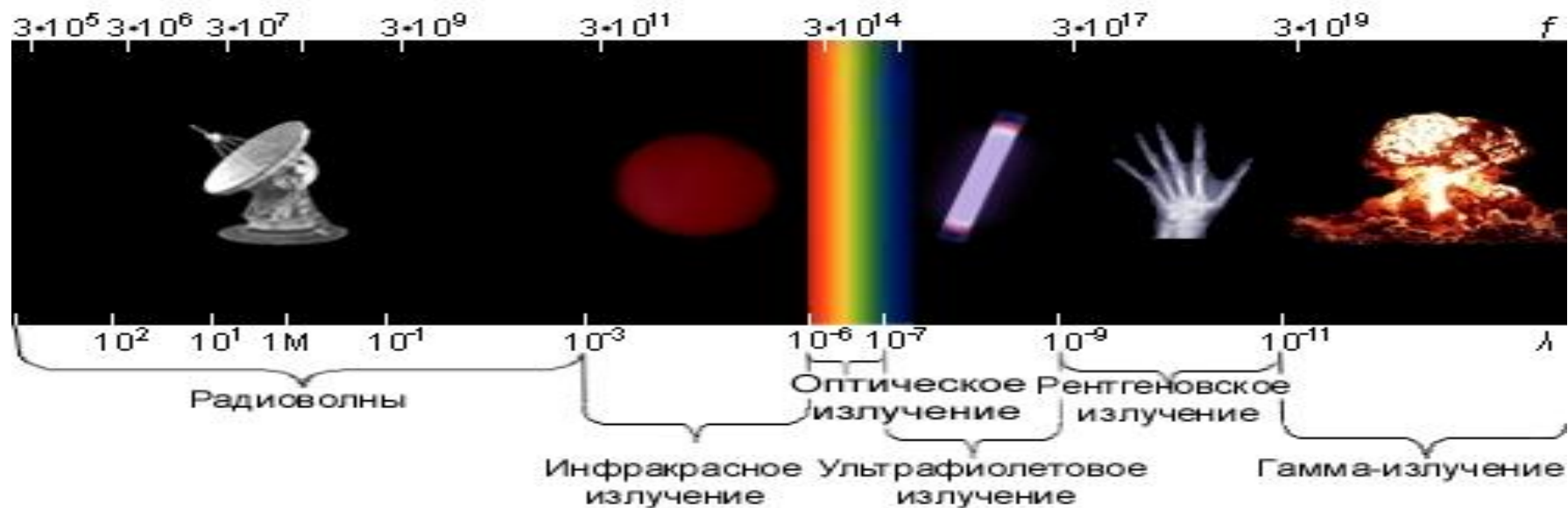


Тема 6. Защита от электромагнитных полей (ЭМП)

Шкала электромагнитных волн



Источники ЭМП

Источники ЭМИ

$f=3-300$ Гц

(промышленные частоты)

высоковольтные ЛЭП,
системы электропроводки,
трансформаторные подстанции,
распределительные устройства,
устройства защиты и автоматики,
железнодорожный и городской
транспорт (метро, троллейбусный,
трамвайный, офисная техника) и
др.

$f=60$ кГц– 300 ГГц

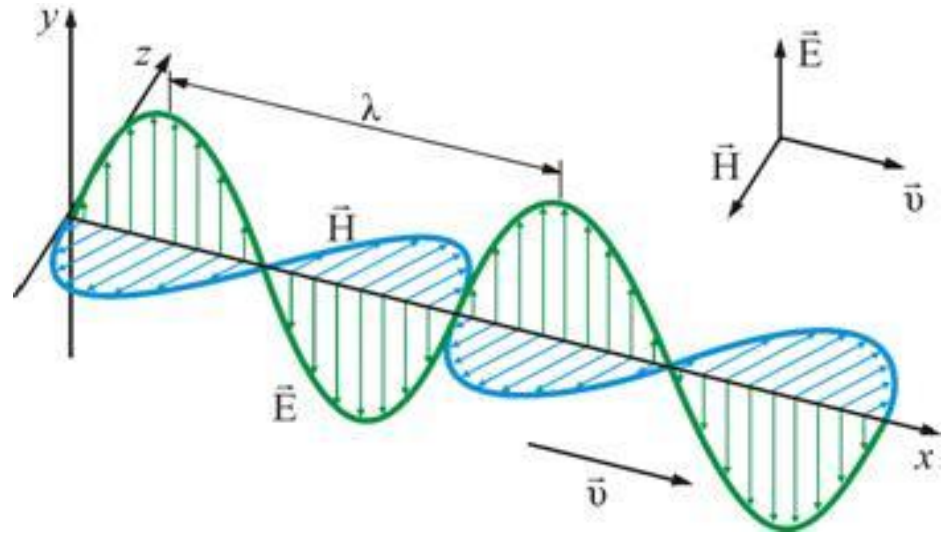
(радиочастоты)

высокочастотные
элементы установок (индукторы,
трансформаторы, конденсаторы),
электронно-лучевые трубки,
радиолокационные станции,
ПЭВМ, мобильные телефоны,
медицинские установки и др.

