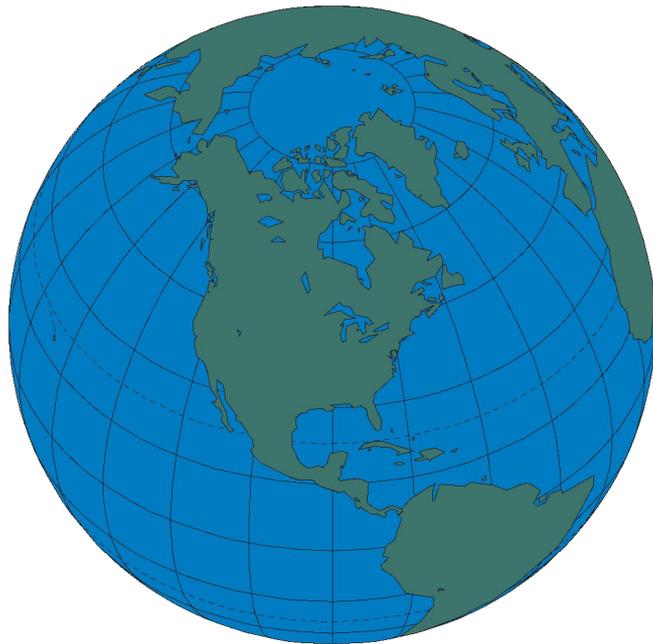


ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

• естественные



техногенные



ЛЭП



ЭЛЕКТРО-
ПРОВОДКА



ЭЛЕКТРО-
ТРАНСПОРТ



ПЕРСОНАЛЬНЫЙ
КОМПЬЮТЕР



БЫТОВЫЕ
ЭЛЕКТРОПРИБОРЫ



СОТОВАЯ
СВЯЗЬ



ТЕЛЕ- И
РАДИОСТАНЦИИ



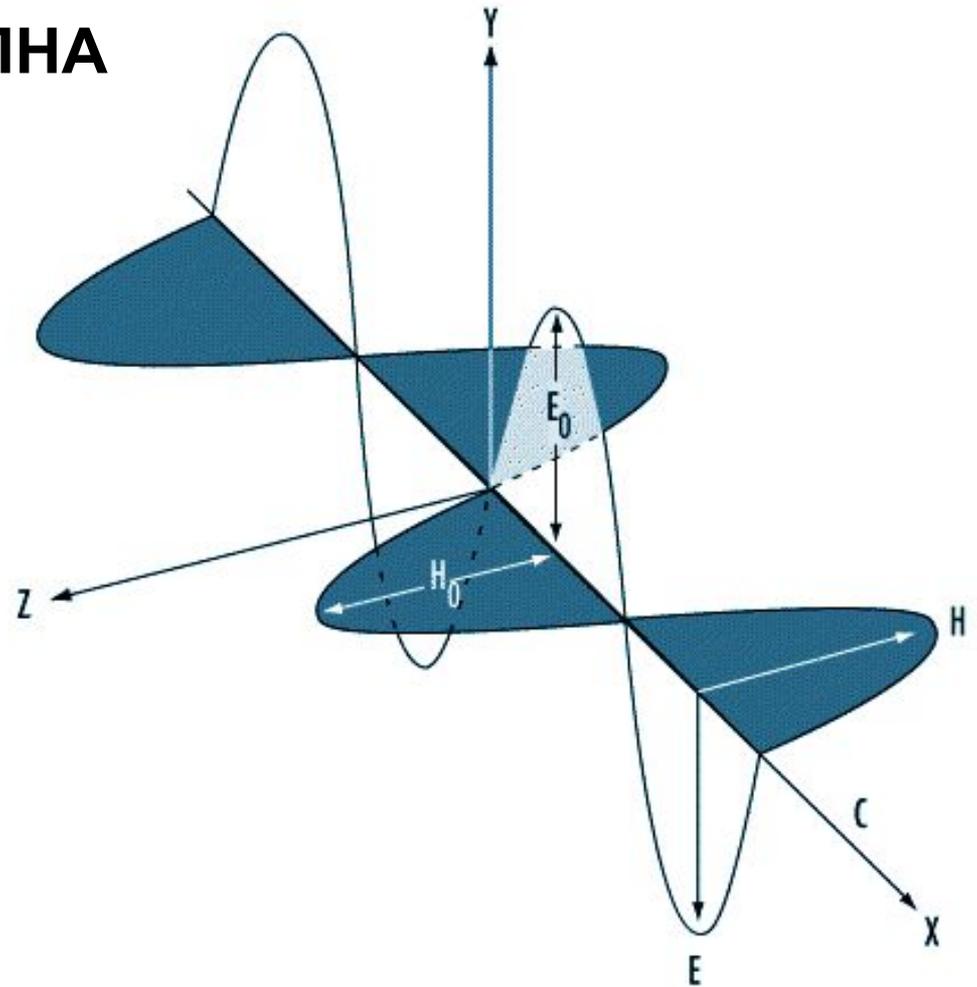
РАДАРЫ



СПУТНИКОВАЯ
СВЯЗЬ

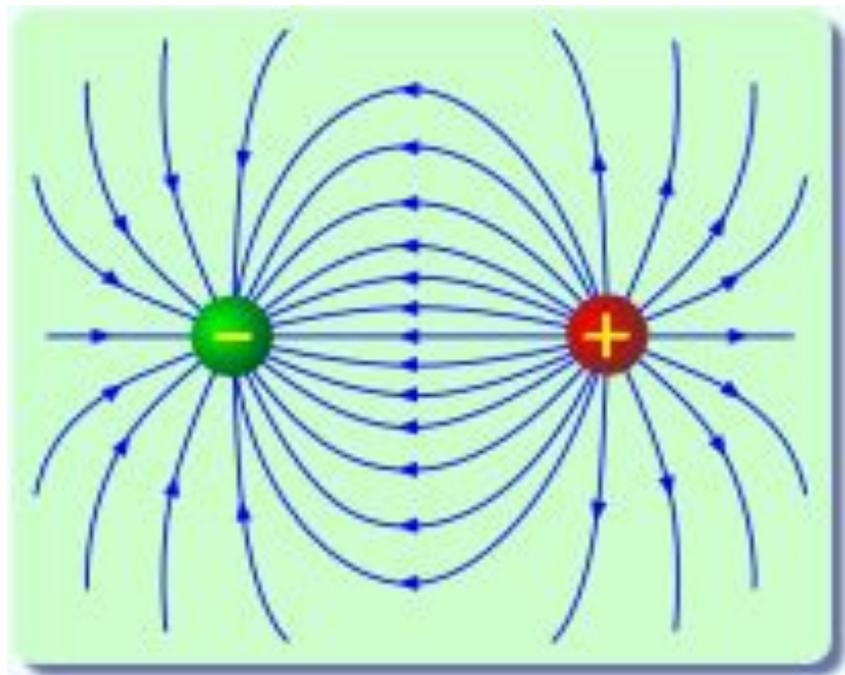
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ВОЛНА

