

В.О. Красовский

**"Гигиенические характеристики
и оценки производственного
микроклимата".
[2 часть]**

(Для студентов БГМУ и курсантов ИПО БГМУ)

Уфа, 2008 г.

Нагретость воздуха.

В многих цехах металлургической, машиностроительной, химической промышленности, на ряде производств строительных материалов, легкой и пищевой промышленности и др., производственный микроклимат характеризуется высокой температурой воздуха, часто в сочетании с инфракрасным излучением. Это обусловлено:

- 1) Технологическим оборудованием, вмещающим высоконагретые продукты (плавильные, обжигательные, нагревательные, сушильные печи, паровые котлы, паропроводы и т. п.);
- 2) Нагретыми до высокой температуры обрабатываемыми материалами и готовыми предметами (расплавленный металл, стекло, поковки, слитки и т. п.);

- 3) Выделением тепла при экзотермических химических реакциях;
- 4) Выбиванием горячих паров и газов через не плотности печей, аппаратов, труб, паропроводов и др.;
- 5) Переходом в теплоту электрической и механической энергии движущихся станков и механизмов (например, в текстильной промышленности);
- 6) Нагревом помещения прямыми солнечными лучами, особенно в летнее время в южных районах (инсоляция).

- Тепловыделения от указанных источников нередко настолько велики, что значительно превышают теплопотери через наружные ограждения зданий и вызывают значительную нагретость воздуха.

Общепринято, что тепловыделения, не превышающие **20 ккал на 1 м³ помещения в час**, считаются незначительными, и цеха с такими тепловыделениями относятся к категории "холодных". Цеха же с тепловыделениями, превышающими **20 ккал на 1 м³ помещения в час**, относятся к категории "горячих".

В отдельных цехах высокая нагретость воздуха сочетается с высокой влажностью (красильные цехи текстильной промышленности, бумажная промышленность и др.).

В ряде производств работа выполняется при низкой температуре в специальных рабочих помещениях (бродильные отделения пивоваренных заводов, холодильники и др.) или на открытом воздухе в зимний и переходные периоды года (строительные работы, лесозаготовки, рыбные промыслы и др.).

Близкие к этим условия могут наблюдаться в различных производствах при работах в не отапливаемых производственных помещениях в зимний период года.

Инфракрасное излучение.

По своей физической природе оно представляет невидимое электромагнитное излучение с длиной волны от 0,76 мк до 1 мм в виде потока частиц, обладающих волновыми и квантовыми свойствами.

Инфракрасное излучение является функцией теплового состояния источника излучения. Общая мощность излучения и распределение его по отдельным участкам спектра зависят от абсолютной температуры излучающего тела.

- Выделяются три области инфракрасного излучения (ИК - излучения): ИК - А (Я от 0,78 до 1,4 мк), ИК-В (Я от 1,4 до 3 мк) и ИК-С (Я от 3 Мк до 1 мм). Распространяясь от источника излучения в виде электромагнитных волн, инфракрасные лучи, поглотившись тканями человеческого тела, вызывают наряду с разнообразными изменениями в организме, их нагревание.
- Инфракрасное излучение подчиняется законам, установленным применительно к абсолютно черному телу:
 1. Лучеиспускание обуславливается только состоянием излучающего тела и не зависит от окружающей среды (закон Прево - Кирхгофа).

- 2. С повышением температуры излучающего тела мощность излучения увеличивается пропорционально 4-й степени его абсолютной температуры (закон Стефана - Больцмана): $E = K * T^4$
где E — мощность излучения;
 K — константа = $1,38 * 10^{-12}$ малых калорий в секунду.

3. Произведение абсолютной температуры излучающего тела на длину волны излучения с максимальной энергией $\lambda_{\max}$ есть величина постоянная (первый закон Вина - закон смещения): $\lambda_{\max} * T = K$, причем $K = 2960$, если $\lambda_{\max}$ выражается в микронах.

Из этих законов вытекает, что с повышением температуры излучающего тела:

- а) Возрастает энергия излучения во всех участках спектра;
- б) Максимум энергии излучения перемещается в сторону волн с меньшей длиной.

Указанные законы представляются актуальными для теории и практики гигиены труда. Например, исходя из закона смещения Вина и данных о температуре излучающего тела, можно составить представление о его спектральной характеристике. Используя в несколько измененном виде формулу, вытекающую из закона Стефана - Больцмана, можно определить величину теплообмена человека излучением в производственных условиях.