Электромагнитное поле

$$E = \rho_B \cdot H$$

ρ_B – волновое сопротивление проводящей среды, Ом (для вакуума и воздуха = 377 Ом)



E – напряженность ЭП, В/м
 H – напряженность МП, А/м

Плотность потока энергии (ППЭ) – средняя энергия, переносимая электромагнитными волнами за 1с через площадку в 1 м^2 , перпендикулярную движению волны, Вт/м².

$$q = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{E^2}{377} = E \cdot H$$

P – мощность генератора, Вт
 r – расстояние до генератора, м

Зоны формирования электромагнитной волны

I. Ближняя (зона индукции)

$$R \leq \frac{\lambda}{2\pi} \approx \lambda/6$$

E и H

II. Промежуточная (зона интерференции)

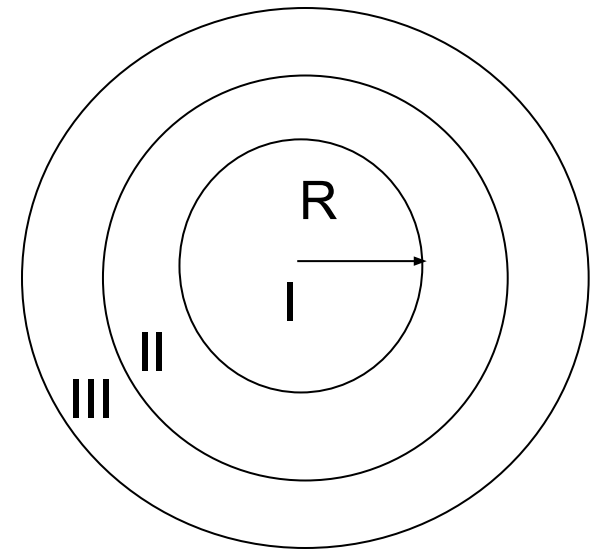
$$\frac{\lambda}{2\pi} < R < 2\pi\lambda$$

E , H и q

III. дальняя (волновая или зона излучения)

$$R \geq 6\lambda$$

q



Воздействие ЭМП на организм человека

Тепловое
воздействие



Воздействие
ЭМП



Биологическое
воздействие

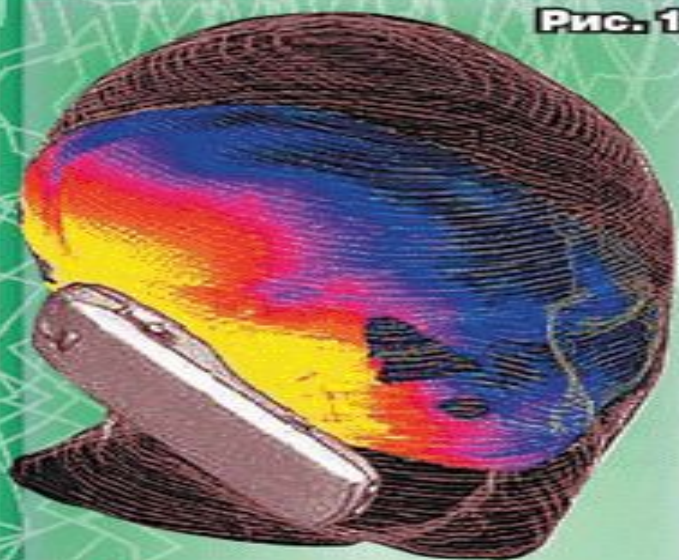
Основные факторы, влияющие на степень воздействия ЭМП:

1. диапазон частот Δf , Гц (или λ , м).
2. интенсивность воздействия E, H, q ;
3. продолжительность воздействия t , ч;
4. характер и режим облучения;
5. размер облучаемой поверхности;
6. наличие сопутствующих факторов (повышенная температура окружающего воздуха, наличие рентгеновского излучения и др.);
7. особенности организма