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon' \mu'}}$$



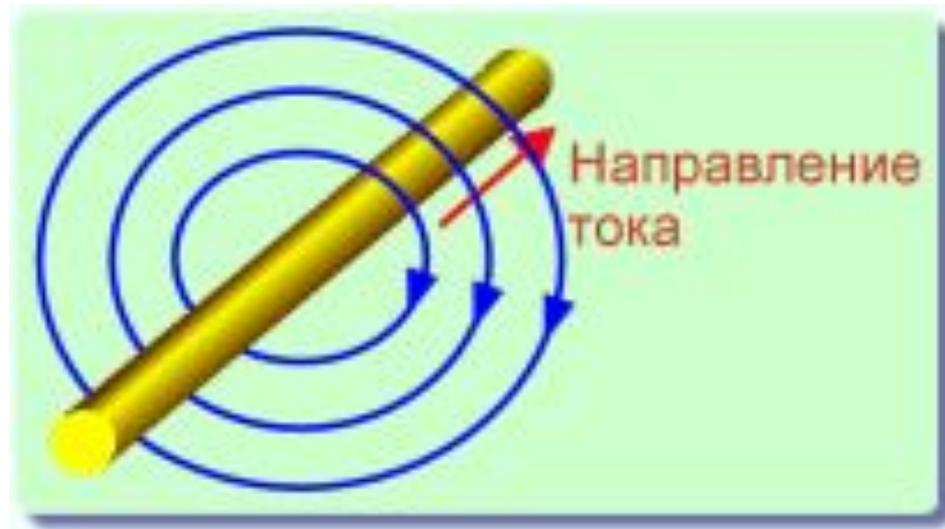
где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с скорость света в вакууме,
 ϵ' - относительная диэлектрическая проницаемость,
 μ' - относительная магнитная проницаемость.

Электрическое поле



напряженность
 E (В/м)

Магнитное поле



H (А/м).



Ближняя зона (индукции)
 - происходит формирование волны

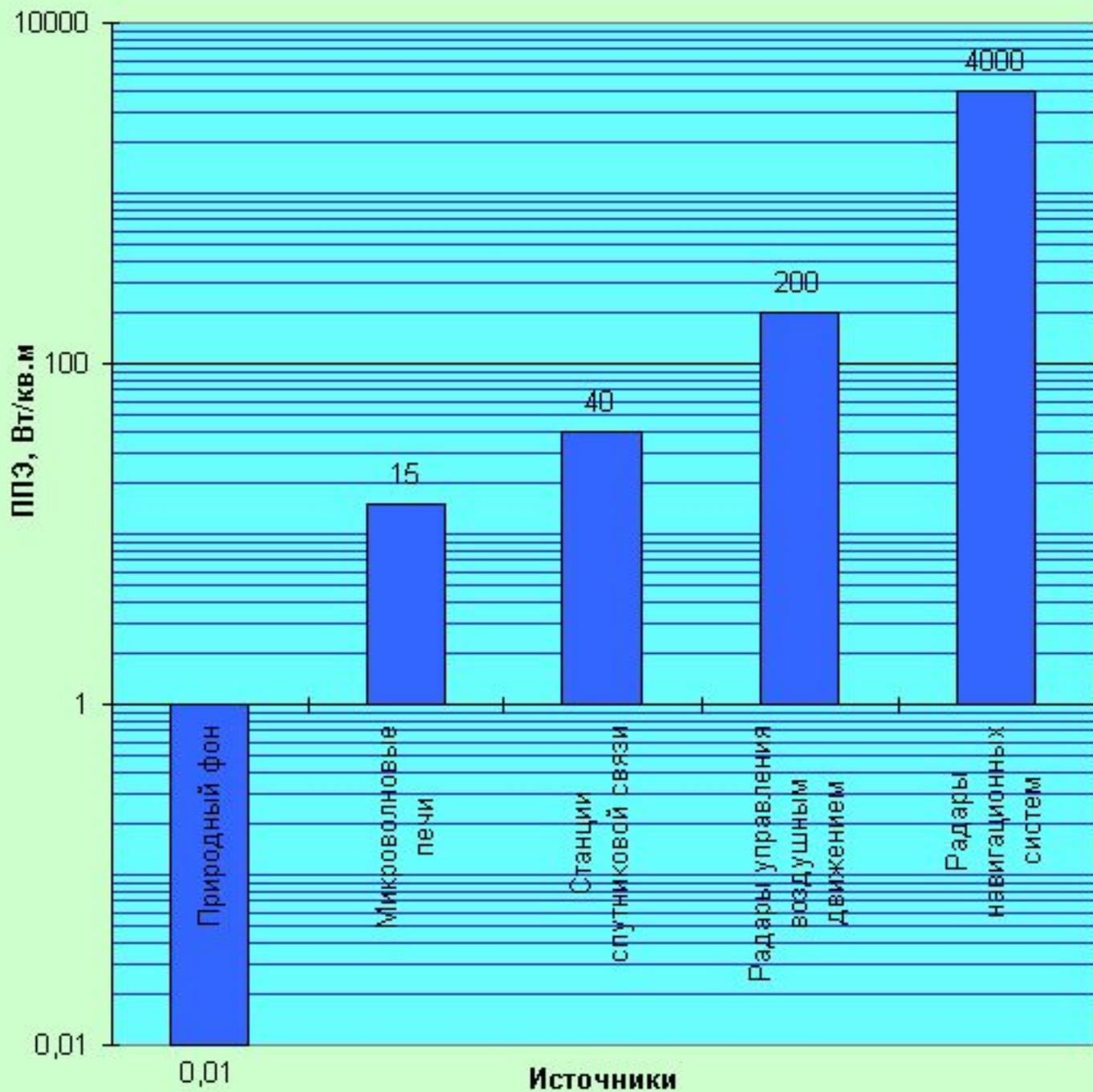
$$r < \lambda/2\pi$$

Интенсивность
 (E и H) $\sim r^{-2}$ или r^{-3}

$$E = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} H = 377 H \text{ (В/м)},$$

плотность потока энергии (ППЭ), Вт/м²

$$S = E \cdot H \sim r^{-2}$$



Наименование		Длины волн	Частота
Промышленная частота		6000 – 300 км	50 - 1000 Гц
диапазон радиочастот	НЧ - ВЧ	10 км – 1 м	30 кГц 300 МГц
	СВЧ	1 м – 1 мм	300 МГц - 300 ГГц
Оптический диапазон	ИК	10000 - 760 нм	$3 \cdot 10^{12} - 3.94 \cdot 10^{14}$ Гц
	Видимый свет	760—390 нм	
	УФ	390 – 1 нм	
Ионизирующие излучения	Рентгеновское излучение	10—0,01 Å	
	Гамма-излучение	0,01 Å и менее	

$$1 \text{ нм} = 10 \text{ Å}$$

Характер воздействия ЭМП на организм определяется:

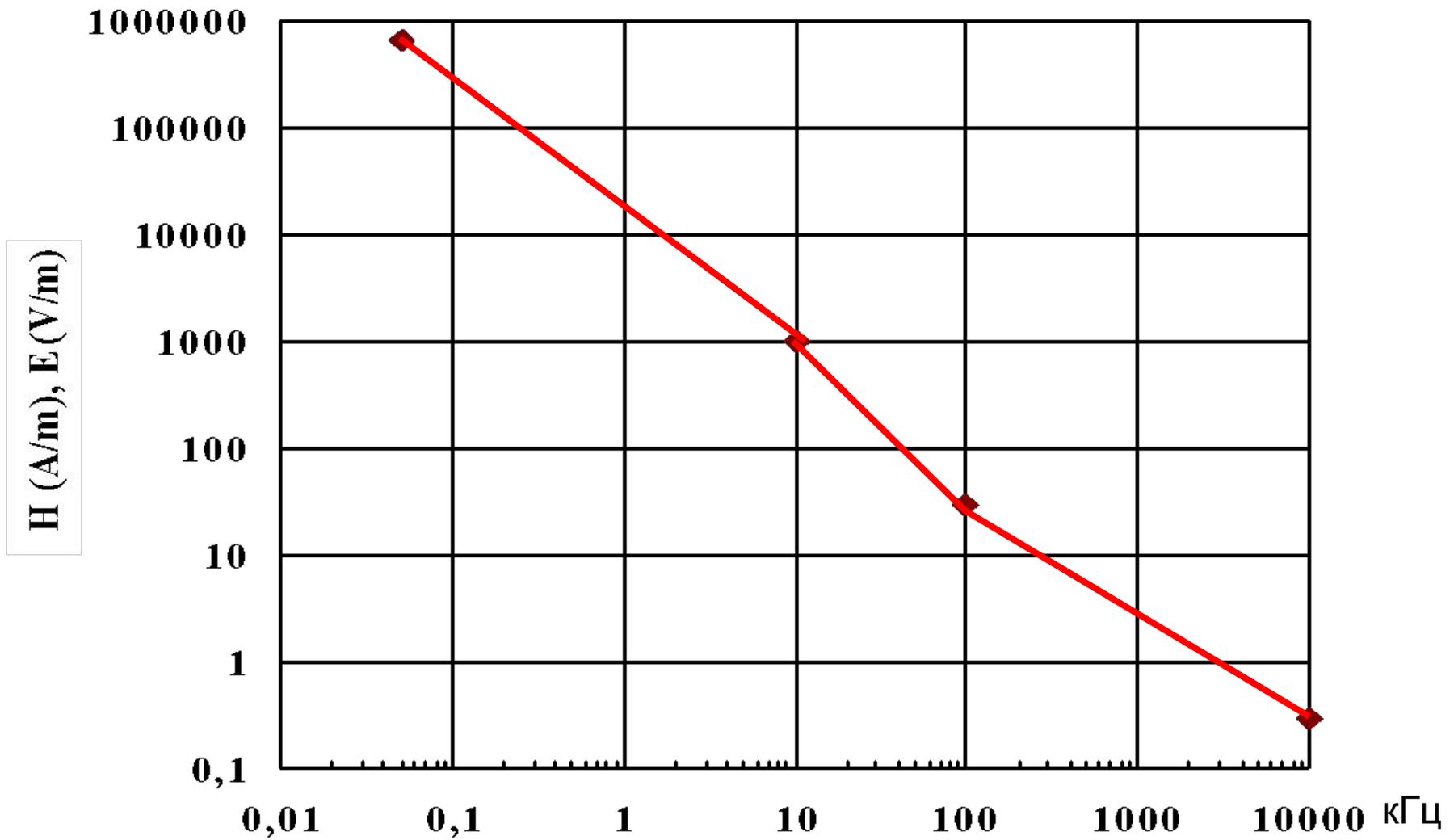
- **частотой** излучения;
- **интенсивностью** потока энергии (Е, Н, ППЭ)
- **продолжительностью** и режимом воздействия;
- размером облучаемой поверхности тела;
- индивидуальными особенностями организма;
- наличием сопутствующих вредных факторов, таких как: температура окружающей среды, шум, загазованность и другие факторы, которые снижают сопротивляемость организма.

ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ЖИВОЙ ОРГАНИЗМ

- тепловое:

ЭМП вызывает повышенный нагрев тканей человека, и если механизм терморегуляции не справляется с этим явлением, то возможно повышение температуры тела. Тепловое воздействие наиболее опасно для мозга, глаз, почек, кишечника. Облучение может вызвать помутнение хрусталика глаза (катаракту).