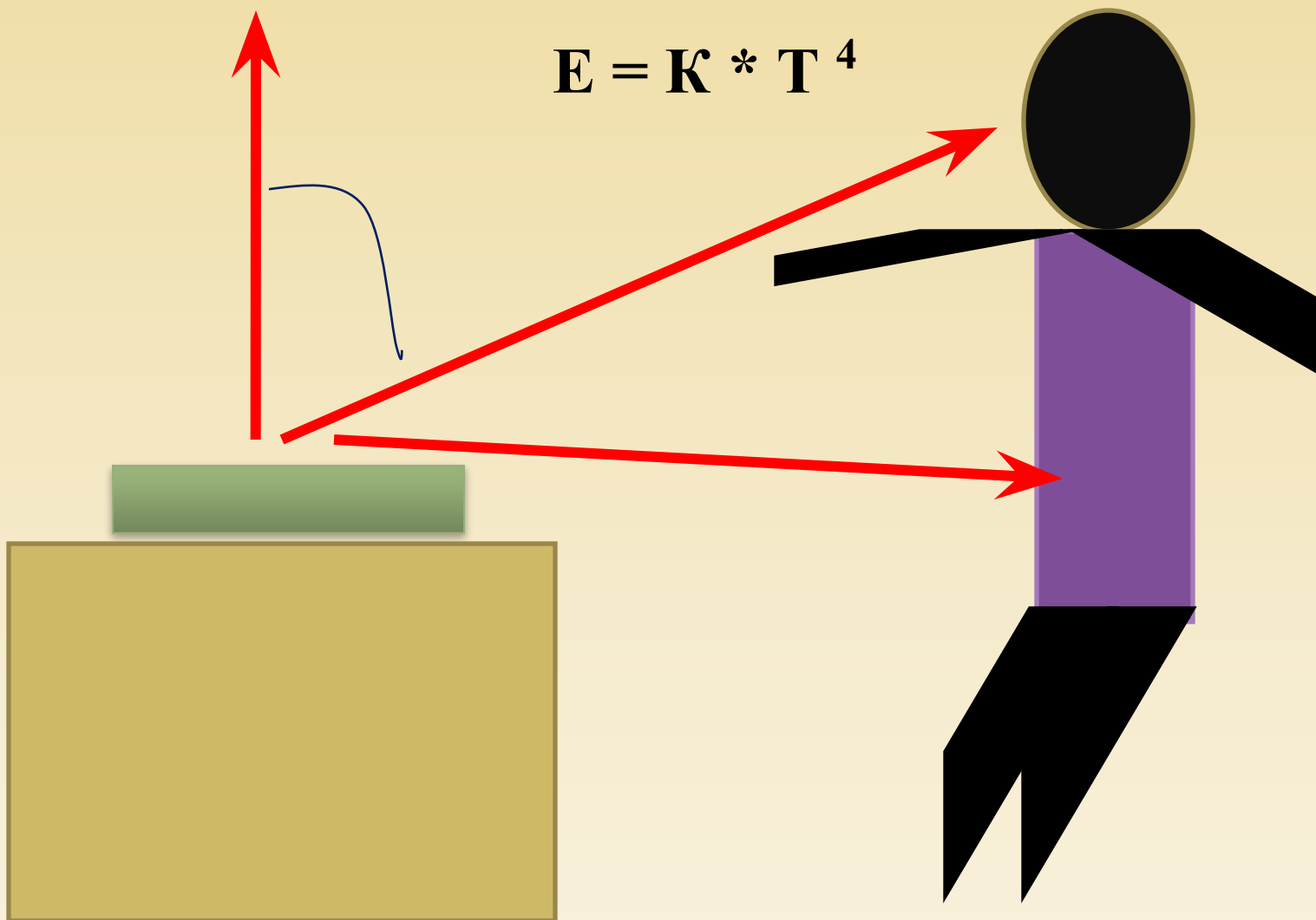
Температура нагрева поверхности большинства производственных источников излучения (печи, электрические дуги, нагретый металл и др.) **от 800 до 3500 ° С**. Максимум излучения у них приходится на длину волны **от 0,7 до 3-9 мк**. Так, например, плавильные печи излучают поток с $\lambda_{\text{max}} = 1,65 \text{ мк}$, электроплавильные печи - **1,9 мк**, жидкий чугун, шлак при температуре **1300 ° С** - **1,8 мк**, электрическая дуга электроплавильных печей - **0,95 мк**.