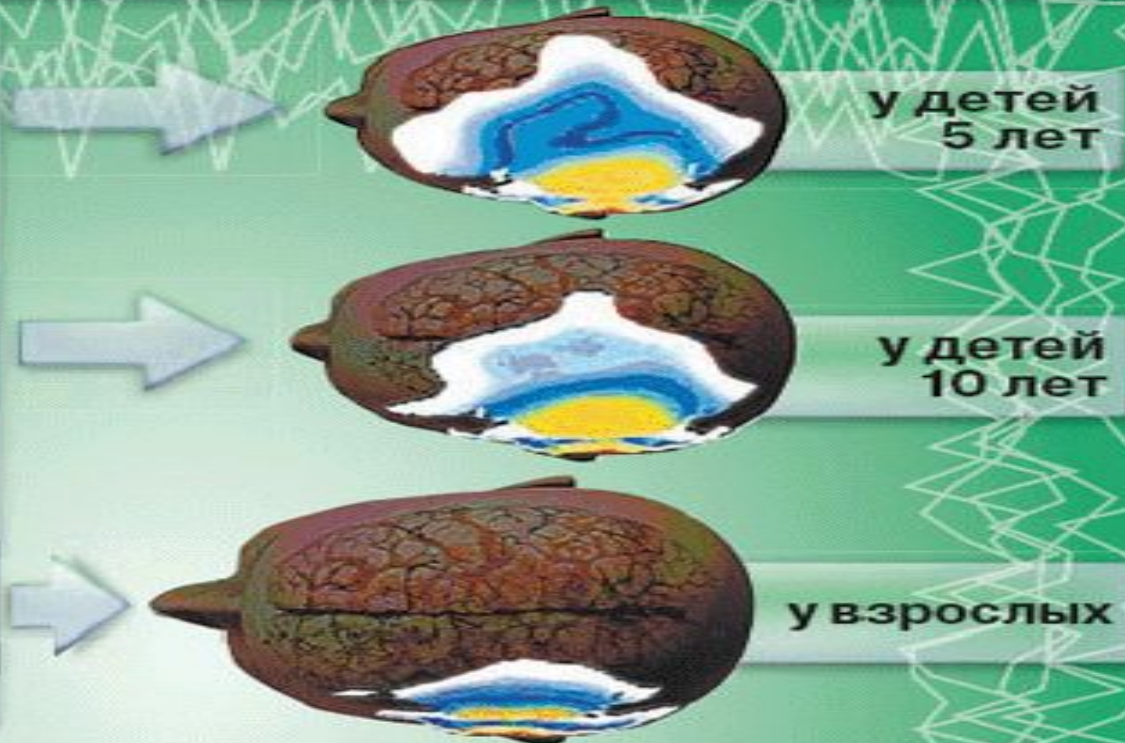


Поглощение энергии головным мозгом

Рис. 1



Мозг ребёнка поглощает значительно больше излучения, чем мозг взрослого человека.



Изменения в нервных клетках головного мозга



Рис. 2



после облучения

Последствия облучения мобильными телефонами у детей*

БЛИЖАЙШИЕ РАССТРОЙСТВА: ослабление памяти, снижение внимания, умственных и познавательных способностей, раздражительность, нарушение сна, склонность к стрессам, эпилептическим реакциям.

ВОЗМОЖНЫЕ ОТДАЛЁННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ: опухоли мозга (25-30 лет), болезнь Альцгеймера, «приобретённое слабоумие», депрессивный синдром и другие проявления дегенерации нервных структур головного мозга (в возрасте 50-60 лет).

*Прогноз Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений

Меры защиты от ЭМИ

Нормирование параметров ЭМП

Основные нормативные документы:

ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.

СанПиН 2.2.4.1191-03 ЭМП в производственных условиях.

ГОСТ 12.1.006-84* ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

Нормирование ЭМП

1. *промышленная частота $f = 3-300$ Гц*

(ГОСТ 12.1.002-84 и СанПиН 2.2.4.1191-03)

время фактического пребывания: $\tau = \phi(E)$

Пребывание в ЭП при напряженности:

≤ 5 кВ/м допускается **в течение всего рабочего дня.**

5 кВ/м $< E \leq 20$ кВ/м допустимое время пребывания (час):

$$\tau = \frac{50}{E} - 2$$

20 кВ/м $< E \leq 25$ кВ/м – $\tau = 10$ мин

При напряженности **> 25 кВ/м** без применения средств защиты пребывание не допускается

Нормирование ЭМП

2. диапазон радиочастот $f = 60$ кГц–300 МГц (ВЧ и УВЧ)

(ГОСТ 12.1.006-84* и СанПиН 2.2.4.1191-03)

напряженность электрического и магнитного поля:

$$E_{\text{дон}} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_E}{\tau}} \quad H_{\text{дон}} = \sqrt{\frac{\text{ЭН}_H}{\tau}}$$

ЭН_E , ЭН_H , – предельно допустимые значения энергетической нагрузки по электрической и магнитной составляющей поля, [(В/м)²·ч] и [(А/м)²·ч] задаются таблично в зависимости от частоты.

3. диапазон радиочастот $f = 300$ МГц–300 ГГц (СВЧ)

допустимая плотность потока энергии

$$q_{\text{дон}} = \frac{\text{ЭН}_q}{\tau}$$

ЭН_q – предельно допустимое значение энергетической нагрузки по ППЭ [(Вт/м)²·ч] $\text{ЭН}_q=2$ (Вт/м)²·ч

Независимо от времени воздействия за рабочую смену величина q не должна превышать 10 Вт/м²

Организационные меры защиты

- обучение и стажировка для работы с источниками ЭМП;
- не допуск к работе с источниками ЭМП лиц моложе 18 лет и беременных женщин;
- медосмотры (предварительные при поступлении на работу и периодические)
- регламентированное техническое обслуживание установок (периодические осмотры, график ремонта оборудования);
- регламентированный режим труда (ограничение времени нахождения в зоне воздействия - защита временем);
- доп. отпуска, сокращенный рабочий день

Технические меры защиты

- ❑ дистанционное управление (защита расстоянием);
- ❑ ограждения, обозначения спец. знаками и надписями;
- ❑ блокировка, предупредительная сигнализация;
- ❑ экранирование рабочего места и источника излучения