ТЕПЛОВОЙ ПОРОГ

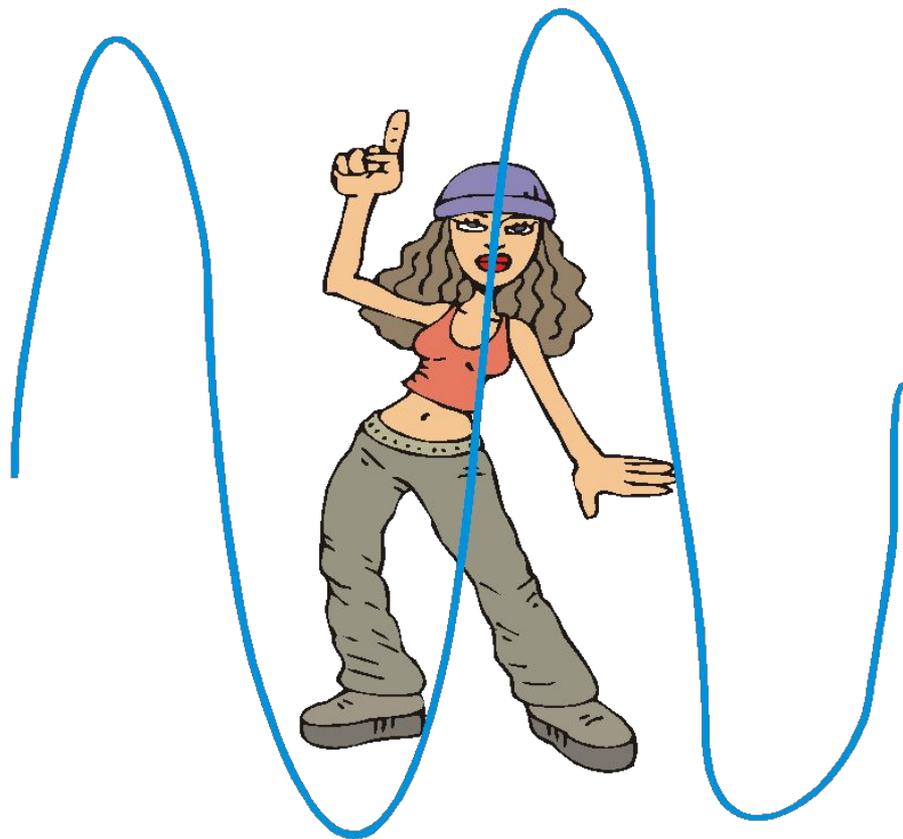


f, кГц	0,05	10	100	10000
$3 \cdot 10^8$	650000	1000	30	0,3

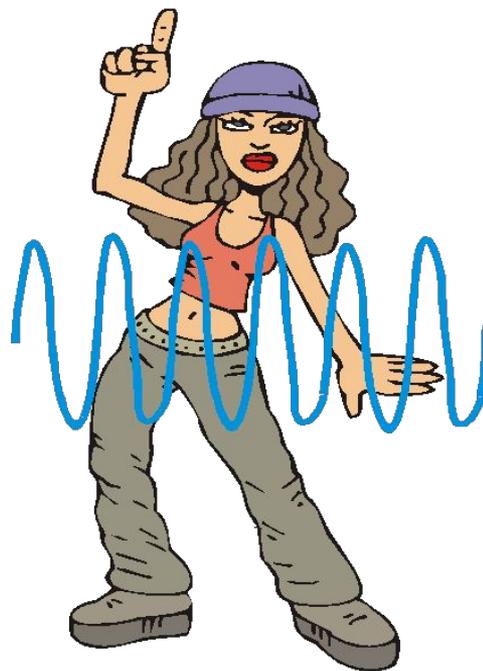
E, В/м, H, А/м

$Q, \text{Вт/см}^2$

100



НЧ : $\lambda \gg r_T$



СВЧ : $\lambda \approx r_T$

ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

- нетепловое (информационное):

Под действием ЭМП изменяются микропроцессы в тканях, ослабляется активность белкового обмена, происходит торможение рефлексов, снижение кровяного давления, а в результате - головные боли, одышка, нарушение сна.

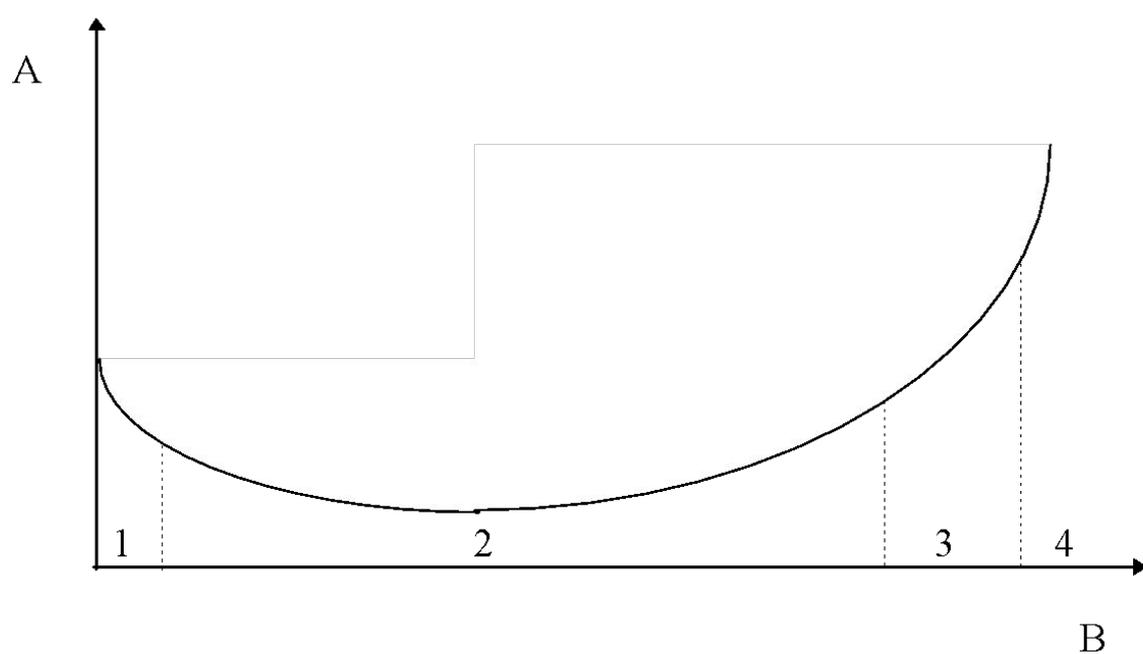
- *Влияние на нервную систему*
- *Влияние на иммунную систему*
- *Влияние на эндокринную систему и нейрогуморальную реакцию*
- *Влияние на половую функцию*

САНИТАРНОЕ НОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

СанПиН 2.2.4.1191-03 ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

устанавливают на рабочих местах:

- временные допустимые уровни (ВДУ) ослабления геомагнитного поля (ГМП),
- ПДУ электростатического поля (ЭСП),
- ПДУ постоянного магнитного поля (ПМП),
- ПДУ электрического и магнитного полей промышленной частоты 50 Гц (ЭП и МП ПЧ),
- ПДУ электромагнитных полей в диапазоне частот ≥ 10 кГц - 30 кГц,
- ПДУ электромагнитных полей в диапазоне частот ≥ 30 кГц - 300 ГГц.



Изменение вредности (А)
в зависимости от
интенсивности ЭМП (В).

Временный допустимый коэффициент ослабления интенсивности геомагнитного поля на рабочих местах персонала в помещениях (объектах, технических средствах) в течение смены

$$K_0^{гмп} = H_0 / H_в \leq 2$$

где $|H_0|$ - модуль вектора напряженности магнитного поля в открытом пространстве;

$|H_в|$ - модуль вектора напряженности магнитного поля на рабочем месте в помещении.

- **электростатическое поле (ЭСП)**

Предельно допустимый уровень напряженности ЭСП равен **60 кВ/м** в течение ≤ 1 ч.

При напряженности менее **20 кВ/м** время пребывания в ЭСП не регламентируется.

В диапазоне напряженности 20...60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты (ч)

$$t_{\text{дон}} = \left(\frac{60}{E_{\text{факт}}} \right)^2$$

где E — фактическое значение напряженности ЭСП, кВ/м.

ПДУ постоянного магнитного поля

Время воздействия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ напряжен- ности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряжен- ности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0 - 10	24	30	40	50
11 - 60	16	20	24	30
61 - 480	8	10	12	15

1 А/м ~ 1,25 мкТл, 1 мкТл ~ 0,8 А/м.

Напряженность МП линии электропередачи напряжением до 750 кВ обычно не превышает 20...25 А/м.