Наряду с такими источниками излучения в производственных помещениях часто на одном и том же рабочем месте находятся предметы с более низкой температурой нагрева (**50-100 ° С**). Например, поверхности оборудования, трубопроводы, различного рода ограждения и др., излучают поток инфракрасной радиации иного спектрального состава. Этот вид излучения отличается преимущественно длинноволновыми лучами. Спектр инфракрасного излучения тела человека - **от 2,5 до 20-25 мк** с $\lambda_{\text{max}} 9,3-9,4 \text{ мк}$.

$$K = 1,38 \cdot 10^{-12} \text{ кал/с}$$

1300 ° C

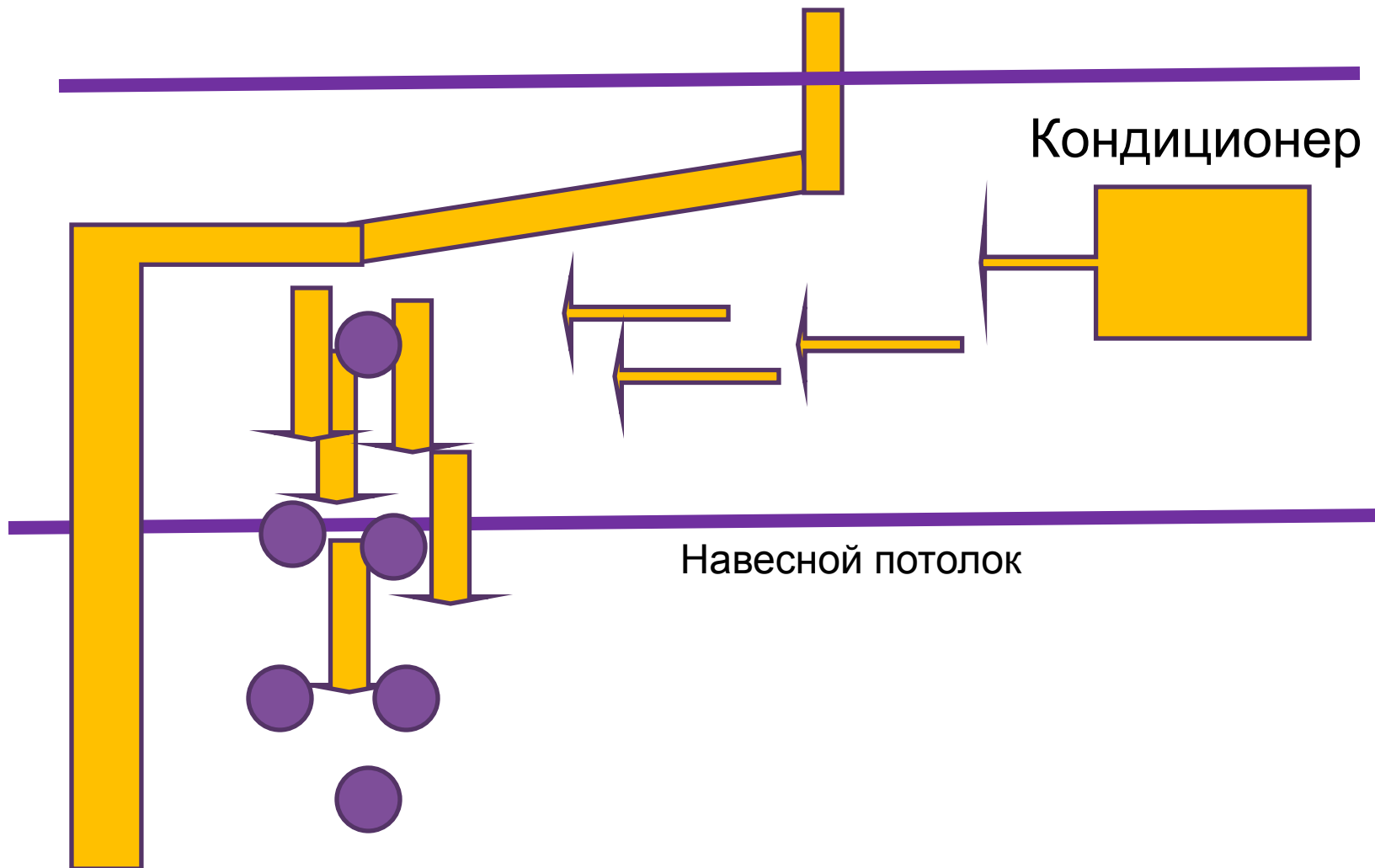
$$E = K \cdot T^4$$



Для оценки возможного воздействия инфракрасного излучения на работающих важное значение наряду со спектральной характеристикой принадлежит интенсивности излучения. Оно измеряется количеством малых калорий, падающих на 1 см^2 поверхности в минуту или больших калорий на 1 см^2 в час. Интенсивность теплового излучения на рабочих местах при отдельных производственных операциях колеблется от 0,1 до 15 - 18 кал/см²/мин и даже выше. Следует отметить, что тепловой эффект прямого солнечного излучения на поверхности земли не превышает 1,3 - 1,5 кал/см²/мин. По мере удаления рабочего места от источника излучения интенсивность потока уменьшается.

Влажность воздуха. В прямой зависимости от технологического процесса может находиться и показатель влажности воздуха помещений. На ряде производств относительная влажность очень высока (80 - 100%). Источниками влаговыделений являются заполненные растворами различные ванны, красильные и промывные аппараты, емкости с водой и водными растворами и др., особенно если эти растворы подвергаются нагреванию и создаются условия для свободного испарения (красильно-отделочные фабрики, травильные и гальванические отделения машиностроительных заводов, кожевенное, бумажное и другие производства).

В отдельных цехах высокая влажность поддерживается искусственно, при помощи специальных увлажнительных установок (в прядильных и ткацких цехах). В пылевых и химических производствах влажность воздуха часто понижена из-за гидролиза пылевых и химических загрязнений. В цехах, где имеется высокая относительная влажность, способность воздуха воспринимать дополнительную влагу, резко ограничена. Поэтому понижение температуры воздуха в таких цехах приводит к образованию тумана и конденсации паров в более крупные капли.