Выбор того или иного способа защиты зависит от:

- диапазона частот;
- интенсивности воздействия;
- режима работы



Технические меры защиты



Основная характеристика экрана – эффективность экранирования, т.е. степень ослабления ЭМП, оценивается:

по эффективности:

$$\mathcal{E} = q_0 / q_{\text{экр}}$$

q_0 - при отсутствии экрана

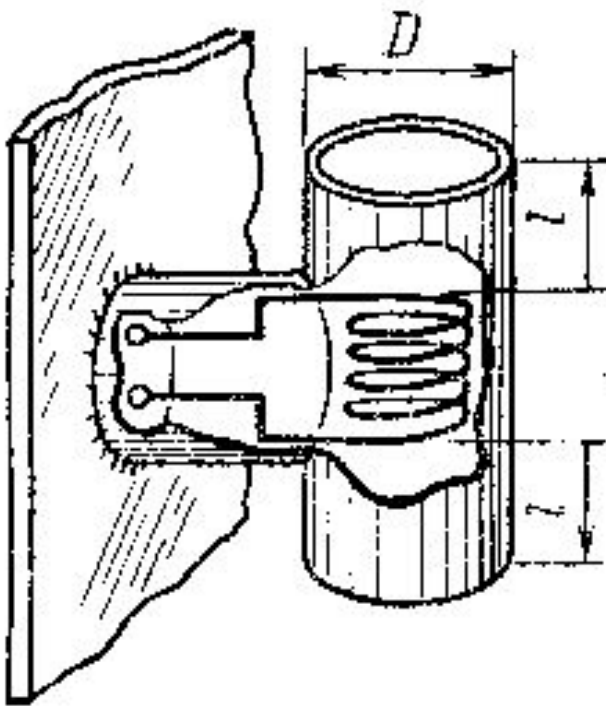
$q_{\text{ЭКР}}$ - при наличии экрана

по уровню экранирования:

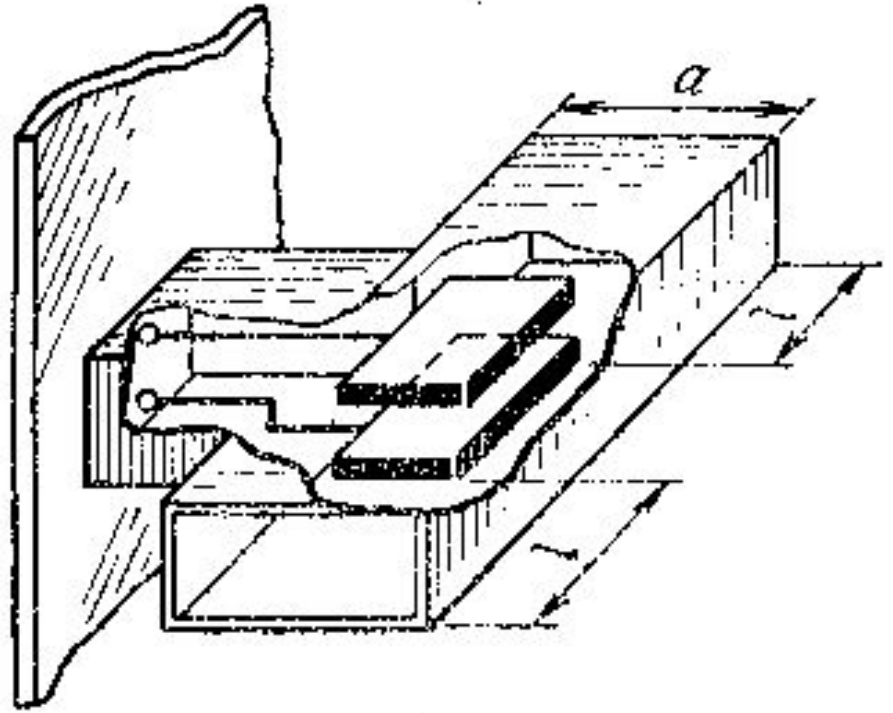
$$L = 10 \cdot \lg(q_0 / q_{\text{экр}}), \text{ дБ}$$



Экранирование источников ЭМИ



а)



б)

