выходить за пределы величин, указанных в табл. 2 для отдельных категорий работ.

При температуре воздуха на рабочих местах 25 °С и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:

70 % - при температуре воздуха 25 °С;

65 % - при температуре воздуха 26 °С;

60 % - при температуре воздуха 27 °С;

55 % - при температуре воздуха 28 °С.

При температуре воздуха 26 - 28 °С скорость движения воздуха, указанная в табл. 2 для тёплого периода года, должна соответствовать диапазону:

0,1 - 0,2 м/с - при категории работ Ia;

0,1 - 0,3 м/с - при категории работ Ib;

0,2 - 0,4 м/с - при категории работ IIa;

0,2 - 0,5 м/с - при категориях работ IIб и III.

Таблица 2

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах  
производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia (до 139)	20,0 - 21,9	24,1 - 25,0	19,0 - 26,0	15 - 75	0,1	0,1
	Iб (140 - 174)	19,0 - 20,9	23,1 - 24,0	18,0 - 25,0	15 - 75	0,1	0,2
	IIa (175 - 232)	17,0 - 18,9	21,1 - 23,0	16,0 - 24,0	15 - 75	0,1	0,3
	IIб (233 - 290)	15,0 - 16,9	19,1 - 22,0	14,0 - 23,0	15 - 75	0,2	0,4
	III (более 290)	13,0 - 15,9	18,1 - 21,0	12,0 - 22,0	15 - 75	0,2	0,4
Теплый	Ia (до 139)	21,0 - 22,9	25,1 - 28,0	20,0 - 29,0	15 - 75	0,1	0,2
	Iб (140 - 174)	20,0 - 21,9	24,1 - 28,0	19,0 - 29,0	15 - 75	0,1	0,3
	IIa (175 - 232)	18,0 - 19,9	22,1 - 27,0	17,0 - 28,0	15 - 75	0,1	0,4
	IIб (233 - 290)	16,0 - 18,9	21,1 - 27,0	15,0 - 28,0	15 - 75	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0 - 17,9	20,1 - 26,0	14,0 - 27,0	15 - 75	0,2	0,5

По интенсивности тепловыделений производственные помещения делят на группы в зависимости от удельных избытков явной теплоты. Явной называют теплоту, воздействующую на изменение температуры воздуха помещения, а избытком явной теплоты - разность между суммарными поступлениями явной теплоты и суммарными теплопотерями помещений. Явная теплота, которая образовалась в пределах помещения, но была удалена из него без передачи теплоты воздуху помещения (например, с газами от дымоходов или с воздухом местных отсосов от оборудования), при расчете избытков теплоты не учитывается. Незначительные избытки явной теплоты - это избытки теплоты, не превышающие или равные 23 Вт на 1 м<sup>3</sup> внутреннего объема помещения. Помещения со значительными избытками явной теплоты характеризуются избытками теплоты более 23 Вт/м<sup>3</sup>.

Интенсивность теплового излучения нормируется в зависимости от типа источника теплового облучения и величины облучаемой поверхности тела.

Источник теплового облучения может быть закрытым или открытым. Открытым источником считается открытое пламя, нагретый (до температуры свечения и выше) металл, стекло. Все остальные источники – закрытые.

Облучаемой поверхностью тела считается та ее часть, которая не защищена средствами индивидуальной защиты от теплового излучения (щитки, очки, специальная одежда и обувь).

В табл. 3. приведены нормативные значения интенсивности теплового излучения.

Таблица 3

Нормативные значения интенсивности теплового излучения

Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup> , не более	Величина облучаемой поверхности тела, %
35 (закрытый источник)	Более 50
70 (закрытый источник)	25-50
100 (закрытый источник)	Менее 25
140 (открытый источник)	Менее 25

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскалённый 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.

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

- 25 °С - при категории работ Ia;
- 24 °С - при категории работ Ib;
- 22 °С - при категории работ Pa;
- 21 °С - при категории работ Pb;

20 °С - при категории работ III.

В производственных помещениях, в которых допустимые нормативные величины показателей микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу или экономически обоснованной нецелесообразности, условия микроклимата следует рассматривать как вредные и опасные. В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия (например, системы местного кондиционирования воздуха, воздушное душирование, компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого, спецодежда и другие средства индивидуальной защиты, помещения для отдыха и обогрева, регламентация времени работы, в частности, перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы и др.).

**Для оценки сочетанного воздействия параметров микроклимата** в целях осуществления мероприятий по защите работающих от возможного перегревания рекомендуется использовать интегральный показатель тепловой нагрузки среды (ТНС), величины которого приведены в табл. 4.

*Тепловая нагрузка среды (ТНС)* - сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата (температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое облучение), выраженное одночисловым показателем в °С.

Таблица 4

Рекомендуемые величины интегрального показателя тепловой нагрузки среды (ТНС-индекса) для профилактики перегревания организма

Категория работ по уровню энергозатрат	Величины интегрального показателя, °С
Ia (до 139)	22,2 - 26,4
Iб (140 - 174)	21,5 - 25,8
IIa (175 - 232)	20,5 - 25,1
IIб (233 - 290)	19,5 - 23,9
III (более 290)	18,0 - 21,8

Индекс тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс) является эмпирическим показателем, определяется на основе величин температуры смоченного термометра аспирационного психрометра ( $t_{вл}$ ) и температуры внутри зачернённого шара ( $t_{ш}$ ).

Температура внутри зачернённого шара измеряется термометром, резервуар которого помещён в центр зачернённого полого шара;  $t_{ш}$  отражает влияние температуры воздуха, температуры поверхностей и скорости движения воздуха. Зачернённый шар должен иметь диаметр 90 мм, минимально возможную толщину и коэффициент поглощения 0,95. Точность измерения температуры внутри шара  $\pm 0,5$  °С.

ТНС-индекс рассчитывается по уравнению:

$$\text{ТНС} = 0,7 \cdot t_{\text{ВЛ}} + 0,3 \cdot t_{\text{Ш}} .$$

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

Для регламентации времени работы в пределах рабочей смены в условиях микроклимата с температурой воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин рекомендуется руководствоваться табл. 5 и 6.

Таблица 5

Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более при категориях работ, ч		
	Ia - Ib	IIa - 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

В целях защиты работающих от возможного перегревания или охлаждения, при температуре воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин, время пребывания на рабочих местах (непрерывно или суммарно за рабочую смену) должно быть ограничено величинами, указанными в табл. 5 и 6. При этом среднесменная температура воздуха, при которой работающие находятся в течение рабочей смены на рабочих местах и местах отдыха, не должна выходить за пределы допустимых величин температуры воздуха для соответствующих категорий работ, указанных в табл. 6.

Таблица 6

Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха ниже допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч				
	Iа	Iб	IIа	IIб	III
6	-	-	-	-	1
7	-	-	-	-	2
8	-	-	-	1	3
9	-	-	-	2	4
10	-	-	1	3	5
11	-	-	2	4	6
12	-	1	3	5	7
13	1	2	4	6	8
14	2	3	5	7	-
15	3	4	6	8	-
16	4	5	7	-	-
17	5	6	8	-	-
18	6	7	-	-	-
19	7	8	-	-	-
20	8	-	-	-	-

Среднесменная температура воздуха ( $t_B$ ) рассчитывается по формуле:

$$t_B = \frac{t_{B1} \cdot \tau_1 + t_{B2} \cdot \tau_2 + \dots + t_{Bn} \cdot \tau_n}{8},$$

где  $t_{B1}, t_{B2}, \dots, t_{Bn}$  - температура воздуха (°С) на соответствующих участках рабочего места;

$\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$  - время (ч) выполнения работы на соответствующих участках рабочего места;

8 - продолжительность рабочей смены (ч).

Остальные показатели микроклимата (относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, температура поверхностей, интенсивность теплового облучения) на рабочих местах должны быть в пределах допустимых величин.



#### 4. ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ И МЕТОДАМ ИЗМЕРЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА

Измерения показателей микроклимата в целях контроля их соответствия гигиеническим требованиям должны проводиться в холодный период года - в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней температуры наиболее холодного месяца зимы не более чем на 5 °С, в тёплый период года - в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней максимальной температуры наиболее жаркого месяца не более чем на 5 °С. Частота измерений в оба периода года определяется стабильностью производственного процесса, функционированием технологического и санитарно-технического оборудования.

При выборе участков и времени измерения необходимо учитывать все факторы, влияющие на микроклимат рабочих мест (фазы технологического процесса, функционирование систем вентиляции и отопления и др.). Измерения показателей микроклимата следует проводить не менее 3 раз в смену (в начале, середине и в конце). При колебаниях показателей микроклимата, связанных с технологическими и другими причинами, необходимо проводить дополнительные измерения при наибольших и наименьших величинах термических нагрузок на работающих.

Измерения следует проводить на рабочих местах. Если рабочим местом являются несколько участков производственного помещения, то измерения осуществляются на каждом из них.

При наличии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыделения (нагретых агрегатов, окон, дверных проёмов, ворот, открытых ванн и т.д.) измерения следует проводить на каждом рабочем месте в точках, минимально и максимально удалённых от источников термического воздействия.

В помещениях с большой плотностью рабочих мест, при отсутствии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыделения, участки измерения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха должны распределяться равномерно по площади помещения в соответствии с табл. 7.

Таблица 7

Минимальное количество участков измерения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха

Площадь помещения, м <sup>2</sup>	Количество участков измерения
До 100	4
От 100 до 400	8
Свыше 400	Количество участков определяется расстоянием между ними, которое не должно превышать 10 м.

При работах, выполняемых сидя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,0 м, а относительную влажность воздуха - на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки. При работах, выполняемых стоя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,5 м, а относительную влажность воздуха - на высоте 1,5 м.

При наличии источников лучистого тепла тепловое облучение на рабочем месте необходимо измерять от каждого источника, располагая приёмник прибора перпендикулярно падающему потоку. Измерения следует проводить на высоте 0,5; 1,0 и 1,5 м от пола или рабочей площадки.

Температуру поверхностей следует измерять в случаях, когда рабочие места удалены от них на расстояние не более двух метров.

Температуру и относительную влажность воздуха при наличии источников теплового излучения и воздушных потоков на рабочем месте следует измерять аспирационными психрометрами. При отсутствии в местах измерения лучистого тепла и воздушных потоков температуру и относительную влажность воздуха можно измерять психрометрами, не защищёнными от воздействия теплового излучения и скорости движения воздуха. Могут использоваться также приборы, позволяющие отдельно измерять температуру и влажность воздуха.

Скорость движения воздуха следует измерять анемометрами вращательного действия (крыльчатые, чашечные и др.). Малые величины скорости движения воздуха (менее 0,5 м/с), особенно при наличии разнонаправленных потоков, можно измерять термоэлектроанемометрами, а также цилиндрическими и шаровыми кататермометрами при защищённости их от теплового излучения.

Температуру поверхностей следует измерять контактными приборами (типа электротермометров) или дистанционными (пирометры и др.).

Интенсивность теплового облучения следует измерять приборами, обеспечивающими угол видимости датчика, близкий к полусфере (не менее 160°) и чувствительными в инфракрасной и видимой области спектра (актинометры, радиометры и т.д.).

Диапазон измерения и допустимая погрешность измерительных приборов должны соответствовать требованиям табл. 8.

По результатам исследования необходимо составить протокол, в котором должны быть отражены общие сведения о производственном объекте, размещении технологического и санитарно-технического оборудования, источниках тепловыделения, охлаждения и влаговыведения, приведены схема размещения участков измерения параметров микроклимата и другие данные.

В заключении протокола должна быть дана оценка результатов выполненных измерений на соответствие нормативным требованиям.

Требования к измерительным приборам

Наименование показателя	Диапазон измерения	Предельное отклонение
Температура воздуха по сухому термометру, °С	от -30 до 50	±0,2
Температура воздуха по смоченному термометру, °С	от 0 до 50	±0,2
Температура поверхности, °С	от 0 до 50	±0,5
Относительная влажность воздуха, %	от 0 до 90	±5,0
Скорость движения воздуха, м/с	от 0 до 0,5	±0,05
	более 0,5	±0,1
Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup>	от 10 до 350	±5,0
	более 350	±50,0

## 5. ТРЕБОВАНИЯ К ПАРАМЕТРАМ МИКРОКЛИМАТА В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Требования к воздушно-тепловому режиму общеобразовательных учреждений приводятся в СанПиН 2.4.2.2821-10 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях".

