

Лекция №5

Тема: Защита от облучения электромагнитной энергией радиочастот.

Воздействие электромагнитных полей (ЭМП) на человека и нормирование.

Действие ЭМП на человека тем значительнее, чем выше. При облучении происходит нагрев тела с повышением его температуры. Нарушается работа сердечно-сосудистой системы. Жалобы на боли в сердце, нарушение сна, головная боль, быстрое утомление, раздражительность, потеря памяти. Большинство изменений накапливается. Предельно допустимые уровни (ПДУ) облучений установлены в зависимости от частоты излучения. ЭМП условно подразделяют на 3 вида:

Вид ЭМП	$F, \text{МГц}$	$\lambda, \text{м}$
вч	$0,03 \div 30$	$10000 \div 10$
увч	$30 \div 300$	$10 \div 1$
свч	$300 \div 300000$	$1 \div 0,001$

ЭМП любой частоты имеет 3 условные зоны в зависимости от расстояния X до источника:

- Зону индукции (пространство с радиусом $X < \lambda/2\pi$);
- Промежуточную зону (зону дифракции);
- Волновую зону, $X \geq 2\pi\lambda$

Рабочие места вблизи источников ВЧ полей попадают в зону индукции. Для таких источников уровни облучений нормированы величиной напряжённости электрического $E(\text{В/м})$ и магнитного $H(\text{А/м})$ полей.

ГОСТом 12.1.006-84 установлены ПДУ на рабочем месте в течение всего рабочего дня:

$F, \text{МГц}$	$E_{\text{доп.}}, \text{В/м}$	$F, \text{МГц}$	$H_{\text{доп.}}, \text{А/м}$
$0,06 \div 3$	50	$0,06 \div 1,5$	5
$3,0 \div 30$	20	$30 \div 50$	0,3
$30 \div 50$	10		
$50 \div 300$	5		

Работающие с генератором СВЧ попадают в волновую зону. В этих случаях нормируется энергетическая нагрузка на организм человека W ($\text{мкВт} \cdot \text{ч/см.кв.}$) $W = 200 \text{ мкВт} \cdot \text{ч/см.кв.}$ — для всех случаев облучения, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антенн — для них $W = 2000 \text{ мкВт} \cdot \text{ч/см.кв.}$. Предельно допустимую плотность потока энергии (ПДУ) $\sigma_{\text{доп}}$

(мкВт/см.кв) вычисляются по формуле $\sigma_{\text{доп}} = W / T$, где T – время работы в часах в течении рабочего дня. Во всех случаях $\sigma_{\text{доп}} \leq 1000$ мкВт/см.кв.

Контроль облучения.

Производят не реже 1 раза в год, измеряя E , H , σ . Датчиками для измерения являются: диполь (для E); рамка (для H); рупорная антенна (для σ).

Способы и средства защиты от ЭМ облучений.

1. Экранирование источника или рабочего места.
2. Защита расстоянием (удаление рабочего места от источника).
3. СИЗ (средства индивидуальной защиты).
4. Рациональное размещение излучающего оборудования в помещении, позволяющее обеспечить минимум направленности прямой и отражённой энергии на рабочее место.
5. Сигнализация о превышении ПДУ облучения (сигнализатор типа П2-2).
6. Ограничение длительности работы персонала и оборудования.

