

ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Источники электромагнитных излучений и их характеристики

Применение новых технологических процессов, радиотехнических приборов и систем обусловило появление ряда новых проблем по защите персонала от воздействия электромагнитных излучений.

Электромагнитные поля могут оказывать вредное действие на организм, причем их опасность увеличивается тем, что они не обнаруживаются органами чувств.

Электромагнитное поле распространяется в виде электромагнитных волн со скоростью, близкой к скорости света.

Основными параметрами электромагнитных колебаний являются длина волны, частота колебаний и скорость распространения, выраженное соотношением:

$$\lambda = c \cdot f = \frac{c}{T}$$

где λ - длина волны, мкм;

c - скорость распространения света в воздухе , м/с ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с)

f - частота колебаний, Гц;

T - период колебаний ($T=1/f$).

Электромагнитное поле характеризуется векторами напряженности электрического E (В/м) и магнитного H (А/м) полей.

Векторы E и H бегущей электромагнитной волны всегда взаимно перпендикулярны.

При распространении в проводящей среде они связаны соотношением:

$$E = H \cdot \sqrt{\frac{\omega \cdot \mu}{\gamma}} \cdot e^{-kz}$$

где ω - круговая частота электромагнитных колебаний, рад/с;

γ - удельная проводимость вещества экрана, $\frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{м}}$;

μ - магнитная проницаемость этого вещества, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{с}}{\text{м}}$;

k - коэффициент затухания, безр;

z - расстояние от входной плоскости экрана до рассматриваемой точки, м;

e - элементарный заряд (протона и электрона) = $1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл.

При распространении в вакууме или воздухе:

$$E = 377 \cdot H$$

Распространение электромагнитных волн связано с переносом энергии в поле.

Вектор плотности потока энергии (интенсивность) электромагнитных волн Y (Вт/м²) называется **вектором Умова-Пойнтинга** и определяется по формуле:

$$Y = E \cdot H$$

Согласно теории электромагнитного поля пространство около источника переменного электрического или магнитного полей делится на две зоны:

- **ближнюю зону**, или зону индукции, которая находится на расстоянии

$$R < \frac{\lambda}{2\pi} = \frac{\lambda}{6}$$

В зоне индукции (ближнее поле) еще не сформировалась бегущая электромагнитная волна и электрическое и магнитное поле можно считать независимыми друг от друга, поэтому нормирование в этой зоне ведется как по электрической, так и по магнитной составляющим электромагнитного поля.

- **зону излучения**, которая находится на расстоянии

$$R > \frac{\lambda}{6}$$

В зоне излучения (волновой зоне) поле характеризуется бегущей электромагнитной волной, наиболее важным параметром которой является **плотность потока энергии**.

При прохождении электромагнитных волн через среду возможны процессы отражения, преломления, дифракции (огибание), интерференции (наложение волн), дисперсии (разложение на спектр) и д.р.

Диапазоны электромагнитных волн

Подразделение ЭМИ (№ диапазона)	Название ЭМИ	Диапазон частот f, Гц	Длина волны λ , м
Низкочастотные (сверхдлинные) (1-4)	Крайне- и сверхнизкие Инфра- и очень низкие	3 ($10^0 - 10^2$) 3 ($10^2 - 10^4$)	$10^8 - 10^6$ $10^6 - 10^4$
Радиочастотные (5-11)	ДВ (длинные волны)	3 ($10^4 - 10^5$)	$10^4 - 10^3$
	СВ (средние волны)	3 ($10^5 - 10^6$)	$10^3 - 10^2$
	КВ (короткие волны)	3 ($10^6 - 10^7$)	$10^2 - 10^1$
	ОВЧ (очень высокочастотные) метровые	3 ($10^7 - 10^8$)	$10^1 - 10^0$
	УКВ (ультракороткие волны): УВЧ (ультра-) дециметровые СВЧ (сверх-) сантиметровые КВЧ (крайне-) миллиметровые	3 ($10^8 - 10^9$) 3 ($10^9 - 10^{10}$) 3 ($10^{10} - 10^{11}$)	$10^{-1} - 10^{-2}$ $10^{-2} - 10^{-3}$ $10^{-3} - 10^{-4}$
Оптические (12-14)	Инфракрасные Видимые, Ультрафиолетовые	3 ($10^{12} - 10^{14}$) $3 \cdot 10^{14}$ 3 ($10^{14} - 10^{16}$)	$10^{-4} - 10^{-6}$ $(0,39 - 0,76) \cdot 10^{-6}$ $10^{-6} - 10^{-8}$
Ионизирующие	Рентгеновское излучение Гамма-излучение	3 ($10^{17} - 10^{19}$) 3 ($10^{20} - 10^{22}$)	$10^{-9} - 10^{-11}$ $10^{-12} - 10^{-14}$