Движение воздуха. Движение воздуха внутри производственных помещений вызывается неравномерным нагреванием воздушных масс в пространстве. В горячих цехах из-за наличия больших нагретых поверхностей мощные конвекционные воздушные потоки, направленные кверху, являются причиной возникновения в зимний период мощных потоков холодного воздуха, врывающихся снаружи с большой скоростью через двери, ворота и другие проемы. Такое же явление наблюдается в производственных помещениях с резким преобладанием объемов воздуха, отсасываемого вытяжными вентиляционными установками, над притоком.

- Движение воздуха может быть использовано в качестве оздорови-тельного мероприятия при высокой температуре воздуха и при инфракрасном излучении – "воздушные души".
Для некоторых цехов характерна недостаточная подвижность воздуха, создающая тягостное ощущение духоты (текстильная, швейная промышленность и др.).
- В зависимости от преобладания теплового или холодного воздействия на организм работающих можно выделить наиболее важные с гигиенической точки зрения **комплексы метеорологических условий:**

- 1) **Нагревающий** (на участках в доменных, прокатных, кузнечнопрессовых, чугуно-литейных, термических цехах, в котельных, в цехах химических производств, на стекольных, сахарных и других);
- 2) **Охлаждающий** (например, при низкой температуре окружающей среды на судостроительных верфях, торфо - и лесоразработках, строительных работах, рыбных промыслах, железнодорожном, водном транспорте, в холодильных цехах);
- 3) **Переменно-охлаждающий и переменно-нагревающий** (например, некоторые участки в нефтяной, машиностроительной, металлургической промышленности);
- 4) **Умеренного термического действия** (большинство цехов типа механосборочных и др.).

Тепловой обмен человеческого организма с окружающей средой заключается во взаимосвязи между образованием тепла в результате жизнедеятельности организма и отдачей или получением им тепла из внешней среды.

Характер и интенсивность теплообмена между человеком и окружающей средой зависят от метеорологических условий среды, теплопродукции организма работающего, функционального состояния организма, передачи тепла от глуболежащих тканей к коже.

Отдача тепла организмом осуществляется путем конвекции, излучения и испарения.