ЭМП промышленной частоты

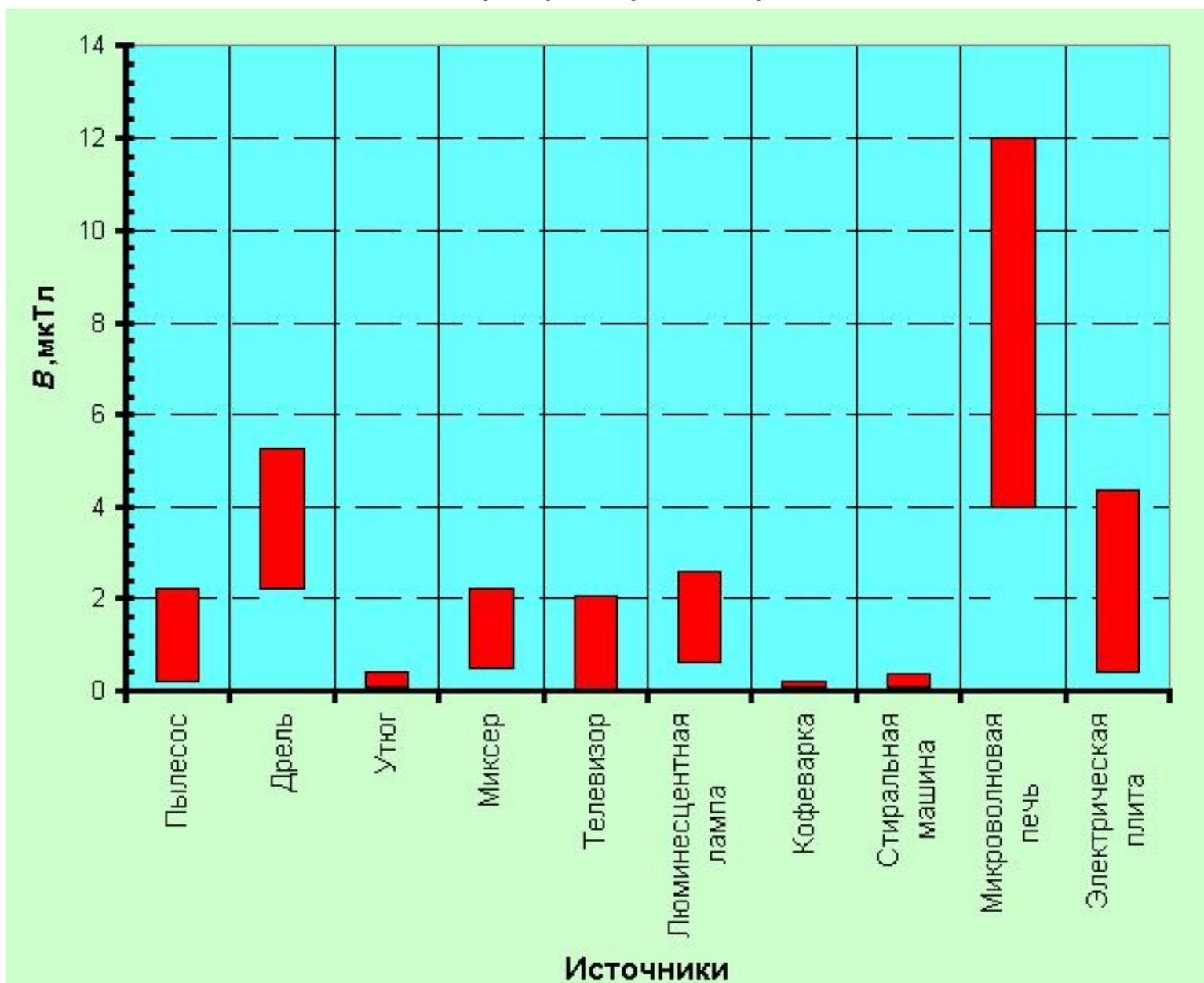
- Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным **5 кВ/м**.
- при $E = 5 \dots 20$ кВ/м допустимое время пребывания в ЭП
$$T = (50/E) - 2, \text{ час}$$
- При $20 < E < 25$ кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин.
- Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

- внутри жилых зданий 0,5 кВ/м;
- на территории жилой застройки 1 кВ/м;
- в населенной местности, вне зоны жилой застройки, а также на территории огородов и садов 5 кВ/м;
- на участках пересечения воздушных линий (ВЛ) с автомобильными дорогами 10 кВ/м;
- в ненаселенной местности (незастроенные местности, хотя бы и частично посещаемые людьми, доступные для транспорта, и сельскохозяйственные угодья) 15 кВ/м;
- в труднодоступной местности (не доступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения 20 кВ/м.

ПДУ воздействия периодического магнитного поля частотой 50 Гц

Время пребывания (час)	Допустимые уровни МП, Н [А/м] / В [мкТл] при воздействии	
	общем	локальном
≤ 1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

Средние уровни магнитного поля промышленной частоты бытовых электроприборов на расстоянии 0,3 м



Нормирование ЭМИ радиочастотного диапазона

В основу гигиенического нормирования положен принцип действующей дозы.

Оценка и нормирование ЭМП диапазона частот ≥ 30 кГц - 300 ГГц осуществляется по величине энергетической экспозиции (ЭЭ).

Энергетическая экспозиция в диапазоне частот

- ≥ 30 кГц - 300 МГц :

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 \cdot T, \text{ (В/м)}^2 \cdot \text{ч}, \quad \text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T, \text{ (А/м)}^2 \cdot \text{ч}$$

- ≥ 300 МГц - 300 ГГц :

$$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \times T, \quad (\text{Вт/м}^2) \cdot \text{ч}, \quad (\text{мкВт/см}^2) \cdot \text{ч}$$

где E - напряженность электрического поля (В/м),

H - напряженность магнитного поля (А/м),

T - время воздействия за смену (час.).

ППЭ - плотность потока энергии (Вт/м², мкВт/см²).

Предельно допустимые значения энергетической экспозиции для рабочих мест

Диапазоны частот	По электрической составляющей			По магнитной составляющей			По плотности потока энергии.		
	$\Xi \Xi_E$ (В/м) ² ч	E В/м		$\Xi \Xi_H$ (А/м) ² ч	H А\м		$\Xi \Xi_{ППЭ}$ (мкВт/см ²) ч	ППЭ мкВт/см ²	
		T ≥ 8 ч	T ≤ 0.08 ч		T ≥ 8 ч	T ≤ 0.08 ч		T ≥ 8ч	T ≤ 0.2 ч
30 кГц-3 МГц	20000.0	50	500	200,0	5.0	50			
3-30 МГц	7000.0	30	296	-	-				
30-50 МГц	800.0	10	80	0.72	0.3	3			
50-300 МГц	800.0	10	80	-	-				
300 МГц-300 ГГц	—	—	---	—	—	--	200.0	25	1000

Предельно допустимые уровни ЭМИ РЧ
 для населения, лиц, не достигших 18 лет
 и женщин в состоянии беременности