Здания общеобразовательных организаций оборудуют системами централизованного отопления и вентиляции, которые должны соответствовать нормам проектирования и строительства жилых и общественных зданий и обеспечивать оптимальные параметры микроклимата и воздушной среды.

Обследование технического состояния вентиляции проводится специализированными организациями через 2 года после ввода здания в эксплуатацию, в дальнейшем - не реже 1 раза в 10 лет. При обследовании технического состояния вентиляции осуществляются инструментальные измерения объемов вытяжки воздуха. Паровое отопление в учреждениях не используется.

При установке ограждений отопительных приборов используемые материалы должны быть безвредны для здоровья детей. Ограждения из древесно-стружечных плит и других полимерных материалов не допускаются.

Не допускается использование переносных обогревательных приборов, а также обогревателей с инфракрасным излучением.

Температура воздуха в зависимости от климатических условий в учебных помещениях и кабинетах, кабинетах психолога и логопеда, лабораториях, актовом зале, столовой, рекреациях, библиотеке, вестибюле, гардеробе должна составлять 18 - 24 °С ; в спортзале и комнатах для проведения секционных занятий, мастерских - 17 - 20 °С; спальне, игровых комнатах, помещениях подразделений дошкольного образования и пришкольного интерната -

20 - 24 °С; медицинских кабинетах, раздевальных комнатах спортивного зала - 20 - 22 °С, душевых - 24 - 25 °С, санитарных узлах и комнатах личной гигиены должна составлять 19 - 21 °С, душевых - 25 °С.

Для контроля температурного режима учебные помещения и кабинеты должны быть оснащены бытовыми термометрами.

Во внеучебное время при отсутствии детей в помещениях общеобразовательной организации должна поддерживаться температура не ниже 15 °С.

В помещениях общеобразовательных организаций относительная влажность воздуха должна составлять 40 - 60%, скорость движения воздуха не более 0,1 м/сек.

При наличии печного отопления в существующих зданиях общеобразовательных организаций топка устраивается в коридоре. Во избежание загрязнения воздуха помещений окисью углерода печные трубы закрываются не ранее полного сгорания топлива и не позднее чем за два часа до прихода обучающихся.

Для вновь строящихся и реконструируемых зданий общеобразовательных организаций печное отопление не допускается.

Учебные помещения проветриваются во время перемен, а рекреационные - во время уроков. До начала занятий и после их окончания необходимо осуществлять сквозное проветривание учебных помещений. Продолжительность сквозного проветривания определяется погодными условиями, направлением и скоростью движения ветра, эффективностью отопительной системы. Рекомендуемая длительность сквозного проветривания приведена в табл. 9.

Таблица 9

Рекомендуемая продолжительность сквозного проветривания учебных помещений в зависимости от температуры наружного воздуха

Наружная температура, °С	Длительность проветривания помещения, мин.	
	в малые перемены	в большие перемены и между сменами
От +10 до +6	4 - 10	25 - 35
От +5 до 0	3 - 7	20 - 30
От 0 до -5	2 - 5	15 - 25
От -5 до -10	1 - 3	10 - 15
Ниже -10	1 - 1,5	5 - 10

Уроки физической культуры и занятия спортивных секций следует проводить в хорошо аэрируемых спортивных залах.

Необходимо во время занятий в зале открывать одно или два окна с подветренной стороны при температуре наружного воздуха выше плюс 5 °С и скорости движения ветра не более 2 м/с. При более низкой температуре и большей скорости движения воздуха занятия в зале проводят при открытых одной - трех фрамуг. При температуре наружного воздуха ниже минус 10 °С и скорости движения воздуха более 7 м/с сквозное проветривание зала проводится при отсутствии учащихся 1 - 1,5 минуты; в большие перемены и между сменами - 5 - 10 минут.

При достижении температуры воздуха плюс 14 °С проветривание в спортивном зале следует прекращать.

Окна должны быть оборудованы откидными фрамугами с рычажными приборами или форточками. Площадь фрамуг и форточек, используемых для проветривания, в учебных помещениях должна быть не менее 1/50 площади пола. Фрамуги и форточки должны функционировать в любое время года.

При замене оконных блоков площадь остекления должна быть сохранена или увеличена.

Плоскость открытия окон должна обеспечивать режим проветривания.

Остекление окон должно быть выполнено из цельного стеклопакета. Замена разбитых стекол должна проводиться немедленно.

Отдельные системы вытяжной вентиляции следует предусматривать для следующих помещений: учебных помещений и кабинетов, актов залов, бассейнов, тиров, столовой, медицинского пункта, киноаппаратной, санитарных узлов, помещений для обработки и хранения уборочного инвентаря, столярных и слесарных мастерских.

Механическая вытяжная вентиляция оборудуется в мастерских и кабинетах обслуживающего труда, где установлены плиты.

Концентрации вредных веществ в воздухе помещений общеобразовательных организаций не должны превышать гигиенические нормативы для атмосферного воздуха населенных мест.

## 6. СПОСОБЫ И СРЕДСТВА НОРМАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА. ЗАЩИТА ОТ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Способы и средства нормализации производственного микроклимата:*

- рациональные объемно-планировочные и конструктивные решения производственных зданий;
- рациональное размещение оборудования;
- механизация и автоматизация производственных процессов;
- дистанционное управление и наблюдение;
- внедрение более рациональных технологических процессов и оборудования;
- рациональная тепловая изоляция оборудования;
- защита работающих различными видами экранов;
- рациональная вентиляция и отопление;
- рационализация режимов труда и отдыха;
- питьевой режим.

*Защита от теплового излучения*

Наиболее распространенным способом защиты от теплового излучения является экранирование источников теплового излучения с помощью теплозащитных экранов.

Конструктивно экраны могут выполняться стационарными, передвижными и разборными.

По принципу действия экраны подразделяются на теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие.

В качестве материалов для теплоотражающих экранов используют алюминиевую фольгу, белую жемчужную краску, а также стальные листы с отражающим покрытием. Достоинством этих экранов являются высокая эффективность, малая масса, экономичность. Но применение их ограничено, так как они не выдерживают высоких температур и механических воздействий; эффективность экранов ухудшается при отложении на них пыли и сажи.

В качестве теплопоглощающих экранов используют металлические заслонки и щиты, футерованные огнеупорным или теплоизоляционным кирпичом и другие конструкции. Эти экраны можно применять в условиях интенсивных тепловых излучений, высоких температур, механических ударов и запыленной среды. Основным недостатком теплопоглощающего экрана является то, что со временем он сам становится источником тепловыделений.

Теплоотводящие экраны представляют собой сварные или литые конструкции, охлаждаемые протекающей внутри водой или воздухом, и при достаточном охлаждении являются практически теплонепроницаемыми. Эти экраны являются наиболее эффективными по сравнению с другими, но требуется их присоединение к сети водоснабжения или к воздухопроводу, что не

всегда возможно, применяются в случаях, когда другие экраны не могут быть применены.

По прозрачности экраны делятся на три типа: прозрачные, полупрозрачные и непрозрачные.

Широкое применение находят цепные завесы, которые применяются в тех случаях, когда экран не должен препятствовать введению в экранируемую зону инструмента или заготовок. Эффективность цепной завесы увеличивается при уменьшении толщины и увеличении числа рядов цепей и при орошении их водой.

Для защиты органов зрения от инфракрасного излучения используются очки со светофильтрами, которые выбираются в зависимости от вида и условий работ.

### *Промышленная вентиляция и кондиционирование*

Вентиляцией называется организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения загрязненного воздуха и подачу на его место свежего.

Система вентиляции, перемещение воздушных масс в которой осуществляется благодаря возникающей разности давлений снаружи и внутри здания, называется естественной вентиляцией.

Организованная естественная вентиляция может быть вытяжной без организованного притока воздуха и приточно-вытяжной с организованным притоком воздуха.

Аэрацией называется организованная естественная общеобменная вентиляция помещений в результате поступления и удаления воздуха через открывающиеся фрамуги окон и фонарей.

Вентиляция, с помощью которой воздух подается в помещения или удаляется из них по системам вентиляционных каналов с использованием для этого специальных механических побудителей, называется механической (принудительной) вентиляцией.

Системы механической вентиляции подразделяются на:

- общеобменные: применяются в том случае, если вредные выделения поступают непосредственно в воздух помещения, рабочие места не фиксированы, а располагаются по всему помещению;
- местные: применяются для создания необходимых метеорологических параметров на отдельных рабочих местах;
- смешанные: являются сочетанием элементов местной и общеобменной вентиляции;
- аварийные: предусматриваются в тех производственных помещениях, в которых возможно внезапное поступление в воздух большого количества вредных или взрывоопасных веществ;
- системы кондиционирования: кондиционированием называется автоматическая обработка воздуха с целью поддержания в производственных помещениях заранее заданных метеорологических

условий независимо от изменения наружных условий и режимов внутри помещения.

По способу подачи и удаления воздуха различают четыре схемы общеобменной вентиляции:

- вытяжная: применяется, когда загрязнитель воздуха в помещении не является токсичным или пожаровзрывоопасным либо, если вредные выделения не должны распространяться на соседние помещения;
- приточная: применяется в случае незначительной концентрации в воздухе вредных веществ;
- приточно-вытяжная: применяется в случае, когда загрязнитель воздуха токсичен, пожаровзрывоопасен или имеет большую концентрацию в воздухе;
- с частичной рециркуляцией: применяется для сокращения эксплуатационных расходов на нагревание воздуха для тех помещений, в которых отсутствуют выделения вредных веществ.

### *Отопление*

В помещениях с постоянным или длительным пребыванием людей и в помещениях, где по условиям производства требуется поддержание положительных температур в холодный период года, устраивается *система отопления* – поддержание нормативных значений температуры воздуха рабочей зоны в холодный период года путем использования для обогрева помещений имеющихся избытков тепла или путем подвода тепла специальными системами отопления.

Для отопления производственных зданий применяются различные системы отопления: водяное, паровое, воздушное, а также электрический и газовый обогрев отдельных рабочих мест и участков.

Основные преимущества системы водяного отопления:

- возможность поддержания умеренной температуры на поверхности нагревательных приборов (до 100 °С в подающих и до 70 °С в обратных магистралях), исключающих пригорание на них пыли;
- простота централизованного регулирования теплоподдачи в зависимости от параметров наружного воздуха;
- бесшумность работы;
- простота обслуживания.

Основные недостатки системы водяного отопления:

- большое гидростатическое давление в нижней части системы при большой высоте (ограничивает высоту системы);
- опасность замерзания воды в трубопроводе, проложенном в неотапливаемом помещении.

### *Паровое отопление*

В системах парового отопления в качестве теплоносителя используется сухой насыщенный пар, который по паропроводам поступает в нагревательные приборы, где он конденсируется, выделяя скрытую теплоту парообразования.



Конденсат из нагревательных приборов по конденсатопроводам подается в конденсатный бак, откуда насосами перекачивается в котел или возвращается в котел самотеком.

Основные преимущества системы парового отопления:

- более высокая по сравнению с водяными системами теплоотдача нагревательных приборов;
- меньший, чем у систем водяного отопления, расход труб и нагревательных приборов (меньшая металлоемкость);
- возможность перемещения пара на большие расстояния без применения искусственного побуждения.

Основные недостатки системы парового отопления:

- более высокая по сравнению с водяными системами температура на поверхности труб и нагревательных приборов, вызывающая пригорание пыли и создающая возможность ожога при прикосновении;
- невозможность гибкого централизованного регулирования теплоотдачи нагревательных приборов (применяется регулирование пропусками – путем периодического выключения и включения системы);
- более сложная по сравнению с водяными системами эксплуатация;
- более высокие тепловые потери трубопроводами, прокладываемыми в неотапливаемых помещениях;
- высокие тепловые напряжения и деформации системы;
- меньший, чем у систем водяного отопления, срок эксплуатации ввиду повышенной коррозии труб.

*Воздушное отопление*

В системах воздушного отопления в качестве теплоносителя используется воздух, нагретый в воздухонагревателе.