Источники электромагнитных полей

- Естественные источники:**
- атмосферное электричество
 - радиоизлучение Солнца и др. космических тел
 - электрическое и магнитное поля Земли

Искусственные источники:

Источниками электрических полей промышленной частоты (50 Гц)

- являются:**
- линии электропередач;
 - открытые распределительные устройства;
 - устройства защиты и автоматики;
 - измерительные приборы;
 - сборные соединительные шины;
 - вспомогательные устройства и высоковольтные установки промышленной частоты.

Источниками электромагнитных излучений радиочастот являются:

- мощные радиостанции;
- антенны
- генераторы сверхвысоких частот;
- радары;
- измерительные и контролирующие устройства;
- исследовательские установки;
- высокочастотные приборы и устройства в медицине и быту.

В быту источниками повышенной опасности со стороны ЭМИ являются:

- микроволновые печи;
- телевизоры;
- радиотелефоны;
- электроплиты с электропроводкой;
- электрогрили;
- утюги;
- холодильники (при работающем компрессоре)

Воздействие электромагнитных полей на организм человека

Воздействие ЭМП на организм человека зависит от:

- напряженностей электрического и магнитного полей,
- интенсивности потока энергии,
- частоты колебаний,
- локализации облучений на поверхности тела,
- индивидуальных особенностей организма.

Переменное электрическое поле вызывает нагрев тканей тела человека как за счет переменной поляризации диэлектриков, так и за счет появления токов проводимости.

Кроме того, имеет место отражение электромагнитных волн на стыке разных тканей тела из-за изменения на этой границе волнового сопротивления среды.

Энергия проникшего в организм ЭМИ многократно отражается и преломляется. Вследствие этого энергия ЭМИ поглощается неодинаково. При этом доля энергии, попадающей в тело, возрастает.

Влияние на нервную систему.

Результаты исследований позволили выявить следующие общие реакции:

- нарушение подвижности нервных процессов в сторону повышения возбудимости в начале облучения и ослабление активного торможения;
- угнетение условно-рефлекторной деятельности и нарастание коркового торможения.

Восстановление нарушенных функций находилось в прямой зависимости от напряженности поля и наступал через 3-5 недель после прекращения его воздействия.

Влияние на сердечно сосудистую систему.

Начальное воздействие поля приводило к значительному повышению чистоты пульса. В более поздние сроки облучения наблюдалось снижение частоты сердечных сокращений, замедление ритма сердца.

Влияние на морфологический состав крови.

По данным экспериментальных исследований ЭМП вызывает изменения (в пределах физиологической нормы) в количественном составе эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов.

Влияние на обмен веществ.

ЭМП оказывает влияние на обмен веществ и, в частности, на обмен нуклеиновых кислот (РНК и ДНК). ЭМП вызывает выраженные изменения в количественном содержании РНК и ДНК, уменьшение их в головном мозге и повышение в селезенке и печени. На это указывают признаки морфологической регенерации этих органов – увеличение размера и массы.

ЭМП вызывает изменение минерального обмена. Под влиянием СВЧ-поля происходит значительное перераспределение жизненно важных микроэлементов (меди, цинка, железа и кобальта) и изменение их количественного содержания в отдельных органах и тканях.

Наряду с функциональными изменениями под влиянием ЭМП происходят и морфологические изменения в органах и тканях организма: дистрофические изменения, расстройства кровообращения и в отдельных случаях воспалительные явления.

Наиболее высока чувствительность организмов к многократным воздействиям ЭМП. При этом наблюдается **коммулятивный эффект**: реакции возникают в результате ряда воздействий каждое из которых самостоятельно не вызывает реакции.

