

# Защита от электромагнитных полей (ЭМП)

## Шкала электромагнитных волн

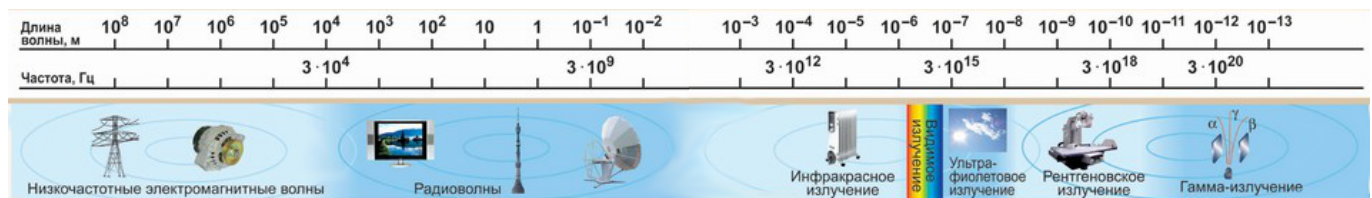
**Электромагнитное поле** - особый вид материи, наряду с веществом, посредством которого происходит взаимодействие.

- не обладает массой покоя;
- непрерывно, в одной точке могут находиться поля характеризующиеся различными свойствами;

**Электромагнитное излучение** (электромагнитные волны) — распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля.

### Виды электромагнитных волн

- радиоволны,  $f$  до 300 ГГц,  $\lambda$  до 1 мм;
- терагерцовое излучение,  $f \in [10^{11}; 10^{13}]$  ГГц,  $\lambda$ , соответственно, от 3 до 0,03 мм;
- инфракрасное излучение,  $\lambda$  от 0,75 мкм до 1000 мкм;
- видимый свет:
  - длинноволновая граница  $\lambda$  760 — 780 нм,  $f$  385 — 395 ТГц;
  - коротковолновая граница  $\lambda$  380 — 400 нм,  $f$  750 — 790 ТГц;
- ультрафиолетовое излучение,  $\lambda$  от 400 до 10 нм;  $f$  от  $7,5 \cdot 10^{14}$  до  $3 \cdot 10^{16}$  ГГц;
- рентгеновское и гамма-излучение  $\lambda$  от 10 нм и менее.



## Параметры электромагнитного поля

**Электрическое поле** - создаётся неподвижными электрическими зарядами. Оказывает силовое воздействие на неподвижные заряженные частицы.

- Напряжённость электрического поля  $\vec{E}$  [В/м];  $\vec{F} = \vec{E} \cdot q$

**Магнитное поле** - создаётся движущимися эл. зарядами и намагничёнными телами. Оказывает силовое воздействие на движущийся электрический заряд, намагничённые тела.

- Напряжённость магнитного поля  $\vec{H}$  [А/м];  $\vec{F} = \vec{H} \cdot Il$

**Электромагнитное поле** (в форме электромагнитных волн) создаётся ускоренно движущимися электрическими зарядами, распространяется со скоростью света  $3 \cdot 10^8$  м/с, в процессе распространения магнитное поле порождает электрическое и наоборот. Частота колебаний электромагнитных волн определяется и совпадает с частотой колебания электрического заряда.

Для ЭМП характерен перенос массы и энергии, поле оказывает давление на поглощающую поверхность.

Перенос энергии характеризуется интенсивностью излучения  $I$ , Вт/м<sup>2</sup>, которая может быть выражена через параметры электрического и магнитного полей (вектор Умова-Пойнтинга)  $I = [\vec{E} \times \vec{H}]$ .

## Радиочастотный диапазон

По классификации, предложенной в 1975 году международным консультативным комитетом по радио (МККР), спектр частот от 3 Гц до 3 ТГц разделен на 12 диапазонов  $0.3 \cdot 10^N$  Гц до  $3 \cdot 10^N$ , где  $N$  - номер диапазона.

Частоты, лежащие в интервале от 3 кГц до 3 ТГц, принято называть радиочастотами.

### Некоторые характерные частоты

- 50 Гц - промышленная частота;
- 62 - 108 МГц - радиовещание с частотной модуляцией;
- 900, 1800, 2100 МГц - сотовая связь;
- 2.4, 5.0 ГГц - wi-fi, bluetooth, микроволновые печи.