Под конвекцией понимается непосредственная отдача тепла с поверхности человеческого тела менее нагретым притекающим к нему слоям воздуха.

Интенсивность теплоотдачи пропорциональна площади поверхности тела, разности температуры тела и окружающей среды и скорости движения воздуха.

- По известному закону **охлаждения Ньютона** количество тепла, передаваемого посредством конвекции в единицу времени, определяется следующим уравнением: $H = C * S * (T - T_{\text{в}})$ ккал /м²/ час. С⁰,

где H - теплоотдача в больших калориях в час; S - площадь поверхности в квадратных метрах; T - температура тела; T_в - температура воздуха (в градусах Кельвина); C - коэффициент теплоотдачи (величина, не зависящая от этих температур, но зависящая от скорости движения воздуха).

По данным ряда авторов, теплоотдача конвекцией у людей в состоянии покоя в комфортных метеорологических условиях составляет 14,2 - 33,1% общей теплоотдачи организма.

- Отдача тепла излучением происходит в направлении поверхностей с более низкой температурой. Передача тепла ИК - излучением в производственных условиях является одним из наиболее мощных путей теплообмена человека с окружающей средой и составляет в состоянии покоя в комфортных метеорологических условиях 43,8 - 59,1% общей теплоотдачи.

Количество передаваемой этим путем тепловой энергии определяется известным законом Стефана – Больцмана. Для характеристики теплообмена излучением между двумя излучающими поверхностями принято следующее уравнение: $E = C_1 * C_2 * K (T_1^4 - T_2^4)$
где E - теплоотдача в малых калориях; C_1 и C_2 - константы излучения поверхностей; K - константа = $1,38 \cdot 10^{-12}$ кал /с,
 T_1 и T_2 температура поверхностей (в градусах Кельвина), между которыми происходит теплообмен излучением.

Следовательно, чем выше температура источников тепловыделения, тем больше по сравнению с конвекцией удельное значение отдачи тепла излучением. Следует отметить, что в то время как интенсивность теплоотдачи конвекцией возрастает с повышением скорости движения воздуха, теплоотдача излучением не зависит от нее: воздух для инфракрасного излучения прозрачен. В ряде случаев в производственных условиях некоторое гигиеническое значение приобретает и передача тепла кондукцией, наблюдающаяся при соприкосновении поверхности тела работающего с охлажденным или нагретым оборудованием, материалами.

Большое место в теплообмене между работающим и окружающей средой занимает отдача тепла испарением влаги с поверхности тела человека.

Наиболее важное гигиеническое значение принадлежит "физиологическому дефициту влажности", представляющему собой разность между максимальной влажностью при температуры кожи (но не при температуре воздуха) и абсолютной влажностью воздуха. Эта величина характеризует возможность насыщения воздуха в данных условиях водяными парами при испарении влаги с поверхности кожи и верхних дыхательных путей. Чем больше физиологический дефицит влажности, тем больше испарение, тем выше теплоотдача этим путем. На испарение 1 г влаги требуется около 0,6 ккал. На долю испарения в состоянии покоя в комфортных метеорологических условиях приходится 21,7 - 29,1 у. ед. всей теплоотдачи человека.

При высокой температуре воздуха и окружающих поверхностей теплоотдача испарением значительно возрастает, при низких температурах удельный вес ее ниже.

Наконец, на характер и величину теплообмена путем теплоотдачи с поверхности человеческого тела влияет также подвижность воздуха. Подвижный воздух благоприятствует отдаче тепла конвекцией вновь притекающим слоям воздуха более низкой температуры, ускоряется испарение влаги с поверхности тела.

Сложный процесс теплообмена в различной степени зависит от физических условий окружающей среды - от степени и сочетания нагретости, влажности и подвижности воздуха и нагретости окружающих поверхностей и, как будет показано в дальнейшем изложении, от состояния физиологических функций организма.

В качестве примера анализа теплообмена при одном из таких сочетаний можно привести следующее.

Допустим, что работа средней тяжести (потребление **0,5-1 л О₂**) производится в условиях высокой температуры воздуха (**33- 35 ° С**), инфракрасного излучения (**1,5 кал/см²/мин**), высокой относительной влажности (**70%**) и незначительной скорости движения воздуха (**0,2 - 0,3 м/сек**).