Нормирование электромагнитных полей

В соответствии с ГОСТ 12.1.006-84 электромагнитное поле (ЭМП) оценивается показателями **интенсивности поля** и создаваемой им **энергетической нагрузкой**.

В диапазоне частот до 300 МГц интенсивность ЭМП характеризуется **напряженностью электрического E и магнитного H полей**.

Энергетическая нагрузка $ЭН$ представляет собой произведение квадрата напряженности поля на время его воздействия.

Энергетическая нагрузка, создаваемая электрическим полем:
$$ЭН_e = E^2 \cdot T$$

Энергетическая нагрузка, создаваемая магнитным полем:
$$ЭН_H = H^2 \cdot T$$

В диапазоне частот свыше 300 МГц интенсивность ЭМП характеризуется **плотностью потока энергии ППЭ**.

Энергетическая нагрузка представляет собой произведение плотности потока энергии поля на время его воздействия:

$$ЭН_{ппэ} = ППЭ \cdot T$$

Предельно допустимые значение E и H в диапазоне частот до 300 МГц на рабочих местах персонала устанавливаются исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия и могут быть определены по следующим формулам:

$$E_{пд} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}N_{епд}}{T}}$$

$$H_{пд} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}N_{нпд}}{T}}$$

где **$E_{пд}$** и **$H_{пд}$** - предельно допустимые значения напряженности электрического (В/м) и магнитного (А/м) полей;

T - время воздействия, ч;

$\mathcal{E}N_{епд}$ и **$\mathcal{E}N_{нпд}$** – предельно допустимые значения энергетической нагрузки в течение рабочего дня, (В/м)²·ч и (А/м)²·ч.

Максимальные значения **$E_{пд}$** , **$H_{пд}$** и **$\mathcal{E}N_{епд}$** и **$\mathcal{E}N_{нпд}$** приведены в таблице:

Параметры, ед. изм.	Предельные значение в диапазонах частот, МГц		
	от 0,06 до 3	св. 3 до 30	св.30 до 300
$E_{пд}$, В/м	500	300	80
$H_{пд}$, А/м	50	-	-
$\mathcal{E}N_{епд}$, (В/м) ² · ч	20000	7000	800
$\mathcal{E}N_{нпд}$, (А/м) ² · ч	200	-	-

Одновременное воздействие электрического и магнитного полей в диапазоне частот до 300 МГц следует считать допустимым при условии:

$$\frac{\mathcal{E}He}{\mathcal{E}He_{нд}} + \frac{\mathcal{E}Hh}{\mathcal{E}Hh_{нд}} \leq 1$$

где $\mathcal{E}He$ и $\mathcal{E}Hh$ - энергетические нагрузки, характеризующие воздействие электрического и магнитного полей.

Предельно допустимые значения ППЭ ЭМП в диапазоне частот 300МГц-300ГГц определяются исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия по формуле:

$$ППЭ_{нд} = \frac{k \cdot \mathcal{E}H_{ппэнд}}{T}$$

где $ППЭ_{нд}$ - предельно допустимое значение плотности потока энергии, Вт/м² (мВт/см², мкВт/см²);

$\mathcal{E}H_{ппэнд}$ - предельно допустимая величина энергетической нагрузки, равная 2 Вт · ч/м² (200 мкВт · ч/см²);

k - коэффициент ослабления биологической эффективности, равный:

1 - для всех случаев воздействия, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антенн;

10 - для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн;

T - время пребывания в зоне облучения за рабочую смену, ч.

Во всех случаях максимальное значение ППЭ_{нд} не должно превышать 10Вт/м².

Мероприятия по защите от электромагнитных полей

1 Уменьшение напряженности и плотности потока энергии.

- замена мощного генератора менее мощным, если это возможно по технологии ведения работ.
- применение поглощающих нагрузок- эквивалентов антенн или ослабителей мощности - **аттенюаторов**, которые полностью поглощают или в необходимой степени ослабляют передаваемую энергию на пути ее от генератора к излучающему устройству.

Поглотителем энергии служит графитовый или специальный углеродистый состав (графит с цементом, песком, резиной) или различные диэлектрики (пластмасса, дерево, вода, и др.).