а - индуктора; б - конденсатора

Средства индивидуальной защиты

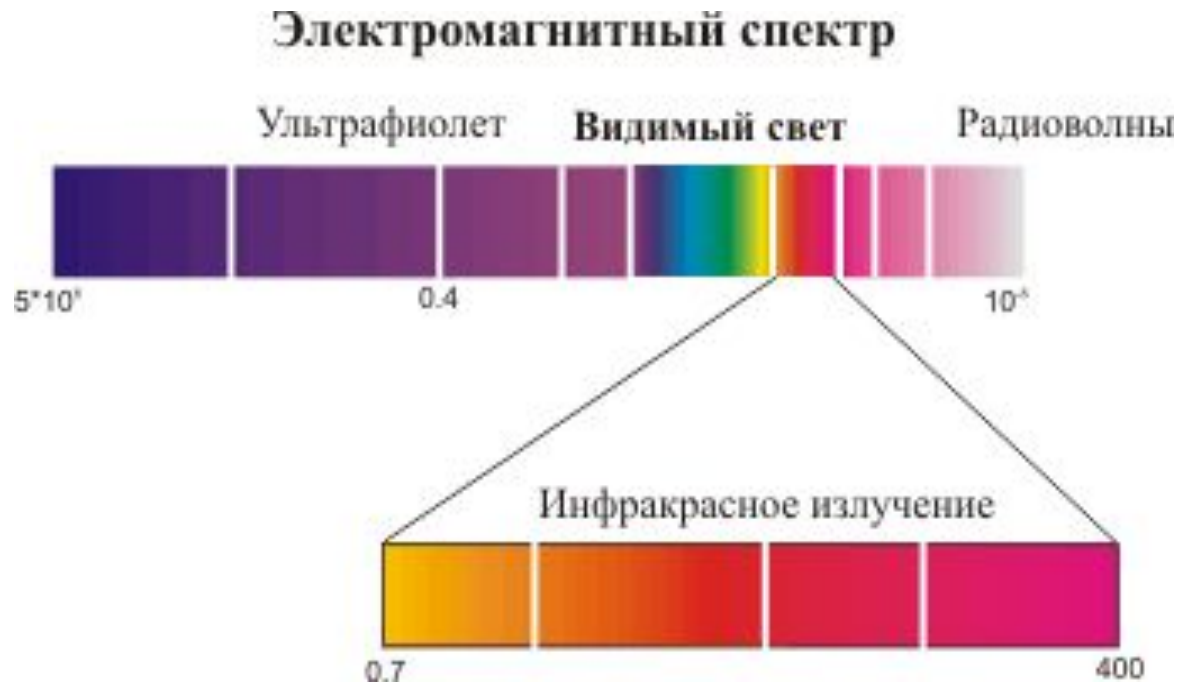
- комбинезоны и халаты из металлизированной ткани
- защитные очки (вмонтированные в капюшон или отдельно используемые; стекла очков покрыты бесцветной прозрачной пленкой SnO_2)



- для защиты от полей промышленной частоты применяют спецобувь и средства защиты головы, рук и лица

Тема 7. Защита от теплового излучения

Тепловое излучение - излучение в *видимом* ($\lambda = 0,4 - 0,75 \text{ мкм}$) и *ближнем инфракрасном* ($\lambda = 0,75 - 2,5 \text{ мкм}$) спектральном диапазоне



Источники тепловых излучений

Источники излучения	Температура излучения t , °С	Длина волны ИК λ , мкм	Спектральная характеристика
Наружные поверхности печей, остывающие изделия	< 500	9,3–3,7	ИК
Внутренние поверхности печей, пламя, нагретые заготовки	500–1200	3,7–1,9	ИК, видимое
Расплавленный металл, разогретые электроды	1200–1800	1,9–1,2	ИК, видимое
Пламя дуговых печей, сварочные аппараты	> 1800	1,2–0,8	ИК, видимое, УФ

Интенсивность теплового облучения q , Вт/м² - это мощность лучистого потока, приходящаяся на единицу облучаемой поверхности

Законы теплового излучения

1. Закон Кирхгоффа

$$\frac{q}{A} = q_0 = \varphi(T, \lambda)$$

q_0 - плотности потока излучения АЧТ, Вт/м²

2. Закон Стефана-Больцмана

$$q_0 \approx \sigma T^4,$$

где $\sigma = 5,67 * 10^{-8}$ Вт/(К⁴·м²) – постоянная Стефана-Больцмана.

Следствие: $q = \sigma_0 * (T / 100)^4$

где $\sigma_0 = 5,67$ Вт/м² – приведенный коэффициент

Законы теплового излучения

3. **Закон Вина** устанавливает распределение энергии в спектре АЧТ в зависимости от температуры:

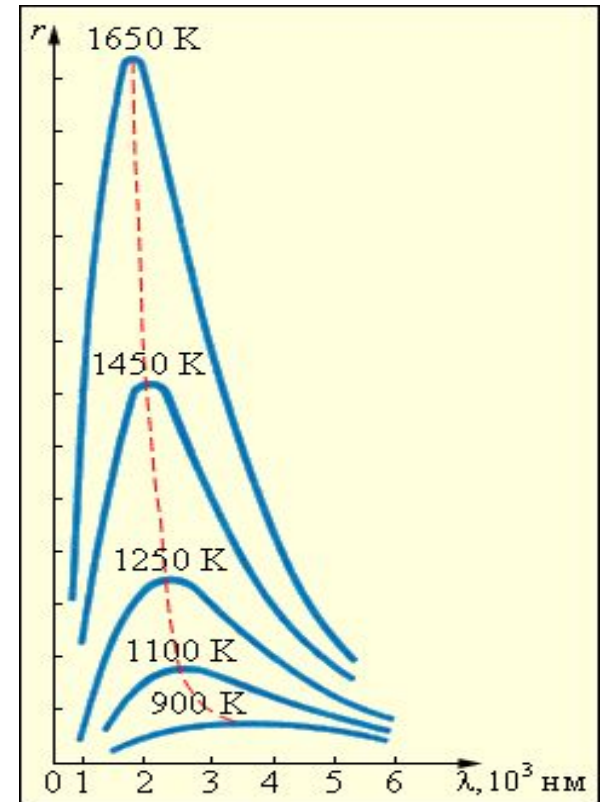
$$\lambda_{max} T = b,$$

λ_{max} – длина волны, соответствующая максимум излучению, мкм
 $b = 2,9 \cdot 10^{-3}$ (м·К)