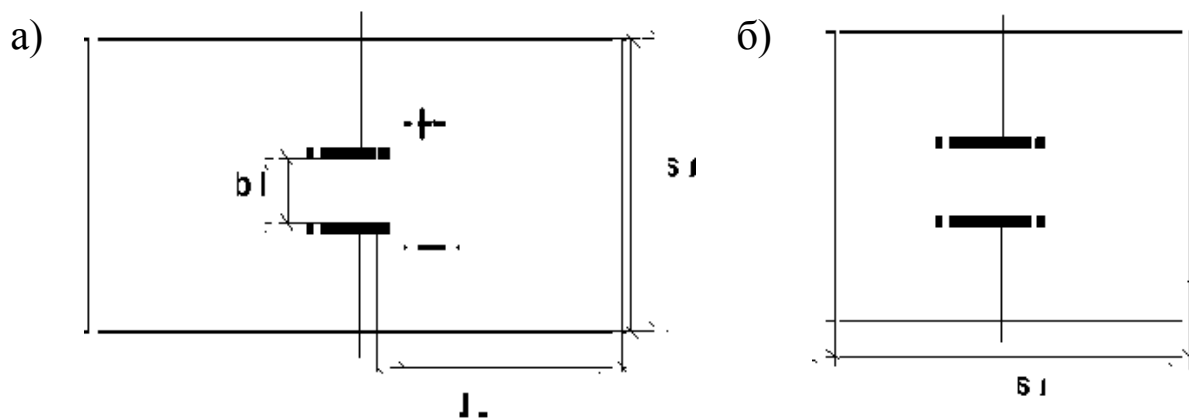
Экранирование.

Для отражающих экранов используют металлы (медь, латунь, алюминий, сталь), имеющие высокую проводимость. Экраны в виде: листов толщиной 0,5 мм (или по расчёту); сетки из проволоки 0,1÷1,0 мм с ячейками 1×1, 10×10 мм (в зависимости от λ , нужно $\ll \lambda$). Форма экранов: замкнутые (камеры); незамкнутые (щит, П-образный, полусфера и т.п.). При использовании экранов ЭМ энергия поглощается в поверхностном слое металла, частично отражаясь в сторону источника. Основная характеристика экрана - эффективность экранирования, т.е. степень ослабления ЭМП $\mathcal{E} = \sigma / \sigma_{\text{с экр.}}$.

Экранирование высокочастотных термических установок.

Рабочий элемент-конденсатор.

Расчёт заключается в определении размеров экрана. В качестве экрана может быть использована, например, замкнутая труба квадратного сечения.



а) продольное и б) поперечное сечение экрана.

Напряжённость электрического поля E ослабляется экраном и убывает обратнопропорционально квадрату расстояния (X) от источника до оператора.

$$E_{p.m.} = E_{ист.} * e^{-\pi \frac{l}{a}} * \frac{1}{x^2} \leq E_{доп.}$$

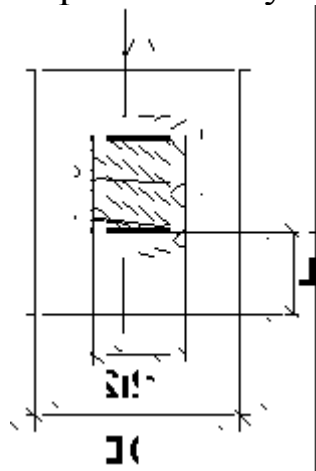
Отсюда соотношение геометрических размеров экрана:

$$\frac{l}{a} = \frac{1}{\pi} \ln \frac{E_{ист.}}{E_{доп.} * x^2},$$

где $E_{p.m.} = E_{доп.}$ – напряжённость на рабочем месте.

Рабочий элемент-индуктор.

Экран - замкнутый цилиндр с диаметром D .



Напряжённость магнитного поля на рабочем месте:

$$H_{p.m.} = \left(\frac{I * r * n}{4} \right) * e^{-3.6 \frac{l}{D}} * \frac{1}{x^2}$$

Отсюда соотношение геометрических размеров экрана:

$$\frac{l}{D} = \frac{1}{3.6} \ln \frac{H_{ист.}}{H_{доп.} * x^2} = \frac{1}{3.6} \ln \frac{I * r * n}{4x^2 * H_{доп.}}$$

где I, r, n - ток, радиус индуктора, число его витков;
 x - расстояние до рабочего места.

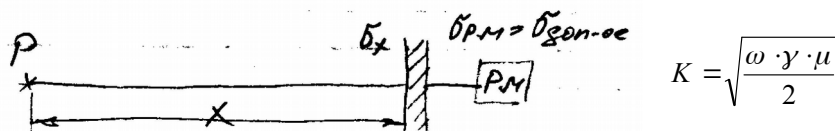
Защита от СВЧ энергии.