Основные преимущества системы воздушного отопления:

- возможность совмещения с системами вентиляции при использовании систем отопления с частичной рециркуляцией и прямоточных;
- отсутствие в отапливаемом помещении нагревательных приборов (радиаторов, труб и т.д.);
- отсутствие тепловой инерции (немедленный тепловой эффект при включении системы);
- в теплый период года системы воздушного отопления могут быть использованы для охлаждения воздуха рабочей зоны при замене в воздухонагревателе теплоносителя на хладагент;
- простота централизованного регулирования.

Основные недостатки системы воздушного отопления:

- большие сечения подающих каналов (воздуховодов);
- высокие тепловые потери при прокладке магистральных воздуховодов в неотапливаемых помещениях;

*Электрический и газовый обогрев*

В тех случаях, когда обогрев рабочих площадок не может быть осуществлен с помощью систем отопления по техническим, экономическим или иным причинам, применяется лучистый обогрев с помощью инфракрасных излучателей. Лучистый инфракрасный обогрев позволяет создать условия, соответствующие тепловому комфорту даже при очень низких температурах (до  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и осуществляется инфракрасными излучателями двух видов: электрическими и газовыми.

Газовый инфракрасные излучатели (горелки) применяются для обогрева рабочих мест в неотапливаемых помещениях и на открытых площадках. Стенды с горелками должны располагаться вне зоны действия грузоподъемных механизмов и при этом должны быть предусмотрены меры по удалению продуктов горения.

Инфракрасные электрообогреватели наиболее эффективны при обогреве рабочих площадок и отдельных рабочих мест в неотапливаемых помещениях с большой кратностью воздухообмена; участков ремонта; при монтаже оборудования; при обогреве рабочих мест операторов.

*Применение средств индивидуальной защиты от повышенных и пониженных температур:*

- рукавицы для защиты рук;
- спецобувь для защиты ног;
- специальная одежда (костюмы) для защиты от:
  - теплового излучения (маркировка  $T_{и}$ );
  - открытого пламени (маркировка  $T_{о}$ );
  - брызг расплавленного металла и окалины (маркировка  $T_{р}$ );
  - контакта с нагретыми поверхностями (маркировка  $T_{п}$ );
  - пониженных температур воздуха (маркировка  $T_{н}$ );
  - контакта с охлажденными поверхностями (маркировка  $T_{хп}$ ).

## 7. ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА

*Тепловое состояние человека* – это его функциональное состояние, которое характеризуется содержанием и распределением тепла в глубоких слоях тела человека, в поверхностных слоях и степенью напряжения аппарата терморегуляции.

Показателями теплового состояния являются: температура тела, температура кожи, величина потоотделения, дефицит или накопление теплосодержания, теплоощущения, показатели гемодинамики (частота сердечных сокращений, артериальное давление, пульс, минутный объем кровотока), функции дыхания, энергообмен, умственная и физическая работоспособность

*Теплоощущения человека.* Общие и локальные теплоощущения отражают индивидуальное отношение человека к своему объективному тепловому состоянию. Под воздействием тепла и холода у него изменяются кровоснабжения кожи и подкожной клетчатки, меняется температура, а также температура венозной крови, что является причиной появления ощущений теплового дискомфорта. Оценка теплоощущений человека проводится по семибальной шкале: 1 – холодно, 2 – прохладно, 3 - слегка прохладно, 4 - комфорт, 5 – слегка тепло, 6 – тепло, 7 – жарко.

*Температура тела человека* – это температура внутренних органов и тканей (печени, мозга, желудка, легких, прямой кишки). Косвенный показатель температуры – это температура полости рта, подмышечной впадины. При нормальных условиях внешней среды и при установившемся динамическом равновесии процессов теплоотдачи и теплообразования для человека, находящегося в состоянии покоя (например, сидя) температура составляет около  $+37^{\circ}\text{C}$ . Изменение температуры под влиянием внешних условий происходит только при достаточно интенсивном их воздействии. При температуре тела в пределах  $+36,8 - 37,0^{\circ}\text{C}$  человек, который находится в состоянии относительного физического покоя, оценит свои ощущения как холодно или прохладно, но в этом случае температура  $37,6^{\circ}\text{C}$  будет ощущаться как существенный перегрев. При выполнении физической работы температура тела в меньшей степени зависит от метеорологических условий, а определяется величиной энергозатрат. Чем выше энергозатраты, тем меньшее влияние оказывает одна и та же степень нарушения энергобаланса на уровень температуры тела человека.

*Температура кожи человека.* Большая часть тепла, которое образуется в организме человека, рассеивается с поверхности тела, а это определяет значение температуры кожи при оценке теплового состояния организма. Зависимость уровня температуры кожи от термических условий среды позволяет считать ее показателем теплового состояния.

Для обобщенной характеристики температурного поля поверхности тела человека принято использовать средневзвешенную температуру кожи, которая

зависит от величины отдельных ее участков и значимостью площади этих участков по отношению ко всей поверхности тела.

Так как средневзвешенная температура кожи дает представление об общих теплоощущениях человека, характеризующих состояние его теплообмена с окружающей средой, то она используется при расчетах средней температуры тела и теплосодержания.

Топография температуры кожи – это локальные теплоощущения, которые обусловлены температурой различных участков кожи. Поэтому средневзвешенная температура кожи не всегда является достаточным показателем теплового состояния человека, особенно при неравномерном его нагревании или охлаждении. Температура кожи человека, даже находящегося в состоянии теплового комфорта, на разных участках тела различна. На топографию температуры кожи влияют одежда, степень дискомфорта, вид физической работы, система отопления и др. Температура кожи, при которой у человека появляются дискомфортные локальные ощущения, неодинакова на различных участках тела. Например, теплоощущение «прохладно» в области стоп появляется (в зависимости от уровня энергозатрат) при температуре их поверхности равной 31 - 25,5 °С, в области туловища при температуре 34 – 29 °С, а при температуре кожи около 40 – 42 °С появляются болевые ощущения.

Причинами, которые сокращают время пребывания в тех или иных условиях может быть локальное охлаждение или перегревание из-за недостаточного утепления или защиты от воздействия тепла той или иной области тела. При воздействии холода такими областями чаще всего являются стопы и кисти, которые охлаждаются больше, несмотря на достаточное утепление остальной поверхности тела.

*Потоотделение.* При перегревании и выполнении физической работы включается один из наиболее мощных механизмов терморегуляции - потоотделение. Сердечно-сосудистая система при перегревании или охлаждении организма реагирует изменением своей деятельности. При охлаждении – повышение артериального давления и уменьшение частоты сокращений сердечной мышцы. Одним словом, усиление кровотока необходимо для увеличения теплоотдачи путем переноса тепла от более нагретых внутренних органов к поверхности кожи. При перегревании наоборот учащение сокращений сердечной мышцы.

При обосновании оптимальных и допустимых норм микроклимата исходят из понятий теплового комфорта. Комфортными являются такие условия микроклимата, при которых обеспечиваются хорошие теплоощущения и поддерживается тепловое равновесие организма без напряжения терморегуляторного аппарата. То есть тепловой комфорт определяется как наиболее благоприятное для человека сочетание метеорологических параметров, а эти параметры являются основой для гигиенического нормирования микроклимата.

Определенное влияние как параметр микроклимата оказывают температурные изменения окружающей среды. Для человека определены

максимальные температуры в зависимости от длительности их воздействия. Предельная температура вдыхаемого воздуха, когда человек в состоянии дышать в течение нескольких минут без специальных средств защиты, около  $+116^{\circ}\text{C}$ . На рис. 2 представлены данные о переносимости температур, превышающих  $+600^{\circ}\text{C}$ .

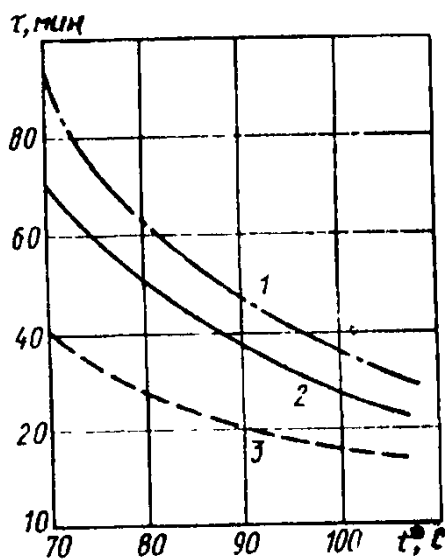


Рис. 2. Переносимость высоких температур в зависимости от длительности их воздействия

- 1 - верхняя граница выносливости, 2 - среднее время выносливости,  
3 - граница появления симптомов перегрева

Переносимость температуры зависит от влажности и скорости окружающего воздуха. Чем больше относительная влажность, тем меньше испаряется пота в единицу времени и тем быстрее наступает перегрев тела. Неблагоприятное воздействие на тепловое самочувствие человека оказывает высокая влажность при температуре  $300^{\circ}\text{C}$ , потому что в этом случае вся выделяемая теплота отдается в окружающее пространство при испарении пота.

При повышении влажности пот, наоборот, не испаряется, а стекает с поверхности кожного покрова, что не обеспечивает необходимую теплоотдачу. Вместе с потом организм теряет большое количество минеральных солей. Потеря соли лишает кровь способности удерживать воду и приводит к нарушению деятельности сердечно-сосудистой системы.

Организм, работающий в условиях постоянного воздействия высоких или низких температур находится в состоянии динамического равновесия с окружающей средой. Это происходит благодаря приспособлению организма человека к определенным метеорологическим условиям.

*Тепловая адаптация.* Это процессы в организме, направленные на поддержание определенного уровня и взаимосвязи физиологических систем, обеспечивающих высокую жизнедеятельность организма. На начальных этапах адаптация осуществляется за счет активации компенсаторных механизмов организма. В процессе адаптации вся деятельность организма приводится в более точное уравновешивание с окружающей средой. В результате

адаптационного процесса устанавливается стабильное состояние организма в измененных микроклиматических условиях среды - акклиматизация.

*Акклиматизация.* Это приспособление к новым климатическим условиям и является частным случаем адаптации, из-за длительного пребывания в условиях высоких или низких температур. Акклиматизация зависит от индивидуальных свойств человека, состояния его физиологических функций до адаптации.

Адаптация к высоким температурам. Она проявляется в повышении работы мышц, значительном снижении основного обмена, уменьшении артериального давления, снижении частоты пульса и дыхания и некотором снижении температуры тела. В процессе адаптации при выраженном потоотделении наблюдается уменьшение хлоридов в поту, а это способствует уменьшению нарушений водно-солевого обмена.

*Адаптация к инфракрасному облучению.* В этом случае понижается возбудимость рецепторов, незначительное учащение пульса, повышение температуры тела, повышается интенсивность потоотделения.

*Адаптация к воздействию холода.* Частое и длительное влияние холода приводит к повышению обмена веществ, усилению тепловыделения организма, быстрое восстановление температуры кожи, увеличение объема циркуляционной крови. Адаптация наблюдается при условии, если колебания параметров микроклимата не выходят за пределы компенсаторных возможностей организма. Резко выраженные колебания метеоусловий затрудняют адаптацию организма к ним. Высокие по интенсивности и продолжительности тепловые раздражители могут привести к срыву адаптации. Срывы адаптации связаны со снижением иммунологической реактивности организма и влекут за собой разнообразные неблагоприятные последствия, например, повышенную заболеваемость. Таким образом, в качестве важного компонента адаптивной реакции организма выступает стресс-синдром - это сумма неспецифических реакций, создающих условия для активизации деятельности гомеостатических систем. Эффективность адаптации зависит от дозы воздействующего фактора и индивидуальных особенностей организма.

Стресс-синдром при чрезмерно сильных воздействиях среды может стать причиной развития болезней - от язвенных до тяжелых сердечно-сосудистых и иммунных. Если уровни воздействия отрицательных факторов окружающей среды выходят за пределы адаптационных возможностей организма, то включаются дополнительные защитные механизмы, которые противодействуют возникновению и прогрессированию патологических процессов. Учитывая все факторы, влияющие на состояние организма, особенно с учетом физической работы, привели к необходимости обоснования оптимальных и допустимых условий труда.

## 8. ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Основными параметрами, обеспечивающими процесс теплообмена человека с окружающей средой, как было показано выше, являются параметры микроклимата. В естественных условиях на поверхности Земли (уровень моря) эти параметры изменяются в существенных пределах. Так, температура окружающей среды изменяется от  $-88$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ ; подвижность воздуха - от 0 до 100 м/с; относительная влажность - от 10 до 100 % и атмосферное давление - от 680 до 810 мм рт. ст.