Невозможность отдать тепло излучением (температура производственного источника излучения значительно выше температуры поверхности тела человека), конвекцией и проведением (температура воздуха близка к температуре кожи и внутри организма) способствует накоплению тепла в организме.

Подвижный воздух высокой температуры и небольшой скорости в указанных условиях способствует лишь некоторому ускорению испарения пота. Организм бы легче справился бы с тем же тепловым воздействием (нагретый воздух, нагретые окружающие поверхности) при меньшей влажности воздуха, хотя потоотделение связано со значительным напряжением ряда функций организма.

Наличие источников тепла и высокой влажности в окружающей среде при выполнении физически тяжелой работы даже при значительной подвижности воздуха затрудняет теплоотдачу организмом, предъявляет высокие требования к терморегуляции, а при нарушении ее приводит к возникновению патологических изменений в организме.

Незначительная часть тепла отдается лишь испарением пота с поверхности тела, поскольку содержание водяных паров в воздухе достигает всего 70% максимального. При 33—35 ° С это 26,11 г/м³, максимальная же влажность при этой температуре 37,37 г/м³.

Следовательно, в воздух на рабочем месте может испариться всего 11,26 г/м³ и тем самым отнять 6,75 ккал .

В производственных условиях, когда температура воздуха и окружающих поверхностей ниже температуры поверхности кожи, **теплоотдача** осуществляется преимущественно конвекцией и излучением.

Если же температура воздуха и окружающих поверхностей такая же, как температура кожи, или выше ее, теплоотдача возможна лишь испарением влаги с поверхности тела и с верхних дыхательных путей, если воздух еще не насыщен водяными парами.

Гигиеническое значение отдельных видов отдачи (поглощения) тепла не исчерпывается количеством тепла, отдаваемого (воспринимаемого) организмом человека.

Участие различных физиологических механизмов в процессе теплообмена приводит к тому, что при количественно одинаковой потере (или поступлении в организм) тепла, осуществляемой различными путями, реакции организма, лежащие в основе сложного **координаторного процесса терморегуляции, различны и не всегда биологически равноценны для организма.**

Таблица контрольного теста

ФИО _____ Группа _____

№№ вопроса	Ответы			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Контрольные вопросы.

1. Где граница между нагревающим и охлаждающим микроклиматом?

1.1. 20 ккал/см²/час

1.2. 10 ккал/см²/час

1.3. 5 ккал/см²/час

2. Излучение тепла на производстве подчиняется трём законам. Просьба указать те, которые Вы знаете и может сформулировать их суть:

2.1. Закон Прево – Кирхгофа

2.2. Закон Стефана – Больцмана

2.3. Закон Бойля-Мариотта

2.4. Законы Вина

3. Инфракрасное излучение – это:

3.1. Невидимое рентгеновское излучение с длиной волны от **0,76 мк до 1 мм** в виде потока частиц, обладающих волновыми и квантовыми свойствами

3.2. Невидимое электромагнитное излучение с длиной волны от **0,76 мк до 1 мм** в виде потока частиц, обладающих волновыми и квантовыми свойствами

3.3. Невидимые альфа – и бета-электромагнитные излучения с длиной волны от **0,76 мк до 1 мм** в виде потока частиц, обладающих волновыми и квантовыми свойствами.

4. Конвекция – это:

4.1. Непосредственная отдача тепла с поверхности человеческого тела менее нагретым притекающим к нему слоям воздуха

4.2. Экстрасенсорная аура, позволяющая проводить диагностику и лечение всех болезней

5. Чем измерить температуру воздуха?

- 5.1. Термометром (психрометров Ассмана, Августа)
- 5.2. Электротермометром
- 5.3. Кататермометром
- 5.4. Балометром, актинометром

6. Чем измерить относительную влажность воздуха?

- 6.1. Термометром (психрометров Ассмана, Августа)
- 6.2. Психрометром (Августа, Ассмана),
- 6.3. Волосяным гигрометром, электрогигрометром
- 6.4. Анемометром

Правильные ответы

<i>№№ вопроса</i>	<i>Ответы</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>1</i>	+	x	x	x
<i>2</i>	+	+	x	+
<i>3</i>	x	+	x	x
<i>4</i>	+	x	x	x
<i>5</i>	+	+	x	x
<i>6</i>	x	+	+	x

БЛАГОДАРЮ
ЗА
ВНИМАНИЕ!!!