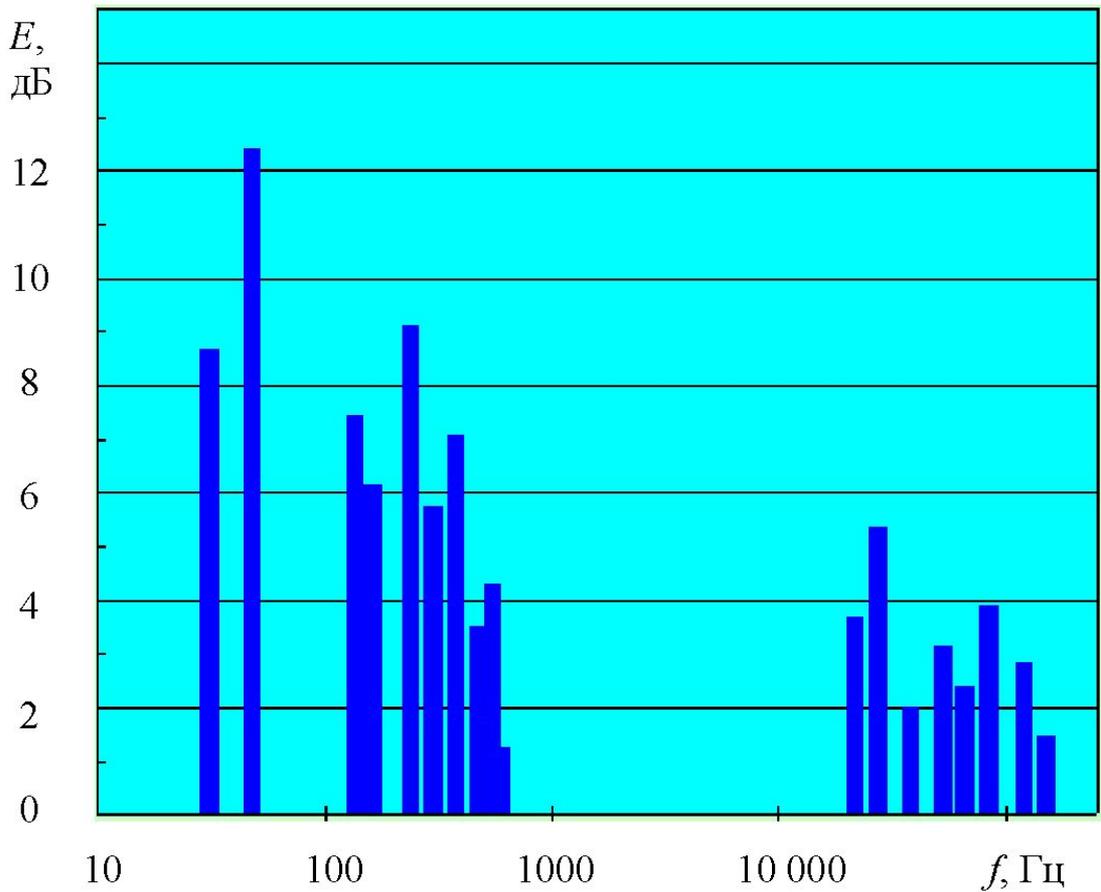
	Напряженность электрического поля, В\м				Плотность потока энергии, мкВт\см ²
территории жилой застройки и массового отдыха, помещения жилых, общественных и производственных зданий	25	15	10	3	10 100 - сканирующие антенны или кратковременно

ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ЭМП

ПЭВМ



Вид воздействия	Нарушения зрения	Кожные заболевания	Стресс	Нарушения в период беременности
Ультрафиолетовое излучение	+	?	?	?
Мерцание изображения	+	-	+	?
Яркий видимый свет	+	-	+	-
Блики и отражённый свет	+	-	+	-
Статическое электричество	+	+	?	?
Электромагнитные поля низких частот	?	-	?	+
Рентгеновские излучения	?	-	-	+



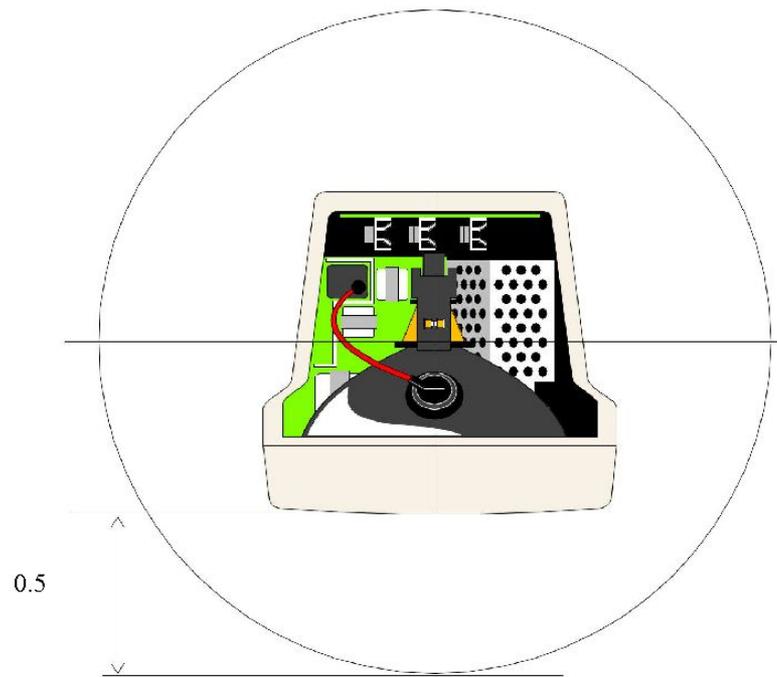
Спектральная характеристика
излучения
монитора в диапазоне 10 Гц...400
кГц

- **ГОСТ Р 50948-2001**

Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности

- **СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03** Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы

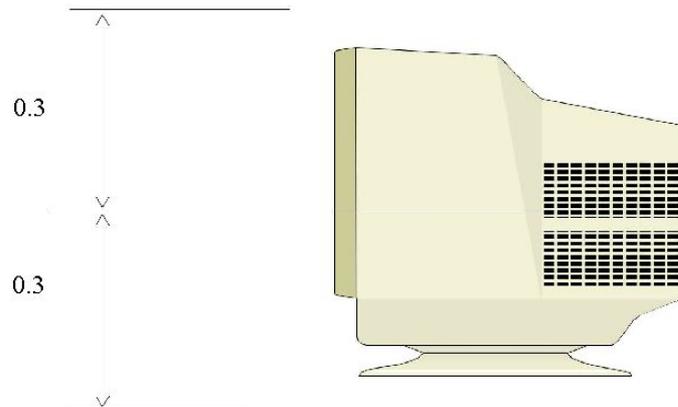
Наименование параметра	Допустимое значение	
	СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03, MPR II	ТСО-92, ТСО-95, ТСО-99, ТСО-03
Напряжённость электрического поля: при частотах 5 Гц...2 кГц при частотах 2...400 кГц	25 В/м 2.5 В/м	10 В/м 1 В/м
Плотность магнитного потока: при частотах 5 Гц...2 кГц при частотах 2...400 кГц	250 нТ 25 нТ	200 нТ 25 нТ
Электростатический потенциал экрана видеомонитора	500 В	500 В
Напряжённость электростатического поля на рабочем месте	15 кВ/м	—



СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 :
измерение уровней переменных
электрических и магнитных
полей, статических электрических
полей производится вокруг ПЭВМ
на расстоянии 50 см от экрана на
трёх уровнях на высоте 0.5; 1.0 и
1.5 м.

ТСО:

показатели замеряются на
расстоянии 30 см от фронтальной
плоскости экрана и 50 см вокруг
дисплея (за исключением
магнитного поля в области
2...400 кГц – где все расстояния
составляют 50 см).