4. **Закон Планка**

$$r^* = \phi(T, \lambda)$$

r^* - спектральная плотность потока АЧТ (нагретого до температуры T)



Спектральное распределение $r^*(\lambda, T)$ излучения АЧТ при различных температурах

Воздействие на организм тепловых излучений

Лучи **длинноволнового диапазона** ($>1,5$ мкм) поглощаются поверхностными слоями кожи на глубине 0,1 – 0,2 мм.

Физиологическое воздействие - повышение температуры кожи и перегрев организма, возможны ожог кожи и глаз. Наиболее частое и тяжелое поражение глаз – катаракта глаза

Лучи **коротковолнового диапазона** (0,76 – 1,5 мкм) способны проникать в человеческий организм на несколько см. Физиологическое воздействие - повышение температуры органов (легких, почек, мышц и др.), появление в крови, лимфе, спинномозговой жидкости специфических биологически активных веществ, нарушение обменных процессов, изменение состояния ЦНС

Воздействие на организм тепловых излучений

Тепловое облучение интенсивностью:

до 0,35 кВт/м² – не вызывает неприятного ощущения

при 1,05 кВт/м² – через 3...5 мин. на поверхности кожи появляется неприятное жжение

при 3,5 кВт/м² – через несколько сек. возможны ожоги

Интенсивность теплового облучения на отдельных рабочих местах:

в момент заливки стали в форму – 12 000 Вт/м²

при выбивке отливок из опок – 350 – 2000 Вт/м²

при выпуске стали из печи в ковш – 7000 Вт/м²

Основные факторы, влияющие на степень воздействия ИКИ:

1. длина волны излучения λ , мкм;
2. интенсивность теплового облучения q , Вт/м²
3. продолжительность облучения t , ч;
4. доза теплового облучения $q \cdot t$;
5. площадь облучаемой поверхности S , м²;
6. вид одежды

Меры защиты от теплового излучения

Нормирование

ГОСТ 12.1.005-88 «Гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

СНиП 41-03-2003 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов»

1. температура воздуха на рабочих местах

Категория работы	Температура воздуха
Ia	25
Iб	24
IIa	22
IIб	21
III	20

2. температура нагретых поверхностей технологического оборудования

Температура нагретых поверхностей и защитных стенок ограждения на рабочих местах не должна превышать **45°C**, а температура на поверхности оборудования, внутри которого температура <100°C не должна превышать **35°C**

Меры защиты от теплового излучения

3. интенсивность теплового облучения работающих

от источников излучения, **нагретых до темного свечения** не должны превышать

S	$\geq 0,5$	0,25-0,5	менее 0,25
$q_{\text{доп}}, \text{Вт/м}^2$	35	70	100

от источников излучения, **нагретых до белого и красного свечения** не должны превышать **140 Вт/м²**. При этом **S не более 25%** + обязательно СИЗ

4. ТНС-индекс

Категория работ по уровню энергозатрат	Величины интегрального показателя, °С
Iа	22,2 - 26,4
Iб	21,5 - 25,8
IIа	20,5 - 25,1
IIб	19,5 - 23,9
III	18,0 - 21,8

Меры защиты от теплового излучения

Организационные меры защиты

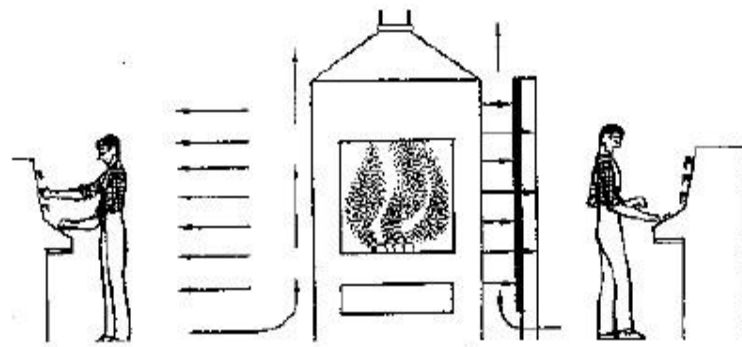
- категорирование помещений;
- продолжительность рабочего дня в горячих цехах не должна превышать 6 ч, иначе доплата;
- дополнительные перерывы в работе;
- организация мест отдыха с благоприятными условиями труда;
- ограничение стажа;
- дополнительный отпуск;
- регулярные медосмотры;
- для работ в нагревающем микроклимате рекомендуется принимать лиц не моложе 25 лет и не старше 40 лет