Энергия излучения в поглотителях преобразуется в тепловую.

Для охлаждения поглощающих нагрузок применяют проточную воду.

Аттенюаторы, применяемые для понижения мощности излучения, бывают **постоянные** и **переменные**.

Ослабление излучения, дБ:

$$L = 10 \cdot \lg \frac{P}{P_0} = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0}$$

где P_0 и I_0 – мощность и плотность потока мощности ЭМИ;

P и I - мощность и плотность потока энергии ослабленного излучения.

Экранирование рабочего места от воздействия электромагнитного поля осуществляют с помощью стационарных и переносных экранирующих устройств.

Стационарные устройства могут быть в виде козырьков, навесов, перегородок.

Козырьки, выполненные из металлической сетки, устанавливаются над рабочим местом, у силовых распределительных устройств у приводов разъединителей и т.д.

Навесы в виде стальных тросов, проводов, арматуры устанавливаются над проходами распределительных устройств и в местах, с которых производится осмотр оборудования.

Переносные экранирующие устройства могут выполняться в виде палаток, навесов, перегородок, щитов.

Переносные щиты целесообразно применять в качестве съемных боковых экранов на лесах при работах на воздушных выключателях, на корзинах телескопических вышек и гидроподъемников и т.д.

3 Защита расстоянием

Применяется в том случае, если невозможно ослабить интенсивность облучения другими мерами, а у персонала нет необходимости находится вблизи источников ЭМИ, а также при дистанционном управлении излучающей установкой.

4 Рациональное размещение в рабочем помещении оборудования, излучающего электромагнитную энергию

- помещения должны быть изолированы от других помещений данного здания и иметь непосредственный выход в коридор или наружу;
- в них должно быть как можно меньше смежных помещений, чтобы меньшее число людей могло подвергаться облучению радиоволнами;
- помещения должны устроены так, чтобы при включении оборудования на полную мощность его излучение практически не проникало через стены, перекрытия, оконные проемы, двери в смежные помещения (при необходимости применяется специальная облицовка);
- металлические предметы отражают радиоволны, рассеивая их по всему помещению, должны занимать в помещении не более 20%-30% его площади;
- на каждую действующую, расположенную в отдельном помещении установку, должно приходиться не менее 25 м² при мощности 30кВт и 40 м² при мощности более 30 кВт.

5 Применение средств предупреждающей сигнализации и блокировок

Помещение для настройки, отработки и испытаний аппаратуры должны быть оборудованы световыми сигнальными устройствами, предупреждающими о том, что там ведутся работы с излучением радиоволн.

6 Установление рациональных режимов работы оборудования и персонала

Этот метод предусматривает ограничения времени пребывания человека в ЭМП частотой 300 мГц-300ГГц, когда нет возможности снизить интенсивность излучения до допустимых значений.

Нормы времени пребывания человека в ЭМП электроустановок промышленной частоты в течение одних суток:

Напряженность эл. поля, кВ/м	Допустимое время пребывания, мин
До 5	Не ограничивается
Свыше 5 до 10	Не более 180
Свыше 10 до 15	Не более 90
Свыше 15 до 20	Не более 10
Свыше 20 до 25	Не более 5

7 Средства индивидуальной защиты

В тех случаях, когда невозможно предотвратить воздействия ЭМИ персонал рассмотренными выше методами, необходимо использовать СИЗ.

К СИЗ от ЭМИ относятся: передники, халаты, комбинезоны, куртки с капюшонами с вмонтированными в них защитными очками.

Защитная одежда изготавливается из 3 слоев ткани: наружный и внутренний слои делаются из х/б ткани, а средний защитный слой – из радиотехнической ткани, в структуре которой тонкие металлические нити образуют сетку с размерами ячейки 0,5х0,5мм.

Необходимо производить заземление комбинезона с помощью отвода на талии, соединенного с заземляющим проводом.

Для защиты глаз от ЭМИ применяют очки марки ОРЗ-5 вмонтированные в капюшон или примеряемые отдельно.

Стекла очков покрыты слоем полупроводниковой окиси олова (SnO_2), которое дает ослабление ЭМ энергии не менее чем на 30дБ и является прозрачным для света.