## Виды зон воздействия ЭМП

В зависимости от размера излучающей системы  $L$  и длины волны  $\lambda$  пространство вокруг антенны разбивают на три зоны:

- ближнюю зону (зона индукции);
- промежуточную зону (зона интерференции);
- дальнюю зону (волновая зона, или зона Фраунгофера).

Такое деление связано с тем, что отдельные компоненты поля имеют различную зависимость от расстояния. Следовательно, в каждой из зон ЭМП характеризуется своим соотношением напряженностей  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  полей. Переход между зонами плавный.

### Ближняя зона

**Критерий:**  $r \ll \lambda/2\pi$ .

В ближней зоне поле не имеет волнового характера, средний поток энергии равен нулю, переноса энергии не происходит, излучение отсутствует. Это означает, что в ближней зоне поля, запасающие энергию, преобладают над излучающими полями. При этом  $\vec{E} \gg \vec{H}$ .

### Промежуточная зона

**Критерий:**  $r \approx \lambda/2\pi$ . В промежуточной зоне поле имеет сложный характер. Присутствуют все компоненты поля.

## Дальняя зона

**Критерий:**  $r \gg \lambda/2\pi$ . В дальней зоне поле представлено сформировавшейся электромагнитной волной. Напряженности  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  изменяются во времени синфазно, а в пространстве сдвинуты друг относительно друга на  $\pi/2$ .



## Примеры зон воздействия ЭМП

- Промышленная частота  $f = 50$  Гц,  $\lambda = 6000$  км, следовательно, на любом удалении от источника работник будет находиться в ближней зоне.
- $f \in [0, 03, 300]$  МГц, возможно нахождение работника в промежуточной зоне.
- При  $f > 300$  МГц имеет место быть преимущественно волновая зона.

## Нормируемые параметры ЭМП различных частот

Поле	Частота	Нормируемый параметр
Электростатическое	0 Гц	$\vec{E}$ , В/м
Постоянное магнитн.	0 Гц	$\vec{H}$ , А/м; $\vec{B}$ , Тл
ЭМП	0,1 Гц - 300 Гц	$\vec{E}$ , В/м; $\vec{H}$ , А/м или $\vec{B}$ , Тл
	0,3 кГц - 300 МГц	$\vec{E}$ , В/м; $\vec{H}$ , А/м или $\vec{B}$ , Тл
	300 МГц - 300 ГГц	$\vec{I}$ , Вт/м <sup>2</sup>

Длительность пребывания человека в зонах влияния источников с  $f$  от 0,3 кГц до 300 МГц оценивается:

- энергетической экспозицией (энергетической нагрузкой) по  $\vec{E}$ :  $\mathcal{E}\mathcal{E}_E = E^2 T$ ;
- энергетической экспозицией по  $\vec{H}$ :  $\mathcal{E}\mathcal{E}_H = H^2 T$ ;
- энергетической экспозицией по  $\vec{I}$ :  $\mathcal{E}\mathcal{E}_I = I T$ ,

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

## Установленные нормы

### Промышленная частота

Согласно **СанПиН 2.2.4.1191-03** «Электромагнитные поля в производственных условиях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы» с [изменениями](#) устанавливаются следующие нормы:

- $E \leq 5 \text{ кВ/м}$ ;  $T_{\text{доп}} = \infty \text{ ч}$ ;
- $E \in (5; 20] \text{ кВ/м}$ ;  $T_{\text{доп}} = \frac{50}{E} - 2 \text{ ч}$ ;
- $E \in (20; 25] \text{ кВ/м}$ ;  $T_{\text{доп}} = 10 \text{ мин}$ ;
- $E > 25 \text{ кВ/м}$  работа без средств защиты не допускается.

Здесь  $E$  - напряженность ЭП в контролируемой зоне,  $\text{кВ/м}$ ;  $T$  - допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч.