Вместе с изменением параметров микроклимата меняется и тепловое самочувствие человека. Условия, нарушающие тепловой баланс, вызывают в организме реакции, способствующие его восстановлению. Процессы регулирования тепловыделений для поддержания постоянной температуры тела человека называются *терморегуляцией*. Она позволяет сохранять температуру внутренних органов постоянной, близкой к  $36,5^{\circ}\text{C}$ . Процессы регулирования тепловыделений осуществляются в основном тремя способами: биохимическим путем; путем изменения интенсивности кровообращения и интенсивности потовыделения.

*Терморегуляция биохимическим путем* заключается в изменении интенсивности происходящих в организме окислительных процессов. Например, мышечная дрожь, возникающая при сильном охлаждении организма, повышает выделение теплоты до 125...200 Дж/с.

*Терморегуляция путем изменения интенсивности кровообращения* заключается в способности организма регулировать подачу крови (которая является в данном случае теплоносителем) от внутренних органов к поверхности тела путем сужения или расширения кровеносных сосудов.

Перенос теплоты с потоком крови имеет большое значение вследствие низких коэффициентов теплопроводности тканей человеческого организма -  $0,314 \dots 1,45 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$ . При высоких температурах окружающей среды кровеносные сосуды кожи расширяются и к ней от внутренних органов притекает большое количество крови и, следовательно, больше теплоты отдается окружающей среде. При низких температурах происходит обратное явление: сужение кровеносных сосудов кожи, уменьшение притока крови к кожному покрову и, следовательно, меньше теплоты отдается во внешнюю среду. Как видно из рис. 3, кровоснабжение при высокой температуре среды может быть в 20...30 раз больше, чем при низкой. В пальцах кровоснабжение может изменяться даже в 600 раз.

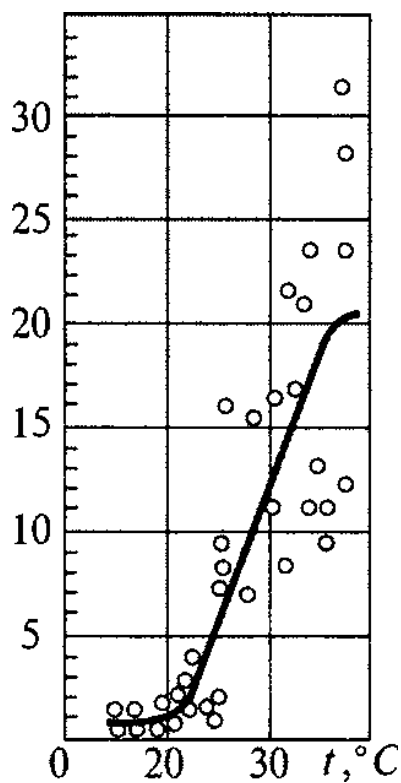


Рис. 3. Зависимость кровоснабжения тканей организма от температуры окружающей среды

*Терморегуляция путем изменения интенсивности потовыделения* заключается в изменении процесса теплоотдачи за счет испарения. Испарительное охлаждение тела человека имеет большое значение. Так, при  $t_{\text{oc}} = 18^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 60\%$ ,  $w = 0$  количество теплоты, отдаваемой человеком в окружающую среду при испарении влаги, составляет около 18 % общей теплоотдачи. При увеличении температуры окружающей среды до  $+27^\circ\text{C}$  доля  $Q_{\text{п}}$  возрастает до 30 % и при  $36,6^\circ\text{C}$  достигает 100 %.

Терморегуляция организма осуществляется одновременно всеми способами. Так, при понижении температуры воздуха увеличению теплоотдачи за счет увеличения разности температур препятствуют такие процессы, как уменьшение влажности кожи и, следовательно, уменьшение теплоотдачи путем испарения, снижение температуры кожных покровов за счет уменьшения интенсивности транспортирования крови от внутренних органов и вместе с этим уменьшение разности температур.

На рис. 4 и 5 приведены тепловые балансы человека при различных объемах производимой работы в разных условиях окружающей среды.

Тепловой баланс, приведенный на рис. 4, составлен по экспериментальным данным для случая езды на велосипеде при температуре воздуха  $22,5^\circ\text{C}$  и относительной влажности 45 %.



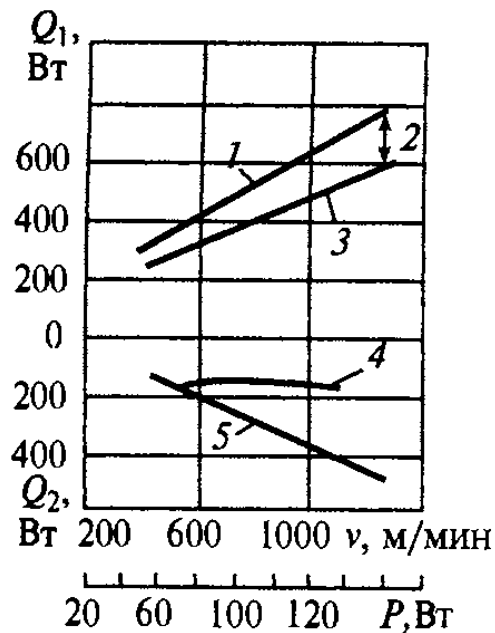


Рис. 4. Тепловой баланс работающего человека в зависимости от нагрузки ( $v$  - скорость езды на велосипеде,  $P$  - нагрузка,  $Q_1$  - тепловыделение,  $Q_2$  - теплоотдача):

- 1 - изменение общей затраты энергии организма; 2 - механическая работа;
- 3 - тепловыделения; 4 - изменение суммарной теплоотдачи ( $Q_k, Q_g, Q_l$ );
- 5 - теплота, отданная при испарении пота с поверхности тела

На рис. 5. приведен тепловой баланс человека, идущего со скоростью 3,4 км/ч при различных температурах окружающего воздуха и постоянной относительной влажности 52 %.

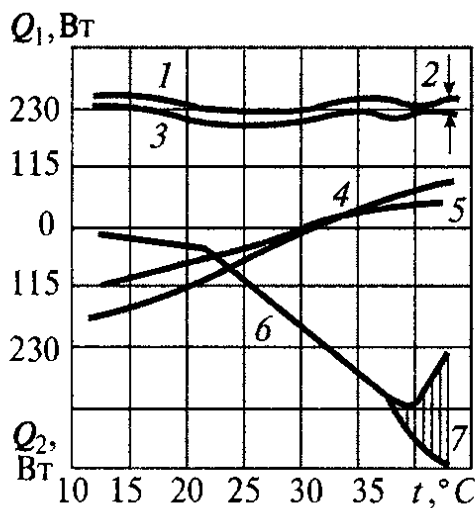


Рис. 5. Тепловой баланс работающего человека в зависимости от температуры среды ( $Q_1$  - тепловыделение,  $Q_2$  - теплоотдача):

- 1 - суммарная энергия организма; 2 - мускульная работа;
- 3 - выделенная теплота; 4 - теплота, переданная теплопроводностью и конвекцией; 5 - теплота, переданная излучением; 6 - теплота, отданная при испарении пота; 7 - теплота, потерянная с каплями пота

Приведенные на рис. 4 и 5 примеры процесса теплообмена человека с окружающей средой построены при условии соблюдения теплового баланса, поддержанию которого способствовал механизм терморегуляции организма

Экспериментально установлено, что оптимальный обмен веществ в организме и соответственно максимальная производительность труда имеют место, если составляющие процесса теплоотдачи находятся в следующих пределах:

$$Q_k + Q_T \approx 30\%; Q_L \approx 45\%; Q_H \approx 20\%; Q_D \approx 5\%.$$

Такой баланс характеризует отсутствие напряженности системы терморегуляции.

Параметры микроклимата воздушной среды, которые обуславливают оптимальный обмен веществ в организме и при которых нет неприятных ощущений и напряженности системы терморегуляции, называют *комфортными* или *оптимальными*. Зону, в которой окружающая среда полностью отводит тепло, выделяемое организмом, и нет напряжения системы терморегуляции, называют *зоной комфорта*. Условия, при которых нормальное тепловое состояние человека нарушается, называют *дискомфортными*. При незначительной напряженности системы терморегуляции и небольшой дискомфортности устанавливаются допустимые параметры микроклимата.

Организм человека – это саморегулирующаяся система. Ее физиологический механизм направлен на обеспечение соответствия количества образованного тепла количеству тепла, отданного во внешнюю среду.

Основным фактором, способствующим терморегуляции, является способность организма увеличивать или уменьшать приток крови к периферийным кровеносным сосудам. При перегреве организма эти сосуды расширяются и тепло отводится более интенсивно, а при охлаждении сосуды наоборот сужаются и приток крови к ним уменьшается. При нормальной температуре воздуха и выполнении легкой работы или в состоянии покоя основное количество тепла отдается в окружающую среду через кожу конвекцией и теплоизлучением. В условиях высоких температур воздуха (выше 30 °С), высокой влажности и выполнении тяжелой работы повышенная теплоотдача осуществляется за счет выделения и испарения пота. Нужно учитывать, что при обильном потовыделении вместе с водой из организма удаляется значительное количество солей, при потере которых меняется состав крови и это лишает ее способности удерживать воду. Зависимость теплоотдачи и потовыделения от температуры воздуха представлена на рис. 6.

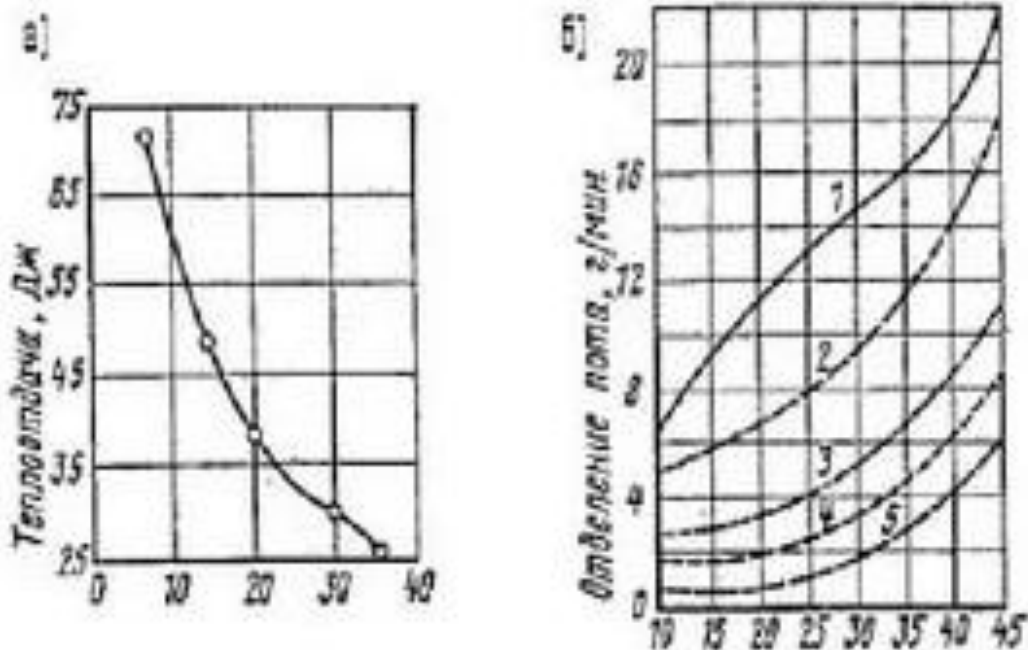


Рис. 6. Графики терморегуляции организма человека в зависимости от температуры воздуха:

а) при теплоизлучении; б) при потовыделении

1 - очень тяжелая работа; 2 - тяжелая работа; 3 - работа средней тяжести;  
4 - легкая работа; 5 - покой

Терморегуляцию, обеспечивающую увеличение теплообразования в организме в ответ на его охлаждение, называют химической, а терморегуляцию, обеспечивающую увеличение или уменьшение теплоотдачи, - физической. Для сохранения постоянной температуры тела организм должен находиться в термостабильном состоянии. Это состояние называется тепловым балансом.

Жизнедеятельность человека сопровождается непрерывным выделением теплоты в окружающую среду и зависит от степени физического напряжения в определенных климатических условиях. Чтобы физиологические процессы в организме протекали нормально, выделяемая организмом теплота должна полностью отводиться в окружающую среду.