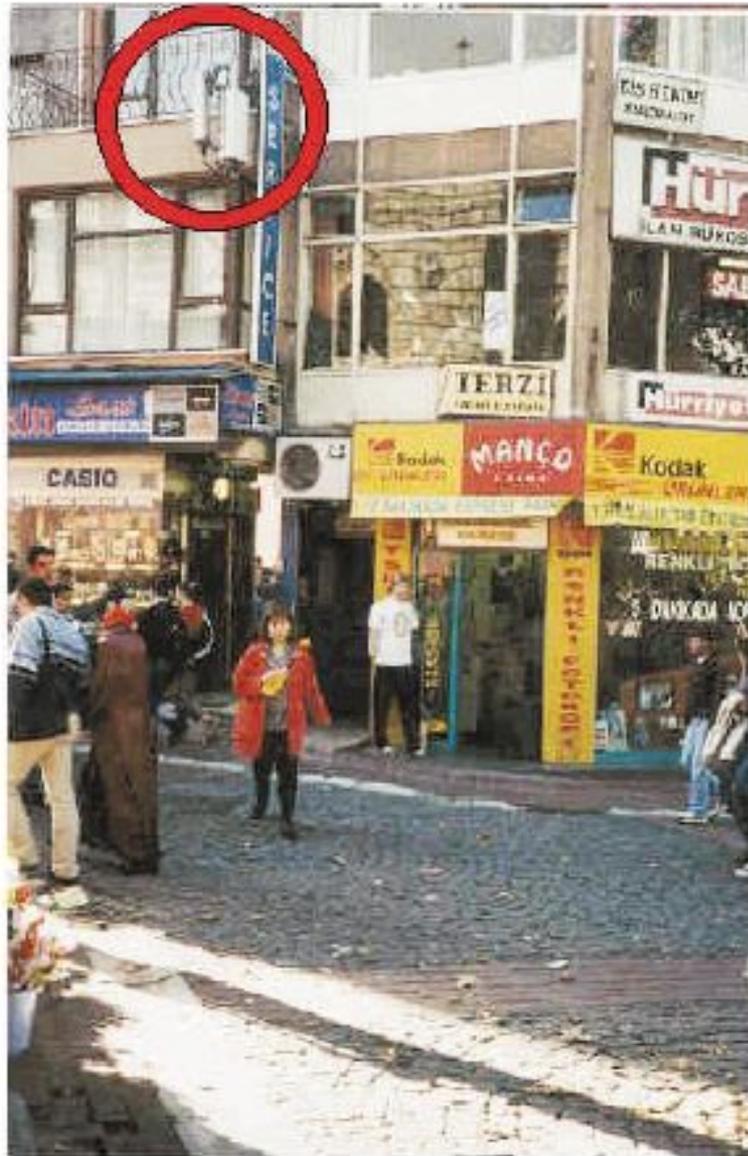


Система сотовой радиотелефонной связи



В 1910 году Ларс Эрикссон предпринял попытку сделать первый мобильный телефон

Наименование стандарта	Диапазон рабочих частот БС	Диапазон рабочих частот МРТ	Максимальная излучаемая мощность БС	Максимальная излучаемая мощность МРТ
NMT-450 аналоговый	463 – 467,5 МГц	453 – 457,5 МГц	100 Вт	1 Вт
AMPS аналоговый	869 – 894 МГц	824 – 849 МГц	100 Вт	0,6 Вт
D-AMPS (IS-136) цифровой	869 – 894 МГц	824 – 849 МГц	50 Вт	0,2 Вт
CDMA цифровой	869 – 894 МГц	824 – 849 МГц	100 Вт	0,6 Вт
GSM-900 цифровой	925 – 965 МГц	890 – 915 МГц	40 Вт	0,25 Вт
GSM-1800 (DCS) цифровой	1805 – 1880 МГц	1710 – 1785 МГц	20 Вт	0,125 Вт

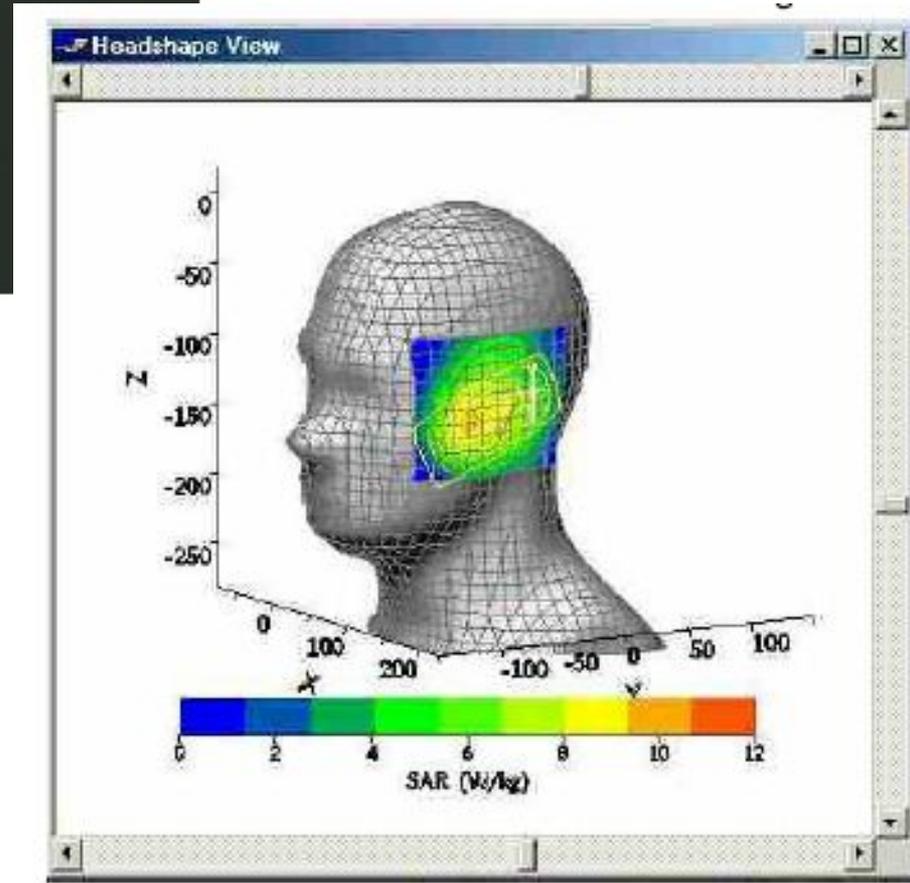




- **Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03**

ПДУ ЭМП базовых станций

Нормируемые параметры	Диапазоны частот, МГц		
	$27 \leq f < 30$	$30 \leq f < 300$	$300 \leq f \leq 2400$
Предельно допустимое значение ЭЭ	$7000 \text{ (В/м)}^2 \cdot \text{ч}$	$800 \text{ (В/м)}^2 \cdot \text{ч}$	$200 \text{ мкВт/см}^2 \cdot \text{ч}$
Максимальный ПДУ	296 В/м	80 В/м	1000 мкВт/см^2
ПДУ для $T \geq 8$ ч за смену на рабочих местах персонала БС	30 В/м	10 В/м	25 мкВт/см^2
ПДУ на территории жилой застройки, внутри жилых, общественных и производственных помещений	10 В/м	3 В/м	10 мкВт/см^2





Доктор Кристофер Ньюман

Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия на человека ЭМП, создаваемых подвижными станциями сухопутной радиосвязи (включая абонентские терминалы спутниковой связи) непосредственно у головы пользователя



$\leq f < 30$ МГц	- 45 В/м;
$\leq f < 300$ МГц	- 15 В/м;
$\leq f \leq 2400$ МГц	- 100 мкВт/см ²

Мартин Купер, инженер из Motorola, запатентовал конструкцию первого сотового телефона в 1975

SAR - Specific Adsorption Rate

удельная поглощенная мощность, выраженная на единицу массы тела

$$SAR = \frac{|E|^2 \sigma}{2\rho} \quad (\text{Вт/кг}).$$

где E – амплитуда электрического поля,
 σ - удельная проводимость,
 ρ - плотность поглощающего материала.