При снятии характеристик РЛС для ослабления облучения к волноводу подключают поглощающую нагрузку - порошковое железо, графито - цементный наполнитель и др.

От утечек энергии защищаются металлическими экранами замкнутого и незамкнутого типа.

Энергия падающая на стенку экрана убывает по закону

$$\sigma_{\text{раб_место}} = \sigma_x e^{-2kz}$$



где K – коэффициент ослабления электромагнитной энергии в материале экрана

ω - круговая частота

γ - удельная электропроводимость

μ - ... магнитная проницаемость экрана

Z - глубина проникновения электромагнитной энергии в материал экрана или необходимая толщина

$$Z = \frac{1}{2k} \ln \frac{\sigma_k}{\sigma_{дон}}$$

Металлы отражают практически всю падающую на них энергию.

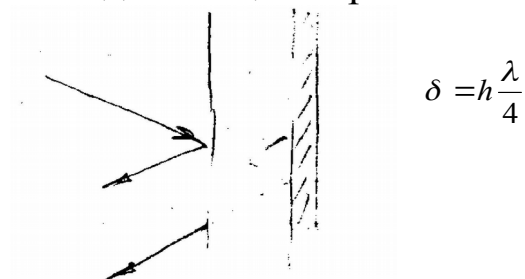
Частично отражённую от экранов, оборудования энергию поглощают с помощью покрытий из непроводящих материалов (каучук, поролон и др., с проводящими добавками), где энергия рассеивается в виде тепловых потерь.

Коэффициент отражения любого материала определяется по формуле:

$$K_{\text{отр.}} = \sqrt{\frac{\epsilon_a - \mu_a}{\epsilon_a + \mu_a}}, \quad \text{при } \epsilon_a \approx \mu_a, \quad K_{\text{отр.}} \rightarrow 0$$

Другой вид поглощающих покрытий действует по принципу вычитания амплитуд прямой и запаздывающей отражённых волн. Это интерференционные поглощающие покрытия.

Интерферирующие покрытия: принцип вычитания прямой и запаздывающей отражённой волны



Сдвиг по фазе достигается за счёт толщины покрытия, которая должна быть равной нечётному n

$$\delta = n \frac{\lambda}{4}$$

числу четвертей волны ЭМЭ ($n=1,3,5\dots$).

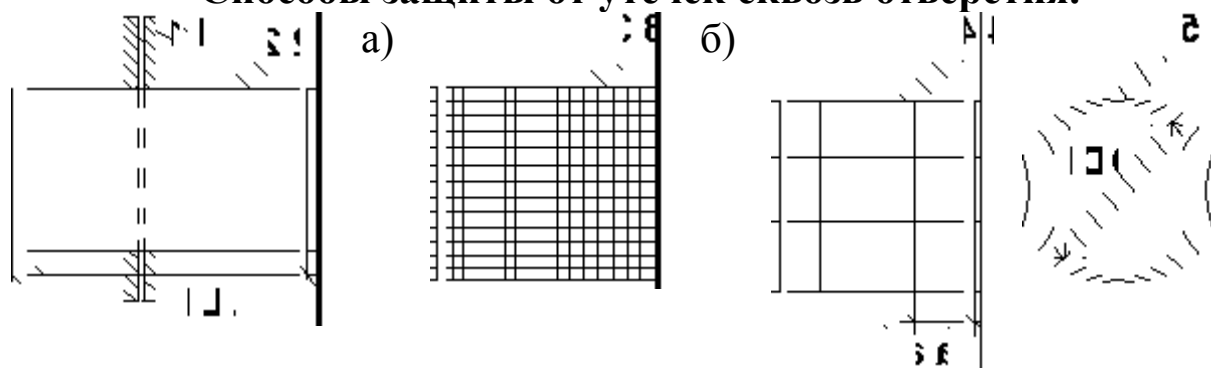
Равенство амплитуд получают за счёт материала, в качестве которого используют резину, обработанную ферромагнитным порошком железа.

Защита от облучения при настройке и испытаниях СВЧ установок.