Нарушение теплового баланса может привести к перегреву или переохлаждению организма и как следствие к быстрой утомляемости, потере сознания и тепловой смерти.

## 9. ТЕПЛООБМЕН ЧЕЛОВЕКА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

Одним из необходимых условий нормальной жизнедеятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях, оказывающих существенное влияние на тепловое самочувствие человека. Метеорологические условия, или микроклимат, зависят от теплофизических особенностей технологического процесса, климата, сезона года, условий отопления и вентиляции.

Жизнедеятельность человека сопровождается непрерывным выделением теплоты в окружающую среду. Ее количество зависит от степени физического напряжения в определенных климатических условиях и составляет от 85 Вт (в состоянии покоя) до 500 Вт (при тяжелой работе). Для того чтобы физиологические процессы в организме протекали нормально, выделяемая организмом теплота должна полностью отводиться в окружающую среду. Нарушение теплового баланса может привести к перегреву либо к переохлаждению организма и, как следствие, к потере трудоспособности, быстрой утомляемости, потере сознания и тепловой смерти.

Одним из важных интегральных показателей теплового состояния организма является средняя температура тела (внутренних органов) порядка 36,5°C. Она зависит от степени нарушения теплового баланса и уровня энергозатрат при выполнении физической работы. При выполнении работы средней тяжести и тяжелой при высокой температуре воздуха температура тела может повышаться от нескольких десятых градуса до 1...2°C. Наивысшая температура внутренних органов, которую выдерживает человек, составляет + 43°C, минимальная + 25°C. Температурный режим кожи играет основную роль в теплоотдаче. Ее температура меняется в довольно значительных пределах, и при нормальных условиях средняя температура кожи под одеждой составляет 30...34°C. При неблагоприятных метеорологических условиях на отдельных участках тела она может понижаться до 20°C, а иногда и ниже.

*Нормальное тепловое самочувствие* имеет место, когда тепловыделение  $Q_{ТП}$  человека полностью воспринимается окружающей средой  $Q_{ТО}$ , т. е. когда имеет место тепловой баланс и в этом случае температура внутренних органов остается постоянной:

$$Q_{ТП} = Q_{ТО},$$

Если теплопродукция организма не может быть полностью передана окружающей среде ( $Q_{ТП} > Q_{ТО}$ ), происходит рост температуры внутренних органов и такое тепловое самочувствие характеризуется понятием *жарко*.

Теплоизоляция человека, находящегося в состоянии покоя (отдых сидя или лежа), от окружающей среды приведет к повышению температуры внутренних органов уже через 1 ч на 1,2°C. Теплоизоляция человека, производящего работу средней тяжести, вызовет повышение температуры уже на 5°C и вплотную приблизится к максимально допустимой. В случае, когда окружающая среда воспринимает больше теплоты, чем ее воспроизводит человек ( $Q_{ТП} < Q_{ТО}$ ),

происходит охлаждение организма. Такое тепловое самочувствие характеризуется понятием *холодно*.

Тепловыделения организма человека в зависимости от температуры и тяжести выполняемой работы представлены в табл. 10.

Таблица 10

Количество тепла, выделяемое человеком

Выполняемая работа	Тепловыделения при:					
	10°C	15°C	17°C	20°C	25°C	35°C
Состояние покоя	160	150	135	110	101	93
Легкая работа	180	176	165	155	150	145
Средней тяжести	215	210	205	200	195	190
Тяжелая	290	290	290	290	290	290

Теплообмен между человеком и окружающей средой осуществляется конвекцией  $Q_K$  в результате омывания тела воздухом, теплопроводностью  $Q_T$ , излучением на окружающие поверхности  $Q_{изл}$  и в процессе тепломассообмена, при испарении влаги, выводимой на поверхность кожи потовыми железами  $Q_{П}$  и при дыхании  $Q_{вд.в}$ :

$$Q_{ТП} = Q_K + Q_T + Q_{изл} + Q_{вд.в} \quad (1).$$

Конвективный теплообмен осуществляется с поверхности тела или одежды движущемуся вокруг него воздуху. По отношению к общим теплопотерям теплоотдача конвекцией составляет 20 - 30 %. Особенно возрастают потери тепла конвекцией при ветре.

Конвективный теплообмен определяется законом Ньютона:

$$Q_K = \alpha_K \cdot F_{Э}(t_{пов} - t_{ос}) \quad (2),$$

где  $\alpha_K$  - коэффициент теплоотдачи конвекцией (при нормальных параметрах микроклимата  $\alpha_K = 4,06 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ );

$t_{пов}$  - температура поверхности тела человека (для практических расчетов зимой около  $27,7 \text{ °C}$ ; летом - около  $31,5 \text{ °C}$ );

$t_{ос}$  - температура воздуха, омывающего тело человека;

$F_{Э}$  - эффективная поверхность тела человека (размер эффективной поверхности тела зависит от положения его в пространстве и составляет приблизительно 50...80 % геометрической внешней поверхности тела человека), для практических расчетов  $F_{Э} = 1,8 \text{ м}^2$ .

Значение коэффициента теплоотдачи конвекцией можно определить приближенно как:

$$\alpha_K = \frac{\lambda}{\delta},$$

где  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности пограничного слоя, Вт/(м·°С), приведен в табл. 11;

$\delta$  - толщина пограничного слоя омывающего газа, м.

Удерживаемый на внешней поверхности тела пограничный слой воздуха (до 4...8 мм при скорости движения воздуха  $w = 0$ ) препятствует отдаче теплоты конвекцией. При увеличении атмосферного давления (В) и в подвижном воздухе толщина пограничного слоя уменьшается и при скорости движения воздуха 2 м/с составляет около 1 мм. Передача теплоты конвекцией тем больше, чем ниже температура окружающей среды и чем выше скорость движения воздуха. Заметное влияние оказывает и относительная влажность воздуха  $\phi$ , так как коэффициент теплопроводности воздуха является функцией атмосферного давления и влагосодержания воздуха.

На основании изложенного выше, можно сделать вывод, что величина и направление конвективного теплообмена человека с окружающей средой определяются в основном температурой окружающей среды, атмосферным давлением, подвижностью и влагосодержанием воздуха.

Передачу теплоты теплопроводностью можно описать уравнением Фурье:

$$Q_T = \frac{\lambda_0}{\delta_0} \cdot F_{\Sigma} (t_{\text{пов}} - t_{\text{ос}}) \quad (3),$$

где  $\lambda_0$  - коэффициент теплопроводности тканей одежды человека, Вт/(м·°С), приведен в табл. 11;

$\delta_0$  - толщина одежды человека, м.

Теплопроводность одежды мала, поэтому основную роль играет передача тепла с потоком крови. В табл. 11 приведены данные коэффициентов теплопроводности.

Таблица 11

Коэффициенты теплопроводности материалов в зависимости от температуры, Вт/м·°С

Материал	Температура, °С							
	18	20	25	30	40	50	100	200
Воздух	0,0245	0,0251	0,0255	0,0260	0,028	0,029	0,0326	0,0395
Ткани спецодежды	0,031	0,035	0,042	0,045	0,047	0,052	0,056	0,061

Теплопроводность тканей человека мала, поэтому основную роль в процессе транспортирования теплоты играет конвективная передача с потоком крови.

Лучистый поток при теплообмене излучением тем больше, чем ниже температура окружающих человека поверхностей. Он может быть определен с помощью обобщенного закона Стефана - Больцмана:

$$Q_{\text{изл}} = C_{\text{пр}} \cdot F_1 \cdot \Psi \left\{ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right\} \quad (4),$$

где  $C_{\text{пр}}$  - приведенный коэффициент излучения, Вт/(м<sup>2</sup> • К<sup>4</sup>),  
 $C_{\text{пр}} = 4,9 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}^4$

$F_1$  - площадь поверхности, излучающей лучистый поток, м<sup>2</sup>;

$\Psi$  - коэффициент облучаемости;

$T_1$  - средняя температура поверхности тела и одежды человека, К;

$T_2$  - средняя температура окружающих поверхностей, К.

Для практических расчетов в диапазоне температур окружающих человека предметов 10...60°C приведенный коэффициент излучения  $C_{\text{пр}} \sim 4,9 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$ . Коэффициент облучаемости  $\Psi$  обычно принимают равным 1,0. В этом случае значение лучистого потока зависит в основном от степени черноты и температуры окружающих предметов.

Количество теплоты, отводимое человеком в окружающую среду при испарении влаги, выводимой на поверхность потовыми железами:

$$Q_{\text{исп}} = G_{\text{п}} \cdot r \quad (5),$$

где  $G_{\text{п}}$  - масса выделяемой и испаряющейся влаги, кг/с;

$r$  - скрытая теплота испарения выделяющейся влаги, Дж/кг.

В табл. 12 приведены данные о потовыделении в зависимости от температуры воздуха и физической нагрузки человека. Количество теплоты, отдаваемой в окружающий воздух с поверхности тела при испарении пота, зависит не только от температуры воздуха и интенсивности работы, выполняемой человеком, но и от скорости окружающего воздуха и его относительной влажности.

Таблица 12

Количество влаги, выделяемое с поверхности кожи и из легких человека, г/мин

Характеристика выполняемой работы	Температура воздуха, °С				
	16	18	28	35	45
Покой	0,6	0,74	1,69	3,25	6
Легкая	1,8	2,4	3,0	5,2	8,8
Средней тяжести	2,6	3,0	5,0	7,0	11,3
Тяжелая	4,9	6,7	8,9	11,4	18,6
Очень тяжелая	6,4	10,4	11,0	16,0	21,5

Как видно из данных таблицы, количество выделяемой влаги меняется в значительных пределах. Так, при температуре воздуха 30°С у человека, не занятого физическим трудом, влаговыделение составляет 2 г/мин, а при выполнении тяжелой работы увеличивается до 9,5 г/мин.

Величина скрытой теплоты испарения зависит от температуры, значения которой приведены в табл. 13.

Таблица 13

Теплота испарения в зависимости от температуры

Температура, °С	Теплота испарения, Дж/кг
16	2,46
18	2,45
28	2,44
35	2,41
45	2,39
55	2,37
70	2,33
100	2,26

Количество теплоты, выделяемой человеком с выдыхаемым воздухом, зависит от физической нагрузки, влажности и температуры вдыхаемого воздуха. Чем больше физическая нагрузка и ниже температура окружающей среды, тем больше отдается с выдыхаемым воздухом. С увеличением температуры и влажности окружающего воздуха количество теплоты, отводимой через дыхание, уменьшается.

Количество теплоты, отдаваемой в окружающий воздух с поверхности тела при испарении пота, зависит не только от температуры воздуха и интенсивности работы, выполняемой человеком, но и от скорости движения окружающего воздуха и его относительной влажности,

В процессе дыхания воздух окружающей среды, попадая в легочный аппарат человека, нагревается и одновременно насыщается водяными парами. В технических расчетах можно принимать (с запасом), что выдыхаемый воздух имеет температуру 37°С и полностью насыщен.



Количество теплоты, расходуемой на нагревание выдыхаемого воздуха:

$$Q_{\text{вд.в}} = V_{\text{вд.в}} \cdot \rho_{\text{вд.в}} \cdot C_{\text{вд.в}} (t_{\text{выд.в}} - t_{\text{вд.в}}) \quad (6),$$

где  $V_{\text{вд.в}}$  - объем воздуха, вдыхаемого человеком в единицу времени, м<sup>3</sup>/с;

$\rho_{\text{вд.в}}$  - плотность вдыхаемого влажного воздуха, кг/м<sup>3</sup> (табл. 15)

$C_{\text{вд.в}}$  - удельная теплоемкость вдыхаемого воздуха (табл. 16), Дж/кг·°С

$t_{\text{выд.в}}$  - температура выдыхаемого воздуха, °С;

$t_{\text{вд.в}}$  - температура вдыхаемого воздуха, °С.

Частота дыхания человека непостоянна и зависит от состояния организма и его физической нагрузки. В состоянии покоя с каждым вдохом в легкие поступает около 0,5 л воздуха. При выполнении тяжелой работы объем вдоха-выдоха может возрастать до 1,5... 1,8 л. Среднее значение легочной вентиляции в состоянии покоя примерно 0,4...0,5 л/с, а при физической нагрузке в зависимости от напряжения может достигать 4 л/с.