Меры защиты от теплового излучения

Технические меры защиты

- механизация, автоматизация, дистанционное управление и наблюдение;
- замена старых и внедрение новых технологических процессов;
- герметизация и охлаждение печей;
- тепловая изоляция (мастичная, оберточная, засыпная и др.)
- экранирование печей и рабочих мест;



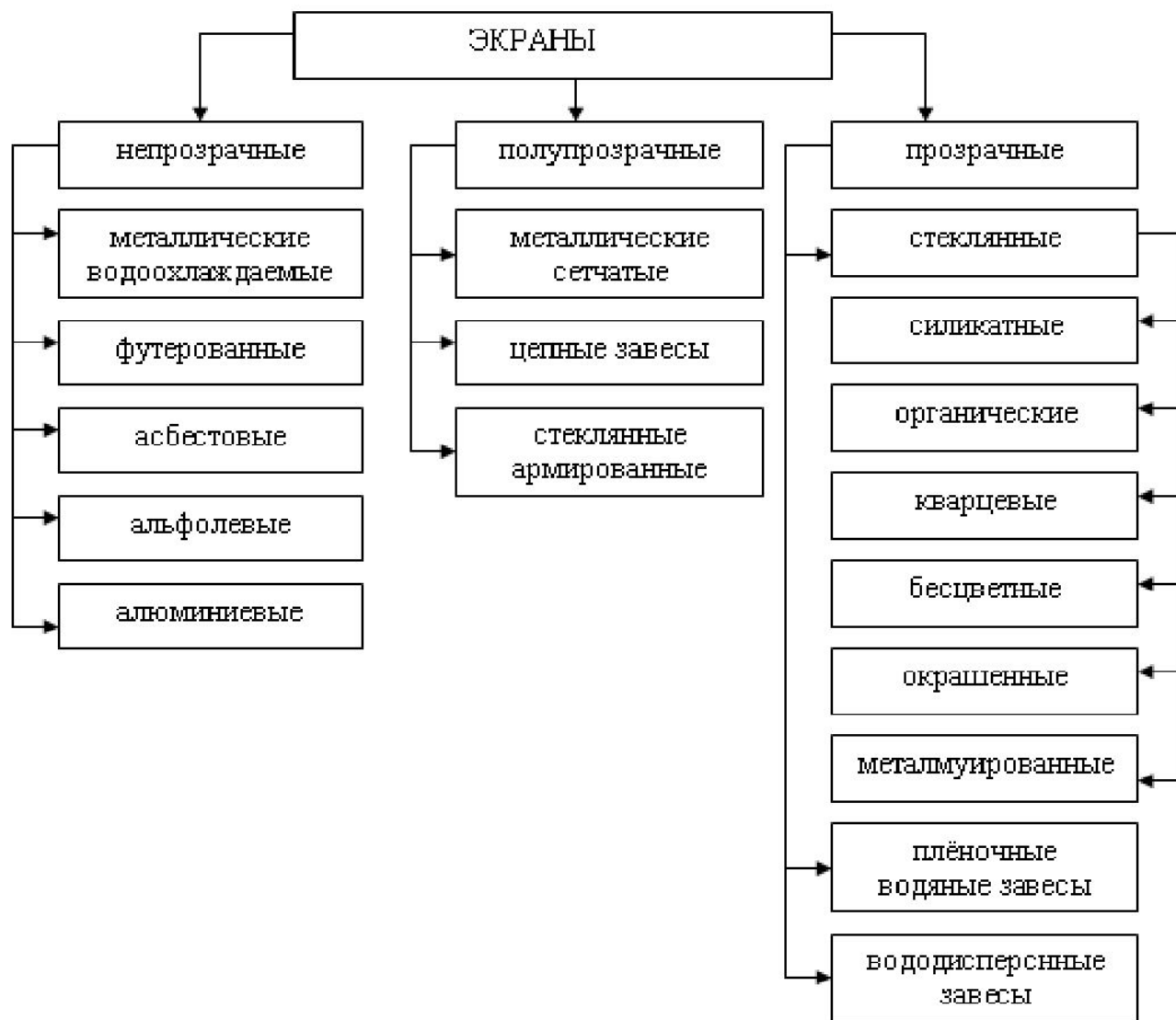
Меры защиты от теплового излучения

Типы экранов по физическому принципу действия:



Меры защиты от теплового излучения

Типы экранов по прозрачности:



Эффективность любого теплозащитного устройства оценивается:

$$\Theta = \frac{q_{над} - q_{прон}}{q_{над}} \cdot 100\%$$

Меры защиты от теплового излучения

Средства индивидуальной защиты

Одежда - из
трудновоспламеняемых и
воздухопроницаемых
материалов



Классическая
спецодежда для
сварщиков из брезента



Комплект
защитный
аварийный КЗА-1



Костюм
термостойкий
100 х/б

Меры защиты от теплового излучения

Средства индивидуальной защиты

Обувь: кожаная с утолщенной подошвой, стойкая к высоким t и облучению



Для головы – каска (дюралевая, фибровая), иногда широкополая войлочная или фетровая шляпа (или из грубошерстного сукна)