Настройку выполняют в закрытых камерах - экранах, требование к которым следующие:

- При работе на полную мощность утечка энергии не должна превышать $\sigma_{дон}$;
- Управление установкой - дистанционное;
- Применение блокировки дверей (автоматически снимает напряжение при открытии дверей);
- Вентиляционные, смотровые отверстия, рукоятки управления должны быть защищены от утечек энергии в окружающую среду.

Способы защиты от утечек сквозь отверстия.



1 - стенка установки или экрана;

2 - труба длиной L ;

3 - сетка с мелкими ячейками на входе и выходе из трубы;

4, 5 - сечение трубы в виде - сот или круглое.

а) Защита в виде сеток на входе и выходе. Размер ячейки сетки $\ll \lambda$. Сетка подбирается из таблиц в зависимости от мощности и длины волны.

б) Внутри трубы по всей длине размещается решётка из металлических сот $L \gg \lambda$.

Соотношение размеров решётки:

$$\frac{l}{a} = 0,371 \lg \frac{\sigma_{уст.}}{\sigma_{дон.}}$$

в) Открытая труба - цилиндр с размерами:

$$\frac{l}{D} = 0,311 \lg \frac{\sigma_{уст.}}{\sigma_{дон.}}$$

Защита рабочего места и помещений.

При невозможности экранировать источник и защититься от утечки, экранируют рабочее место, используя эластичные материалы для чехлов, спецодежды (х/б ткань с металлическим проводом в виде сетки с ячейкой $\leq 0,5$ мм). Площадь нормируется от 40 до 70 м² в зависимости от мощности источника. Металлические предметы и оборудование, отражающие предметы и оборудование, отражающие утечки энергии, удаляют.

Профилактика: медосмотры 1 раз в год; дополнительный отпуск - 12 рабочих дней; сокращённый рабочий день - при превышении ПДУ.

Лазер.

Лазер - оптический квантовый генератор (ОКГ). Генерирует электромагнитные волны ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазонов. Основные элементы ОКГ: рабочее вещество (монокристалл - рубин, газ- гелий и др.) с оптическим резонатором из параллельных зеркал; источник энергии - лампа, дающая мощные вспышки яркости $4 \cdot 10^8$ кд/м² в течение 1-90мс или ЭМП ВЧ или УВЧ (для газа).

Воздействие лазерного излучения на человека.

Работа лазера сопровождается воздействием вредных факторов: лазерным излучением; слепящим светом ламп; выделением озона, окислов азота из воздуха; вредных веществ из мишени и др. Энергия излучения лазера поглощается в тканях тела человека, вызывая его нагрев и функциональные расстройства. Местное воздействие выражается в ожогах кожи и глаз. Луч света очень опасен для глаз - он почти без потерь проходит через жидкие среды глазного яблока и поражает сетчатку. Опасны также лучи, отраженные от любой даже незеркальной поверхности. Общее воздействие выражается в виде расстройства центральной нервной системы, сердечно-сосудистой системы, мозгового кровообращения.

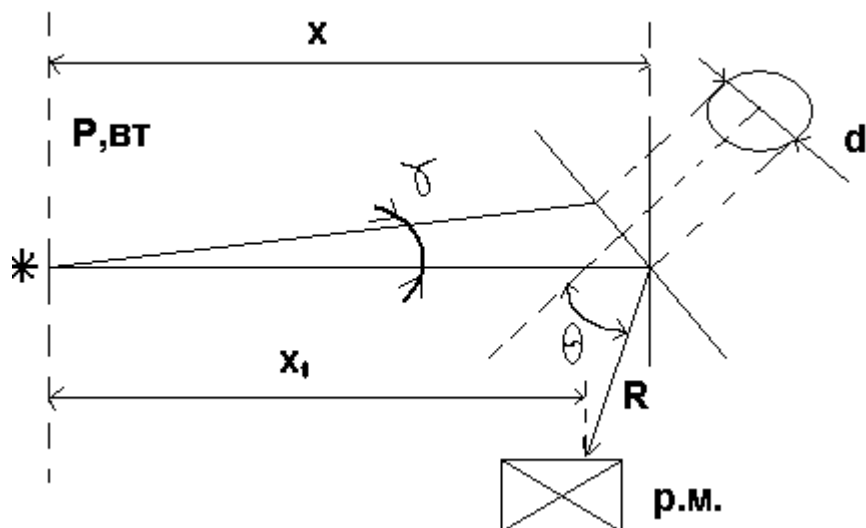
Нормирование лазерного излучения.