Количество вдыхаемого и выдыхаемого воздуха зависит от тяжести выполняемых работ. Значения объема воздуха представлены в табл. 14.

Таблица 14

Объем воздуха одного вдоха - выдоха при различных видах работ

Характеристика выполняемой работы	Объем воздуха, м <sup>3</sup> /сут
Состояние покоя	0,5
Легкая	0,8
Средней тяжести	1,0
Тяжелая	1,5
Очень тяжелая	1,8

Таблица 15

Плотность воздуха в зависимости от температуры

Температура, °С	16	18	28	35	45	55	70	100
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1,31	1,29	1,18	1,16	1,10	1,06	1,03	0,95

Таблица 16

Теплоемкость воздуха (Дж/кг °С) в зависимости от температуры

Температура, °С	16	18	28	35	45	55	70	100
Теплоемкость	0,7	1,01	1,02	1,05	1,10	1,15	1,20	1,30

Таким образом, количество теплоты, выделяемой человеком с выдыхаемым воздухом, зависит от его физической нагрузки, влажности и температуры окружающего (вдыхаемого) воздуха. Чем больше физическая нагрузка и ниже температура окружающей среды, тем больше отдается теплоты

с выдыхаемым воздухом. С увеличением температуры и влажности окружающего воздуха количество теплоты, отводимой через дыхание, уменьшается.

Анализ приведенных выше уравнений позволяет сделать вывод, что тепловое самочувствие человека, или тепловой баланс, в системе «человек - среда обитания» зависит от температуры среды, подвижности и относительной влажности воздуха, атмосферного давления, температуры окружающих предметов и интенсивности физической нагрузки организма:

## 10. ВНЕШНЕЕ ТЕПЛО

1. Тепло, поступающее через поверхность оконных проемов (солнечная радиация).

Количество тепла, поступающее в помещение от солнечной радиации, определяется по формуле:

$$Q_{\text{рад.ост}} = F_{\text{ост}} \cdot q_{\text{ост}} \cdot A_{\text{ост}} \quad (7),$$

где  $F_{\text{ост}}$  - площадь поверхности остекления,  $\text{м}^2$ ,

$q_{\text{ост}}$  - теплопоступления от солнечной радиации принимаются в пределах 70 - 210  $\text{Вт}/\text{м}^2$

$A_{\text{ост}}$  - коэффициент остекления, принимается в пределах 0,25 – 1,15.

Количество теплопоступлений от солнечной радиации зависит от географической ориентации поверхности и характеристики окон или фонарей. Значения коэффициента остекления ( $A_{\text{ост}}$ ) зависят от вида остекления и его солнцезащитных свойств.

2. Тепловыделения в производственное помещение от оборудования, работающего от электродвигателя:

$$Q_{\text{двиг}} = 1000 \cdot N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \quad (8),$$

где  $Q_{\text{двиг}}$  - количество тепла, Вт;

$N$  - установочная мощность электродвигателей, кВт;

$\eta_1$  - коэффициент использования установочной мощности, равный 0,7 - 0,8;

$\eta_2$  - коэффициент загрузки, равный 0,5 - 0,8;

$\eta_3$  - коэффициент одновременной работы двигателей, равный 0,5 - 1,0;

$\eta_4$  - коэффициент, характеризующий долю механической энергии, превращающейся в тепло, равный 0,1 - 0,03.

3. Тепловыделения в производственное помещение при работе кузнечных горнов:

$$Q_{\text{куз}} = 0,17 \cdot B \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \varphi \quad (9),$$

где  $B$  - расход топлива, кг/ч,

$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$  - наименьшая удельная теплота сгорания топлива, кДж/кг;

$\varphi$  - коэффициент, учитывающий долю поступающего тепла, равный в пределах 0,2 - 0,3.

## 11. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

### Расчет теплового баланса организма человека

1. По формуле 2 рассчитывается конвективный теплообмен.
2. По формуле 3 рассчитывается передача тепла теплопроводностью.
3. По формулам 4 рассчитывается теплообмен излучением.
4. По формуле 5 рассчитывается количество теплоты, передаваемое испарением с поверхности кожи.
5. По формуле 6 рассчитывается количество теплоты, расходуемой на нагревание вдыхаемого воздуха.
6. По формуле 7 рассчитывается количество теплоты, поступающее в помещение солнечной радиацией.
7. По формуле 8 рассчитывается количество теплоты от работающих электродвигателей.
8. По формуле 9 рассчитываются тепловыделения при работе кузнечного горна.
9. По формуле 1 рассчитать тепловой баланс организма.
10. **Вывод.** Сравнить количество тепловыделений человеком и количество тепла, воспринимаемое окружающей средой:

$$(Q_{\text{ТП}} = Q_{\text{ТО}}, Q_{\text{ТП}} > Q_{\text{ТО}}, Q_{\text{ТП}} < Q_{\text{ТО}}).$$

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### Задание 1

Рассчитать тепловой баланс организма человека с учетом всех видов тепловыделений, которые обеспечивают нормальные условия жизнедеятельности, в том числе и солнечную радиацию.

Исходные данные:

$$t_0 = 18^\circ\text{C}$$

$\lambda_{\text{в}} = 0,0245$ , Вт/(м $^\circ\text{C}$ ), - коэффициент теплопроводности пограничного слоя воздуха (табл. 11) в зависимости от температуры;

$$\delta_{\text{в}} = 0,001, \text{ м, толщина пограничного слоя – у всех;}$$

$$t_{\text{пов}} = 38^\circ\text{C, температура поверхности тела человека;}$$

$$F_{\text{э}} = 4,5, \text{ м}^2, \text{ эффективная поверхность тела человека;}$$

$$t_{\text{ос}} = 18^\circ\text{C, температура воздуха, омывающего тело человека;}$$

$$\lambda_0 = 0,031, \text{ Вт/м }^\circ\text{C, теплопроводность ткани спецодежды;}$$

$$\delta_0 = 0,1, \text{ м, толщина одежды;}$$

$$T_1 = 310 \text{ К, температура тела человека;}$$

$$T_2 = 290 \text{ К, температура окружающих поверхностей;}$$

$$C_{\text{пр}} = 4,9, \text{ Вт/м}^2 \text{ К}^4, \text{ приведенный коэффициент излучения – у всех;}$$

$$\Psi = 1, \text{ коэффициент облучаемости – у всех;}$$

$$F_1 = 4, \text{ м}^2, \text{ площадь поверхности, излучающей лучистый поток;}$$

$G_{\text{п}} = 0,74$ , г/мин при  $t = 18^\circ\text{C}$ , масса выделяемой и испаряющейся влаги (табл. 12) – состояние покоя;

$$r = 2,45, \text{ Дж/кг, скрытая теплота испарения (табл. 13);}$$

$V_{\text{вд.в}} = 0,5$ , м $^3$ /сут объем воздуха, вдыхаемого человеком в единицу времени (табл. 14) – состояние покоя;

$$\rho_{\text{вд.в}} = 1,29, \text{ кг/м}^3, \text{ плотность вдыхаемого воздуха (табл. 15);}$$

$$C_{\text{вд.в}} = 1,01, \text{ Дж/кг }^\circ\text{C, удельная теплоемкость вдыхаемого воздуха;}$$

$$t_{\text{выд.в}} = 36,3^\circ\text{C температура выдыхаемого воздуха;}$$

$$t_{\text{вд.в}} = 18^\circ\text{C, температура вдыхаемого воздуха;}$$

$$F_{\text{ост}} = 7 \text{ м}^2, \text{ площадь поверхности остекления;}$$

$$q_{\text{ост}} = 70 \text{ Вт/м, теплоступления от солнечной радиации;}$$

$$A_{\text{ост}} = 0,2 \text{ коэффициент остекления.}$$

*Пример расчета:*

1. Определить конвективный теплообмен:

$$Q_{\text{К}} = \frac{0,0245}{0,001} \cdot 4,5(38 - 18) = 2205 \text{ Вт}$$

2. Определить передачу тепла за счет теплопроводности:

$$Q_{\text{Т}} = \frac{0,031}{0,1} \cdot 4,5(38 - 18) = 27,9 \text{ Вт}$$

3. Определить теплообмен излучением:

$$Q_{\text{изл}} = 4,9 \cdot 4 \cdot 1 \left[ \left( \frac{310}{100} \right)^4 - \left( \frac{290}{100} \right)^4 \right] = 443,4, \text{ Вт}$$

4. Определить количество тепла за счет испарения влаги:

$$Q_{\text{исп}} = 0,00001233 \cdot 2,45 = 0,00003, \text{ Вт}$$

5. Определяем количество теплоты, расходуемой на нагревание вдыхаемого воздуха:

$$Q_{\text{вд.в}} = 0,000005787 \cdot 1,29 \cdot 1,01(36,3 - 18) = 0,00013798, \text{ Вт}$$

6. Определить количество внешнего тепла, поступающего через поверхность оконных проемов (солнечная радиация):

$$Q_{\text{ТО}} = Q_{\text{рад.ост}} = 7 \cdot 70 \cdot 0,2 = 98, \text{ Вт}$$

7. Определить тепловыделения организма человека:

$$Q_{\text{ТП}} = 2205 + 27,9 + 443,4 + 0,00013798 + 0,00003 = 2676,3, \text{ Вт}$$

**Вывод:**  $Q_{\text{ТП}} > Q_{\text{ТО}} = 2676,3 > 98$ . Это говорит о том, что человеку жарко.

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_0 \text{ } ^\circ\text{C} = t_{\text{вд.в}}$	18	20	25	30	40	25	30	50	18	20
$\lambda_{\text{в}} = \text{Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$	Выбирается в зависимости от температуры воздуха (табл. 11)									
$\delta_{\text{в}}, \text{ м}$	0,001 для всех вариантов									
$t_{\text{пов}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	37	36,5	36,7	37	37	36	36	36,5	36,5	36,5
$F_{\text{з}}, \text{ м}^2$	4,5	5,0	5,0	5,5	5,5	6,0	7,0	7,5	6,0	5,5
$\lambda_0, \text{ Вт}/\text{м}\cdot^\circ\text{C}$	Выбирается в зависимости от температуры воздуха (табл. 11)									
$\delta_0, \text{ м}$	0,1	0,12	0,13	0,14	0,15	0,2	0,21	0,3	0,3	0,3
$C_{\text{пр}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}^4)$	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
$T_1, \text{ К}$	310	310	310	310	309	309	309	310	309	310
$T_2, \text{ К}$	290	295	293	295	296	285	285	293	293	293
$\Psi$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$F_1, \text{ м}^2$	4	4,5	4	4	4,8	5	5	5,5	6	7
$t_{\text{ос}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	18	20	25	30	40	25	30	50	18	20
$\rho_{\text{вд.в}}, \text{ кг}/\text{м}^3$	Выбирается в зависимости от температуры (табл. 15)									
$C_{\text{вд.в}}, \text{ Дж}/\text{кг } ^\circ\text{C}$	Выбирается по таблице 16									
$t_{\text{выд.в}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	36,3	36,5	36,7	37	37	37	36,2	36,5	37	37
$F_{\text{ост}}, \text{ м}^2$	7	7,5	6	6,5	7	8	8,2	8,5	8	8
$q_{\text{ост}}, \text{ Вт}/\text{м}$	70	72	75	80	90	95	110	120	130	140
$A_{\text{ост}}$	0,25	0,25	0,4	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1

## Задание 2

Рассчитать тепловой баланс организма человека с учетом параметров окружающей среды и вида выполняемой работы (внешнее тепло - это тепло поступающее от оборудования, работающего от электродвигателя).