Для глаз – специальный щиток или очки (затемненные в зависимости от температуры источника излучения – от желтых до синих)

Для компенсации потери солей – охлажденная подсоленная (0,3% NaCl) или минеральная газированная вода с добавлением солей калия и витаминов. Еще лучше – белково-витаминный напиток и зеленый чай с добавлением витаминов



Рукавицы стойкие к высоким t и облучению

Тема 8. Ультрафиолетовое излучение

- электромагнитные неионизирующие излучения оптического диапазона с λ от 200 до 400 нм и f от 10^{13} до 10^{16} Гц

Основные виды излучения

В зависимости от биологической активности на области:

1. ближняя - 200-400 нм

УФ-А – 400-315 нм (синонимы: длинноволновое, ближнее УФИ);

УФ-В – 315-280 нм (средневолновое, эритемная радиация);

УФ-С – 280-200 нм (коротковолновое, далекое УФИ, бактерицидная радиация)

2. далекая (вакуумная) – 200 нм - 100 Å

Источники излучений

естественного УФИ:

- Солнце в широком диапазоне волн
- Звезды и др.

искусственного УФИ:

- сварка кислородно-ацетиленовыми, кислородно-водородными, плазменными горелками, электродуговая сварка;
- газоразрядные источники – ртутно-кварцевые лампы, люминесцентные эритемные и бактерицидные;
- флуоресцентные лампы;
- некоторые металлургические печи и домны по выплавке высокотемпературных металлов и сплавов с применением кислородного дутья, мощных электронных и плазменных потоков;
- лазеры;
- плазменные установки и др.

Воздействие УФИ на организм человека

Опасность представляет как недостаток, так и избыток УФИ

При недостатках УФИ:

- авитаминоз;
- наблюдается изменения состояния нервной системы;
- снижается иммунитет;
- возникает недостаток витамина Д

Оптимальные дозы УФИ активизируют работу сердца, обмен веществ, повышают активность ферментов дыхания, улучшают кроветворение

Воздействие УФИ на организм человека

УФ-А – слабое биологическое действие, вызывающее преимущественно флуоресценцию;

УФ-В – сильное биологическое действие – вызывает основные изменения в коже, крови, нервной системе, кровообращении и др. органах;

УФ-С – отличается большим разрушительным действием на клетку, т.к. обладает бактерицидным действием, вызывает коагуляцию белков.

Волны *менее 200 нм* не оказывают существенных биологических воздействий

Критическими органами для восприятия УФИ являются *кожа* и *глаза*

Воздействие УФИ на организм человека

количественно оценивается:

- **эритемным действием**
(**1 эр** – эритемный поток, соответствующий потоку УФИ с $\lambda=0,297$ мкм и мощностью 1Вт)
- **бактерицидным действием**
(**1 бакт** – бактерицидный поток, соответствующий потоку УФИ с $\lambda=0,254-0,257$ мкм и мощностью 1 Вт)



Эритемная / Бактерицидная / доза – отношение эритемной /бактерицидной/ энергии излучения, падающего на элемент поверхности, к площади этого элемента (**Нэр, мкэр·мин/см² / Нбак, мкб·мин/см²**)

Воздействие УФИ на организм человека

Факторы, определяющие степень поражения УФИ

- спектральный состав;
- интенсивность излучения;
- время воздействия;
- доза УФИ;
- индивидуальная чувствительность организма;
- сопутствующие факторы;
- критические органы – глаза и кожа

Меры защиты от УФ излучения

Нормирование параметров

СН 4557-88 Санитарные нормы УФИ в производственных помещениях

Нормируемая величина – **допустимая плотность потока излучения** (облученность, Вт/м²)

Допустимая интенсивность УФ-облучения работающих при незащищенных участках поверхности кожи **не более 0,2 м²** общей продолжительностью воздействия излучения **50%** рабочей смены и длительности однократного облучения свыше **5 мин и более** не должно превышать:

для области УФ-А – 10 Вт/м²;

для области УФ-В – 0,01 Вт/м²;

в области УФ-С при указанной продолжительности **излучение не допускается**

При использовании СИЗ допустимая интенсивность облучения в области УФ-В + УФ-С **не должна превышать 1 Вт/м²**.

Меры защиты от УФ излучения

Средства защиты

- защита «расстоянием» – дистанционное управление;
- рациональное размещение рабочих мест;
- экранирование источника излучения и рабочих мест;
- специальная окраска помещений
- СИЗ;



СИЗ

- тело: спецодежда из тканей, не пропускающих УФИ, с искростойкой пропиткой, из грубошерстных сукон (куртка, брюки, фартуки);
- руки: рукавицы;

Фартук брезентовый

Меры защиты от УФ излучения

СИЗ

- ❑ глаза: щитки, очки со светофильтром;
- ❑ кожа: мази и пасты, содержащие вещество, служащее светофильтрами для этих излучений;
- ❑ спецобувь, каски, шлемы



Ботинки специальные для сварщиков и металлургов



Защитный лосьон от УФИ с окраской в голубой цвет для видимости нанесения



Маска сварщика пластиковая НН-С