Время пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП  $T_{\text{привед}}$  вычисляют по формуле:

$$T_{\text{привед}} = 8 \left( \frac{t_{E1}}{T_{\text{доп}, E1}} + \frac{t_{E2}}{T_{\text{доп}, E2}} + \dots + \frac{t_{En}}{T_{\text{доп}, En}} \right)$$
, где  $T_{\text{привед}}$  - приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребыванию в ЭП  $E = 5 \text{ кВ/м}$ ;  $t_{En}$  - время пребывания в контролируемой зоне с напряженностью  $E_n$ ;  $T_{\text{доп}, En}$  - допустимое время пребывания для соответствующих контролируемых зон.

### СВЧ излучение

#### Рабочие места

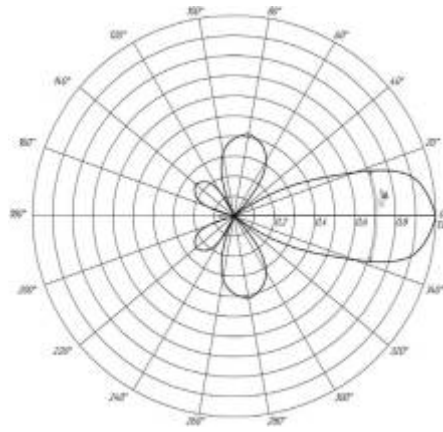
$I_{\text{доп}} = \text{ЭЭ}_I / t$ , где  $t$  - время выполнения работ, ч;  $\text{ЭЭ}_I$  - энергетическая экспозиция по интенсивности СВЧ излучения,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot \text{ч}$ ;  $I_{\text{доп}}$  - допустимая плотность потока энергии,  $\text{Вт/м}^2$ .

#### Население

$I_{\text{доп}} = 0,1 \text{ Вт/м}^2$  - значение, характерное для большинства источников СВЧ излучения (теле- и радио вышки, микроволновые печи на расстоянии 0,5 м и т.д.

## Диаграмма направленности СВЧ излучения

Для источников СВЧ излучения (антенн) характерно наличие выделенных направлений излучения, в которых интенсивность излучения выше среднего значения. Иллюстрируется данный факт с помощью так называемой «диаграммы направленности».



Когда необходимо знать особенности излучения/поглощения не только на плоскости, но и в пространстве, строят как горизонтальную, так и вертикальную диаграмму направленности.

## Область применения ЭМП

- *Десятки и сотни Гц.* Односторонняя связь с подводными лодками.
- *Десятки кГц - десятки МГц.* Радиосвязь на значительных расстояниях.
- *Сотни МГц.* Телевидение, высококачественная радиосвязь с частотной модуляцией.
- *Единицы ГГц.* Радиолокация, телевидение, сотовая связь, передача данных (интранет/интернет), микроволновые печи.
- *Десятки ГГц.* Высокоскоростная радиорелейная связь, метеорологические радиолокаторы, медицина.
- *Сотни ГГц.* Сканирование багажа и людей, томографы верхних мягких тканей и т.д.

## Воздействие ЭМП на человека

Выделяют два механизма воздействия ЭМП на человека.

1. **Тепловой**, при относительно высоких уровнях облучающего электромагнитного поля.
  - Локальный нагрев тканей.
2. **Не тепловой** или **биологический**, проявляющийся при малых уровнях электромагнитного поля. Механизмы подобного взаимодействия изучены мало.
  - Изменение функционального состояния центральной нервной системы.
  - Нарушения в работе сердечно-сосудистой системы.
  - Снижение показателей крови (кол-во лейкоцитов, тромбоцитов, эритроцитов).
  - Влияние на половую функцию женщин, на развитие эмбриона

## Защита от ЭМП

- Экранирование источника электромагнитного излучения или же объекта защиты.
- При наличии источника СВЧ излучения, расположение рабочих мест в направлении наименьшей интенсивности излучения.
- Удаление источников излучения из рабочей зоны.
- Конструктивное совершенствование оборудования с целью снижения используемых уровней ЭМП, общей потребляемой и излучаемой мощности оборудования.
- Ограничение времени пребывания операторов или населения в зоне действия ЭМП.

From:  
<https://www.jurik-phys.net/> - **Jurik-Phys.Net**

Permanent link:  
<https://www.jurik-phys.net/lifesafety:factory:emp>

Last update: **2020/05/23 21:59**