ПДУ лазерного облучения установлены «Санитарными нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров» утверждёнными Минздравом СССР в 1981г. Нормируемым параметром облучения прямым и отражённым лазерным светом является: Ψ энергетическая экспозиция (Дж/см²).

Измерение лазерного излучения.

Контроль за соблюдением ПДУ осуществляется путём измерения или расчёта нормируемых параметров на рабочих местах. Измерения производятся не реже 2 раз в год, перпендикулярно лучам в нескольких местах рабочей зоны.

Расчёт энергетической освещённости на рабочем месте.



$$E_{расч.} = \frac{P * \rho * \cos \theta}{\pi R^2} \text{ или } E = \frac{W * d^2 * \rho * \cos \theta}{4 R^2},$$

где $W = 4P / \pi d^2$ - плотность потока энергии в световом пучке, Вт/см²;

$d = x \tan \gamma \approx x \gamma$ - диаметр светового пятна;

γ - угол расходимости луча, рад.;

θ - угол между нормалью к отражающей поверхности и направлением на оператора;

ρ - коэффициент отражения поверхности;

R - расстояние от поверхности до оператора.

Из выражения следует, что энергетическая освещённость (E) тем меньше, чем меньше отражение от мишени (ρ) и больше удаление от мишени (R).

Основные требования, чтобы

$$E_{расч.} \leq E_{норм.}$$

мишень должна быть из несгораемого материала с малым ρ (например асбоцемент).

Материал	ρ
Чёрная ткань	0,01
Чёрная бумага	0,05
Белая ткань	0,7
Белая бумага	0,8

Меры защиты от лазерного излучения.

Лазеры 2-3 классов

- экранирование открытого луча лазера;
- ограждение опасной зоны;
- вынесение пульта управления из опасной зоны;
- снабжение сигнальным устройством.

Экраны и ограждения - из материалов, непроницаемых для лазерного излучения, с минимальным коэффициентом отражения, огнестойкие (текстолит, полупрозрачное стекло, чёрная ткань).

Лазеры 4 класса

- должны располагаться в отдельных помещениях;
- ограждения, исключающие проникновение человека в зону прохождения луча;
- ограждения, исключающие выход луча за пределы установки;
- дистанционное управление;
- блокировка входной двери.

Операторам запрещается вносить в зону луча блестящие предметы; запрещается визуальная юстировка 2 - 4 классов при работе лазера на излучение или в период зарядки конденсатора. Система юстировки снабжается оптическим защитным фильтром. ЗАПРЕЩАЕТСЯ: визуальный контроль попадания луча в мишень, направлять излучение на человека. Зоны с повышенной энергетической освещённостью отмечаются знаком опасности с надписью «Осторожно! Лазерное излучение».

Для защиты глаз используют очки с оптической плотностью до 9Б (ослабление в 10^9 раз). К работе с лазерами допускаются лица не моложе 18 лет, специально обученные по ТБ. Медосмотр 2 раза в год- терапевт, невропатолог; 1 раз в 3 месяца - окулист. Работы на лазерах - по нарядам, бригадой не менее 2^{ух} человек.

Первая помощь.

- При случайном повреждении глаз лазерным излучением - в медпункт к офтальмологу и быть под его наблюдением несколько дней.
- УФ - холодные примочки на веки. Закачать 0,25 % раствором диклоина, 2,5% новокаина.
- При ожоге век и роговой оболочки: закачать антисептик; за веки положить мазь (5% левомецитиновая, 10 % сульфениловая).
- Против токсинов - вводят противостолбнячную сыворотку (бицилин) или дают внутрь 0,75 г левомецитина.