Исходные данные:

$$t_o = 18^\circ\text{C}$$

$\lambda_{\text{в}} = 0,0245$ , Вт/(м<sup>°С</sup>) - коэффициент теплопроводности пограничного слоя воздуха (табл. 11) в зависимости от температуры;

$$\delta_{\text{в}} = 0,0015, \text{ м} - \text{толщина пограничного слоя} - \text{у всех};$$

$$t_{\text{пов}} = 37^\circ\text{C} - \text{температура поверхности тела человека};$$

$$F_{\text{э}} = 7, \text{ м}^2 - \text{эффективная поверхность тела человека};$$

$$t_{\text{ос}} = 18^\circ\text{C} - \text{температура воздуха, омывающего тело человека};$$

$$\lambda_o = 0,031, \text{ Вт/м}^\circ\text{C} - \text{теплопроводность ткани спецодежды};$$

$$\delta_o = 0,21, \text{ м} - \text{толщина одежды};$$

$$T_1 = 309 \text{ К} - \text{температура тела человека};$$

$$T_2 = 293 \text{ К} - \text{температура окружающих поверхностей};$$

$$C_{\text{пр}} = 4,9, \text{ Вт/м}^2 \text{ К}^4 - \text{приведенный коэффициент излучения} - \text{у всех};$$

$$\Psi = 1, \text{ коэффициент облучаемости} - \text{у всех};$$

$$F_1 = 5, \text{ м}^2 - \text{площадь поверхности, излучающей лучистый поток};$$

$G_{\text{п}} = 0,74$ , г/мин при  $t = 18^\circ\text{C}$  - масса выделяемой и испаряющейся влаги (табл. 12) – состояние покоя;

$$r = 2,45, \text{ Дж/кг} - \text{скрытая теплота испарения (табл. 13)}$$

$V_{\text{вд.в}} = 0,5$ , м<sup>3</sup>/сут - объем воздуха, вдыхаемого человеком в единицу времени (табл. 14) – состояние покоя;

$$\rho_{\text{вд.в}} = 1,29, \text{ кг/м}^3 - \text{плотность вдыхаемого воздуха (табл. 15)};$$

$$C_{\text{вд.в}} = 1,01, \text{ Дж/кг}^\circ\text{C} - \text{удельная теплоемкость вдыхаемого воздуха};$$

$$t_{\text{выд.в}} = 36,7^\circ\text{C} - \text{температура выдыхаемого воздуха};$$

$$t_{\text{вд.в}} = 18^\circ\text{C} - \text{температура вдыхаемого воздуха};$$

$$N = 7 \text{ кВт} - \text{установочная мощность электродвигателя};$$

$$\eta_1 = 0,9 - \text{коэффициент использования установочной мощности};$$

$$\eta_2 = 0,5 - \text{коэффициент нагрузки};$$

$$\eta_3 = 0,7 - \text{коэффициент одновременной работы двигателей};$$

$\eta_4 = 0,07$  - коэффициент, характеризующий долю механической энергии, превращающийся в тепло.

*Пример расчета:*

1. Определить конвективный теплообмен:

$$Q_{\text{к}} = \frac{0,0245}{0,0015} \cdot 7(37 - 18) = 2172,3, \text{ Вт}$$

2. Определить передачу тепла за счет теплопроводности:

$$Q_{\text{т}} = \frac{0,031}{0,21} \cdot 7(37 - 18) = 19,6, \text{ Вт}$$



3. Определить теплообмен излучением:

$$Q_{\text{изл}} = 4,9 \cdot 5 \cdot 1 \left[ \left( \frac{309}{100} \right)^4 - \left( \frac{293}{100} \right)^4 \right] = 428,02, \text{ Вт}$$

4. Определить количество тепла за счет испарения влаги:

$$Q_{\text{исп}} = 0,00001233 \cdot 2,45 = 0,00003, \text{ Вт}$$

5. Определить количество теплоты, расходуемой на нагревание вдыхаемого воздуха:

$$Q_{\text{вд.в}} = 0,000005787 \cdot 1,29 \cdot 1,01(36,7 - 18) = 0,00011, \text{ Вт}$$

6. Определить количество внешнего тепла, поступающего от работающих электродвигателей:

$$Q_{\text{ТО}} = Q_{\text{двиг}} = 1000 \cdot 7 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 0,07 = 154,4, \text{ Вт}$$

7. Определить тепловыделения организмом человека:

$$Q_{\text{ТП}} = 2172,3 + 19,6 + 428,02 + 0,00003 + 0,00011 = 2619,9, \text{ Вт}$$

**Вывод:**  $Q_{\text{ТП}} > Q_{\text{ТО}} = 2619,9 > 154,4$ . Это говорит о том, что человеку жарко.

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_0 \text{ } ^\circ\text{C} = t_{\text{вд.в}}$	17	20	22	25	32	40	30	50	18	20
$\lambda_{\text{в}} = \text{Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$	Выбирается в зависимости от температуры воздуха (табл. 11)									
$\delta_{\text{в}}, \text{ м}$	0,0015 для всех вариантов									
$t_{\text{пов}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	37	36,6	36,8	37	37	36	36	36	36,5	36,5
$F_3, \text{ м}^2$	7,0	7,0	6,6	6,5	5,0	5,5	7,5	7,5	6,0	6,5
$\lambda_0, \text{ Вт}/\text{м}\cdot^\circ\text{C}$	Выбирается в зависимости от температуры воздуха (табл. 11)									
$\delta_0, \text{ м}$	0,21	0,2	0,15	0,22	0,24	0,15	0,12	0,21	0,15	0,11
$C_{\text{пр}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}^4)$	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
$T_1, \text{ К}$	309	309	310	310	310	309	310	309	309	310
$T_2, \text{ К}$	293	285	288	295	293	293	292	296	295	293
$\Psi$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$F_1, \text{ м}^2$	5	5	4,5	4,5	4,0	4,8	5,5	5,5	6,0	7,0
$t_{\text{ос}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	18	20	25	20	20	25	18	20	20	25
$\rho_{\text{вд.в}}, \text{ кг}/\text{м}^3$	Выбирается в зависимости от температуры (табл. 15)									
$C_{\text{вд.в}}, \text{ Дж}/\text{кг } ^\circ\text{C}$	Выбирается по таблице 16									
$t_{\text{выд.в}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	36,7	37	36,3	36,5	37	37	36,2	36,7	36,5	37
$N, \text{ кВт}$	7	7,5	6	6,5	7	8	8,2	8,5	8	8
$\eta_1$	0,9	0,8	0,82	0,79	0,85	0,77	0,75	0,7	0,74	0,7
$\eta_2$	0,5	0,55	0,8	0,57	0,6	0,63	0,65	0,58	0,6	0,7
$\eta_3$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
$\eta_4$	0,07	0,15	0,17	0,2	0,15	0,16	0,05	0,18	0,2	0,2

### Задание 3

Рассчитать тепловой баланс организма человека с учетом параметров окружающей среды и выполняемой работы (внешнее тепло - от кузнечного горна, оборудованного вытяжным зонтом).

Исходные данные:

$\lambda_b = 0,025$ , Вт/(м<sup>°С</sup>), - коэффициент теплопроводности пограничного слоя воздуха (табл. 11);

$\delta_b = 0,0013$ , м, толщина пограничного слоя;

$t_{пов} = 36,6$ °С, температура поверхности тела человека;

$F_э = 5,8$ , м<sup>2</sup>, эффективная поверхность тела человека;

$t_{ос} = 22$ °С, температура воздуха, омывающего тело человека;

$\lambda_o = 0,04$ , Вт/м °С, теплопроводность ткани спецодежды;

$\delta_o = 0,12$ , м, толщина одежды;

$T_1 = 310$  К, температура тела человека;

$T_2 = 300$  К, температура окружающих поверхностей;

$C_{пр} = 4,9$ , Вт/м<sup>2</sup> К<sup>4</sup>, приведенный коэффициент излучения;

$\Psi = 1$ , коэффициент облучаемости;

$F_1 = 7$ , м<sup>2</sup>, площадь поверхности, излучающей лучистый поток;

$G_{п} = 1,2$ , г/мин, масса выделяемой и испаряющейся влаги (табл. 12);

$r = 2,43$ , Дж/кг, скрытая теплота испарения (табл. 13)

$V_{вд.в} = 0,7$ , м<sup>3</sup>/сут. объем воздуха, вдыхаемого человеком в единицу времени (табл. 14);

$\rho_{вд.в} = 1,3$ , кг/м<sup>3</sup>, плотность вдыхаемого воздуха (табл. 15);

$C_{вд.в} = 1,01$ , Дж/кг °С, удельная теплоемкость вдыхаемого воздуха;

$t_{выд.в} = 36,6$  °С температура выдыхаемого воздуха;

$t_{вд.в} = 20$  °С, температура вдыхаемого воздуха;

$Q_H^p = 4300$  кДж/кг - удельная теплота сгорания топлива;

$\varphi = 0,3$  - коэффициент, учитывающий долю тепла, поступающего в помещение;

$B = 20$  кг/ч – расход топлива.

*Пример расчета:*

1. Определить конвективный теплообмен:

$$Q_k = \frac{0,025}{0,0013} \cdot 5,8(36,6 - 22) = 1628,5, \text{ Вт}$$

2. Определить передачу тепла за счет теплопроводностью:

$$Q_T = \frac{0,04}{0,12} \cdot 5,8(36,6 - 22) = 28,2, \text{ Вт}$$

3. Определить теплообмен излучением:

$$Q_{изл} = 4,9 \cdot 7 \cdot 1 \left[ \left( \frac{310}{100} \right)^4 - \left( \frac{300}{100} \right)^4 \right] = 389,3, \text{ Вт}$$

4. Определить количество тепла за счет испарения влаги:

$$Q_{\text{исп}} = 0,00002 \cdot 2,43 = 0,00005, \text{ Вт}$$

5. Определить количество теплоты, расходуемой на нагревание вдыхаемого воздуха:

$$Q_{\text{вд.в}} = 0,0000081 \cdot 1,3 \cdot 1,01(36,6 - 20) = 0,00018, \text{ Вт}$$

6. Определить количество внешнего тепла, поступающего от кузнечного горна:

$$Q_{\text{ТО}} = Q_{\text{куз}} = 0,17 \cdot 20 \cdot 4300 \cdot 0,3 = 4386, \text{ Вт}$$

7. Определить тепловыделения организма человека:

$$Q_{\text{ТП}} = 1628,5 + 28,2 + 389,3 + 0,00005 + 0,00018 = 2046, \text{ Вт}$$

**Вывод:** Количество тепловыделений организма человека меньше, чем количество поступающего внешнего тепла:

$$Q_{\text{ТП}} < Q_{\text{ТО}} = 2046 < 4386$$

Это говорит о том, что происходит охлаждение организма.

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda_B = \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	Выбирается в зависимости от температуры воздуха (табл. 11)									
$\delta_B, \text{м}$	0,002 для всех вариантов									
$t_{\text{пов}}, ^\circ\text{C}$	36,7	37	36	36,5	37	36	36,6	37	36	36
$F_3, \text{м}^2$	6,0	6,2	6,5	7,0	7,5	5,5	5,5	7,2	6,0	7,0
$\lambda_0, \text{Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$	Выбирается в зависимости от температуры воздуха (табл. 11)									
$\delta_0, \text{м}$	0,3	0,3	0,12	0,13	0,2	0,2	0,14	0,22	0,25	0,15
$C_{\text{пр}}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K}^4)$	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
$T_1, \text{K}$	309	309	309	310	310	310	310	309	309	310
$T_2, \text{K}$	285	285	285	290	290	293	295	296	293	295
$\Psi$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$F_1, \text{м}^2$	5,0	5,0	5,5	5,5	4,4	4,8	4,0	6,0	6,5	7,0
$t_{\text{ос}}, ^\circ\text{C}$	20	25	30	30	40	50	18	30	40	25
$r$	Выбирается в зависимости от температуры (табл. 13)									
$V_{\text{вд.в}}, \text{м}^3/\text{с}$	Выбирается по таблице 12									
	Состояние покоя				Легкая работа			Средней тяжести		
$t_{\text{вд.в}}, ^\circ\text{C}$	20	25	30	30	40	50	18	30	40	25
$\rho_{\text{вд.в}}, \text{кг}/\text{м}^3$	Выбирается в зависимости от температуры по таблице 15									
$C_{\text{уд}} \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$	Выбирается в зависимости от температуры по таблице 16									
$t_{\text{выд.в}}, ^\circ\text{C}$	36,3	36,5	37	37	37	36,6	36,8	37	37	37
$B \text{ кг}/\text{ч}$	20	20	20	23	28	30	30	32	32	32
$Q_{\text{н}}^p \text{ кДж}/\text{кг}$	4300	4275	4211	4532	4732	4750	4750	4750	4211	4275
$\varphi$	0,2	0,22	0,25	0,27	0,29	0,3	0,3	0,25	0,22	0,25

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните физическую сущность понятий «жарко», «холодно», «нормально».
2. Почему в горячих цехах возникает необходимость обеспечения подсолённой газированной водой?
3. Каким образом атмосферное давление окружающей среды оказывает влияние на процессы жизнедеятельности организма человека?
4. Каковы цель и механизм терморегуляции организма человека и какими способами она реализуется?
5. Сравните нормативные значения температуры воздуха в помещении в холодный и тёплый периоды года при прочих равных условиях (больше, меньше, равны).
6. От каких факторов зависят численные значения нормативных параметров микроклимата?
7. Каким образом относительная влажность воздуха оказывает влияние на тепловое самочувствие человека?

## ТЕСТЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Как связаны температура в градусах Цельсия и абсолютная температура в Кельвинах?
  - А)  $C=K$
  - Б)  $K=273 - ^\circ C$
  - В)  $K=273 + ^\circ C$
  - Г)  $K=237 + ^\circ C$
  
2. Какой параметр микроклимата не нормируется?
  - А) температура воздуха
  - Б) относительная влажность
  - В) давление
  - Г) ТНС-индекс
  
3. Мощность излучения увеличивается пропорционально 4-ой степени его абсолютной температуры – это закон.....
  - А) Вина
  - Б) Больцмана
  - В) Кирхгофа
  - Г) Вебера-Фехнера
  
4. Фактическое содержание водяных паров в  $1 \text{ м}^3$  – это.....
  - А) максимальная влажность
  - Б) абсолютная влажность
  - В) допустимая влажность
  - Г) относительная
  
5. Выберите теплоотражающий экран
  - А) техническая фольга
  - Б) огнеупорный кирпич
  - В) водяная завеса
  - Г) асбестовый щит
  
6. Аэрация – это....
  - А) естественная неорганизованная вентиляция
  - Б) естественная организованная вентиляция
  - В) механическая вентиляция
  - Г) не является ни одной из перечисленных
  
7. С увеличением абсолютной температуры излучаемого тела длина волны.....
  - А) увеличивается
  - Б) уменьшается

В) не изменяется

Г) уменьшается в области коротких волн и увеличивается в области длинных

8. В процентах измеряется .....влажность

А) максимальная

Б) абсолютная

В) абсолютная и относительная

Г) относительная

9. Выберите теплоотводящий экран

А) техническая фольга

Б) огнеупорный кирпич

В) водяная завеса

Г) асбестовый щит

10. По цели вентиляция бывает:

А) приточная

Б) механическая

В) естественная

Г) организованная

11. Выберите теплопоглощающий экран

А) листовой алюминий

Б) огнеупорный кирпич

В) водяная завеса

Г) белая жель

12. По способу перемещения воздуха вентиляция бывает:

А) приточная

Б) вытяжная

В) естественная

Г) организованная

13. По месту действия вентиляция бывает:

А) общеобменная

Б) вытяжная

В) естественная

Г) организованная

14. Что обеспечивают оптимальные показатели микроклимата?

А) такое состояние организма, при котором создается ощущение теплового комфорта;



- Б) такое состояние организма, при котором обеспечивается теплопродукция организма;
- В) взаимодействие человека с окружающей средой.

15. Что обеспечивает допустимые показатели микроклимата?

- А) физиологические изменения в организме;
- Б) изменения в различных системах организма человека;
- В) высокую эффективность работника;
- Г) возможность возникновения напряжения терморегуляции человека, не выходящее за пределы физиологических изменений.

16. Что является основным фактором, способствующим терморегуляции организма?

- А) способность организма увеличивать или уменьшать приток крови к периферийным кровеносным сосудам;
- Б) способность организма обеспечивать соответствие количества тепла в организме;
- В) способность организма регулировать работу внутренних органов.

17. Что такое терморегуляция организма?

- А) способность организма реагировать на значительные температурные колебания;
- Б) совокупность физиологических процессов;
- В) способность организма поддерживать температуру внутренних органов, несмотря на значительные колебания температуры, в пределах 36,6 - 37 °С;
- Г) способность реагировать на перегрев организма.

18. Что значит химическая терморегуляция?

- А) это увеличение теплообразования;
- Б) это уменьшение теплообразования;
- В) это обеспечение увеличения теплообразования в организме в ответ на его охлаждение;
- Г) это реакция на охлаждение организма.

19. Что значит физическая терморегуляция ?

- А) это увеличение теплоотдачи организма;
- Б) это обеспечение увеличения или уменьшения теплоотдачи организма;
- В) это увеличение теплообразования и теплоотдачи организма;
- Г) это уменьшение теплообразования и теплоотдачи организма.

20. Дайте определение теплового баланса организма человека?

- А) это сохранение постоянной температуры;
- Б) это термостабильное состояние организма;

- В) обеспечение необходимого теплообразования организма;
- Г) это тепловое состояние организма.

21. Дайте определение понятию теплоощущения человека?

- А) это локальное отношение человека к своему тепловому состоянию;
- Б) это состояние венозной крови организма;
- В) это локальные и общие ощущения, отражающие индивидуальное отношение человека к своему тепловому состоянию.

22. Шкала оценки теплоощущений человека:

- А) холодно, прохладно;
- Б) комфорт, тепло, жарко;
- В) слегка прохладно, слегка тепло;
- Г) все вышесказанное.

23. Что является косвенным показателем температуры тела человека?

- А) температура подмышечной впадины;
- Б) температура прямой кишки и подмышечной впадины;
- В) температура полости рта и подмышечной впадины;
- Г) температура полости рта, подмышечной впадины и прямой кишки.

24. В каком случае температура тела человека находится в пределах  $37^{\circ}\text{C}$ ?

- А) при нормальных условиях внешней среды и при динамическом равновесии процессов теплоотдачи и теплообразования, если человек находится в состоянии покоя;
- Б) если человек находится в состоянии относительного физического покоя;
- В) при выполнении физической работы.

25. Что является показателем теплового состояния кожи человека?

- А) зависимость уровня температуры кожи человека от термических условий среды;
- Б) тепло, рассеиваемое с поверхности кожи человека;
- В) тепловое состояние организма;
- Г) средневзвешенная температура кожи человека.

26. Наиболее характерный механизм терморегуляции организма при перегревании и выполнении физической работы:

- А) повышение артериального давления;
- Б) уменьшение частоты сердечных сокращений;
- В) усиление кровотока и потоотделение;
- Г) потоотделение.

27. Что такое тепловая адаптация организма?

- А) это активация компенсаторных механизмов организма;
- Б) это уравнивание с окружающей средой;
- В) это стабильное состояние организма;
- Г) это процессы, направленные на поддержание определенного уровня и взаимосвязи физиологических систем, которые поддерживают жизнедеятельность организма.

28. С чем связаны срывы адаптации организма?

- А) связаны с высокой продолжительностью тепловых раздражителей;
- Б) связаны со снижением иммунологической реактивности организма;
- В) связаны с длительным влиянием холода;
- Г) связаны с повышением обмена веществ.

29. От чего зависит акклиматизация организма?

- А) от длительности пребывания человека в условиях высоких температур;
- Б) от длительности пребывания человека в условиях низких температур
- В) от приспособляемости к новым климатическим условиям;
- Г) от индивидуальных свойств человека и состояния его физиологических функций до адаптации.

30. Чем характеризуется оптимальный микроклимат?

- А) сочетанием таких параметров, которые обуславливают сохранение нормального состояния организма без напряжения реакций терморегуляции;
- Б) сочетанием оптимальных значений температуры и влажности
- В) сочетанием температуры, влажности и скорости движения воздуха.

31. Чем характеризуется допустимый микроклимат?

- А) дискомфортными теплоощущениями;
- Б) ухудшением самочувствия;
- В) сочетанием параметров, не выходящих за пределы напряжения реакций терморегуляции и физиологических приспособительных возможностей.

32. В зависимости, от каких критериев нормируется каждый параметр микроклимата?

- А) от способности организма к адаптации;
- Б) от способности организма к адаптации, акклиматизации и избытков явного тепла;
- В) от характера спецодежды;

Г) от периода года, акклиматизации, характера тепловыделений и интенсивности производимой работы.

33. В зависимости от таких периодов года нормируется микроклимат?

- А) от теплого периода года (среднесуточная температура + 10 °С и выше);
- Б) от теплого и холодного периодов года;
- В) от летнего периода года;
- Г) от осенне-зимнего периода года.

34. По каким категориям физических работ нормируется микроклимат?

- А) тяжелые, легкие физические работы;
- Б) легкие, средней тяжести, тяжелые физические работы;
- В) легкие, средней тяжести, тяжелые и очень тяжелые.

35. В каком случае тепловое самочувствие человека будет комфортным ?

- А) когда температура окружающей среды будет + 22 С;
- Б) когда температура и влажность воздуха будет в пределах нормы;
- В) когда тепловыделения организма будут полностью восприниматься окружающей средой;
- Г) если окружающая среда воспринимает тепла больше, чем производит ее человек.

36. Каким образом осуществляется теплообмен между человеком и окружающей средой?

- А) за счет конвекции, теплопроводности, излучения, при испарении влаги и при дыхании;
- Б) конвекцией, теплопроводностью и физической нагрузкой;
- В) за счет излучения и количества явного тепла в окружающем воздухе;
- Г) за счет внешнего тепла.

37. От чего зависит величина пограничного слоя воздуха омывающего тело человека?

- А) от величины атмосферного давления;
- Б) от скорости движения воздуха;
- В) от величины атмосферного давления и скорости движения воздуха;
- Г) от влажности, скорости движения воздуха и от температуры.

38. От чего зависит количество теплоты, отдаваемой в воздух при испарении пота?

- А) от температуры и интенсивности работы;
- Б) от относительной влажности;
- В) от температуры, интенсивности работы и влажности воздуха;

Г) от относительной влажности, температуры, интенсивности работы и скорости окружающего воздуха.

39. Что такое стресс-синдром ?

- А) это сумма вредных реакций;
- Б) сумма неспецифических реакций, которые влияют на человека;
- В) это сумма вредных и опасных факторов;
- Г) это сумма неспецифических реакций, создающих условия для активизации гомеостатических систем.

40. Безопасный диапазон барометрического давления

- А) 350 - 500 кПа;
- Б) 700 - 800 кПа;
- В) 73 - 126 кПа;
- Г) 50 - 83 кПа.

41. Что произойдет, если уровни воздействия факторов окружающей среды выйдут за пределы адаптационных возможностей человека?

- А) включаются защитные механизмы;
- Б) действие защитных механизмов исключается;
- В) появляются противодействующие адаптационные возможности;
- Г) включаются дополнительные защитные механизмы, которые противодействуют возникновению и прогрессированию патологических процессов.

42. Какой показатель положен в основу деления на категории для определения параметров микроклимата

- А) температура
- Б) относительная влажность
- В) давление
- Г) энергозатраты

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
2. Строительные нормы и правила. СНиП 2.01.01. «Строительная климатология и геофизика».
3. Методические рекомендации «Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания» № 5168-90 от 05.03.90. В сб.: Гигиенические основы профилактики неблагоприятного воздействия производственного микроклимата на организм человека В. 43, М. 1991, с. 192 - 211.
4. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
5. Строительные нормы и правила. СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
6. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров: [по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" для бакалавров всех направлений подготовки в вузах России] / С. В. Белов . - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2013. - 681 с. - ISBN 978-5-9916-2771-9.
7. Занько Н.Г. Безопасность жизнедеятельности: Учебник. 14-е изд., стер./ О.Н. Русак, К.Р. Малаян, Н.Г.Занько.-СПб.: Лань, 2012.-672 с. – Доступ из ЭБС «Лань».
8. Холостова Е.И. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для бакалавров./ Е.И. Холостова, О.Г. Прохорова. \_ М.: Дашков и К, 2013. -456с. – Доступ из ЭБС «Университетская библиотека online».
9. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. - М.: Минздрав РФ, 1996. - 25 с.

Учебное текстовое электронное издание

**Свиридова Татьяна Валерьевна  
Боброва Ольга Борисовна**

**ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА**

Практикум

1,04 Мб

1 электрон. опт. диск

г. Магнитогорск, 2018 год  
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»  
Адрес: 455000, Россия, Челябинская область, г. Магнитогорск,  
пр. Ленина 38

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова»  
Кафедра промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности  
Центр электронных образовательных ресурсов и  
дистанционных образовательных технологий  
e-mail: ceor\_dot@mail.ru