Ткань	Удельная проводимость σ , См/м	Плотность ρ , кг/м ³
Мышцы	0.8	1040
Кожа	0.9	1080
Мозг	1.2	1030
Кость, череп	0.3	1850

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ЭМП

» организационные

- нормирование параметров облучения
- выбор рациональных режимов работы установок;
- ограничение времени нахождения в зоне облучения;
- предупредительные надписи и знаки

» лечебно-профилактические

- предварительные и периодические медосмотры,
- лечение пострадавших от электромагнитного воздействия,
- временный или постоянный перевод на другую работу граждан с профессиональной патологией или усугубляющимися общими заболеваниями, а также женщин в период беременности и кормления;
- недопущение к самостоятельной работе на высокочастотных установках лиц не достигших 18 лет.

» инженерно-технические

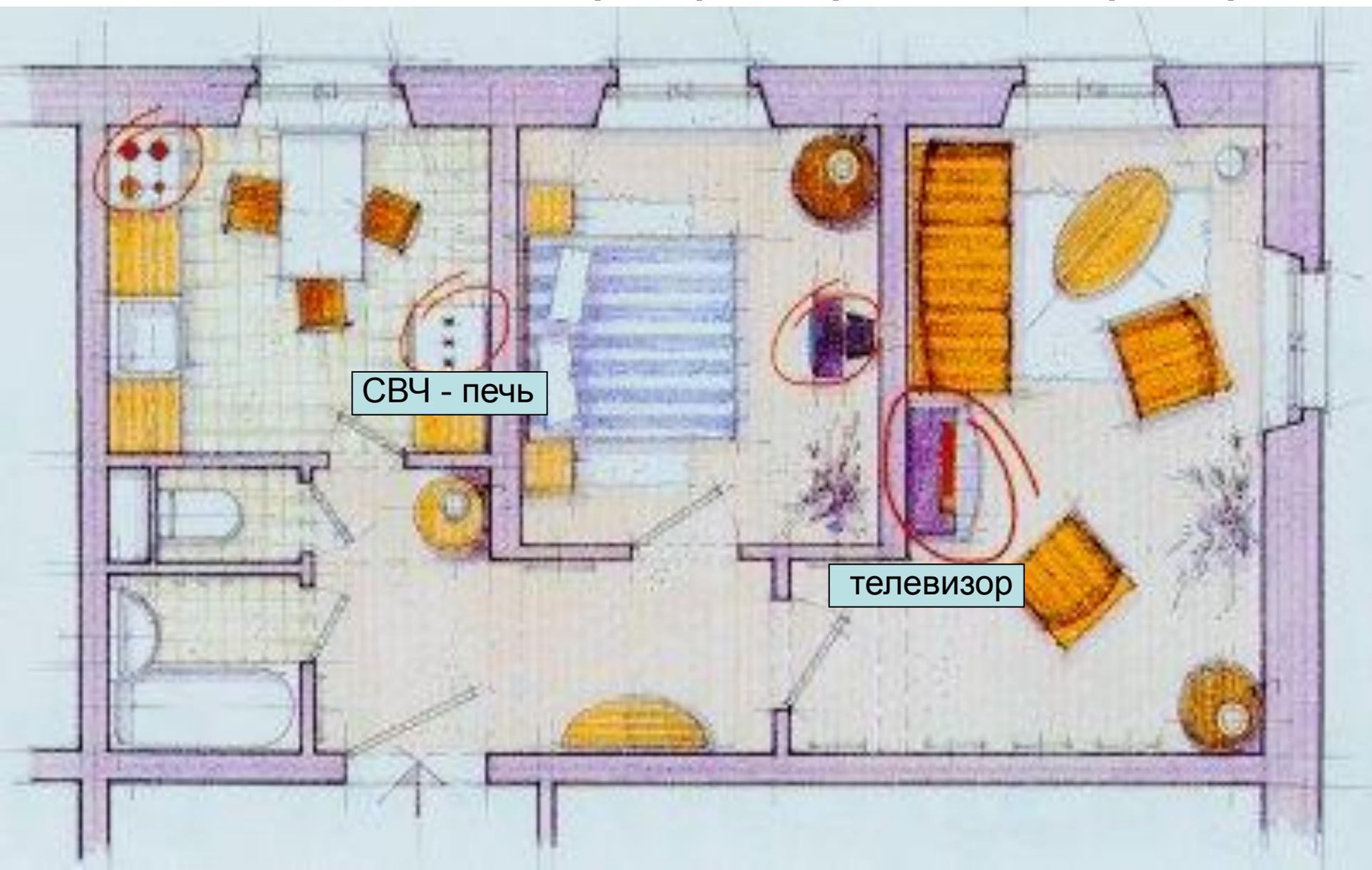
Инженерно-технические мероприятия включают:

- размещение рабочих мест в зонах ниже ПДУ излучений
 - защита «расстоянием»
 - защита «углом»
- использование средств подавления ЭМП на источнике, на трассе распространения (экранирование), у рецептора (средства индивидуальной защиты);
- использование коаксиальных линий передачи энергии, устранение паразитных наводок на электропровода, металлоконструкции зданий, сети водопровода и отопления, могущие быть переизлучателями электромагнитной энергии.

защита «расстоянием»

$$E \sim 1/Y^2$$

- **Вариант неправильного размещения бытовых электроприборов в квартире**





> 2 M

защита «углом»



↑
Диаграмма направленности антенны типа "Оmnнi"

→
Диаграмма направленности секторной антенны

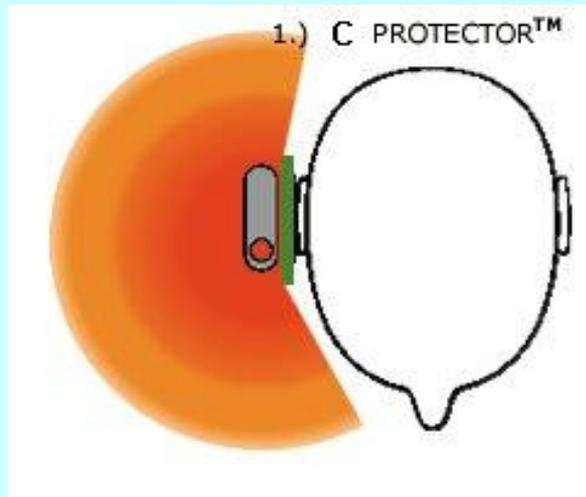
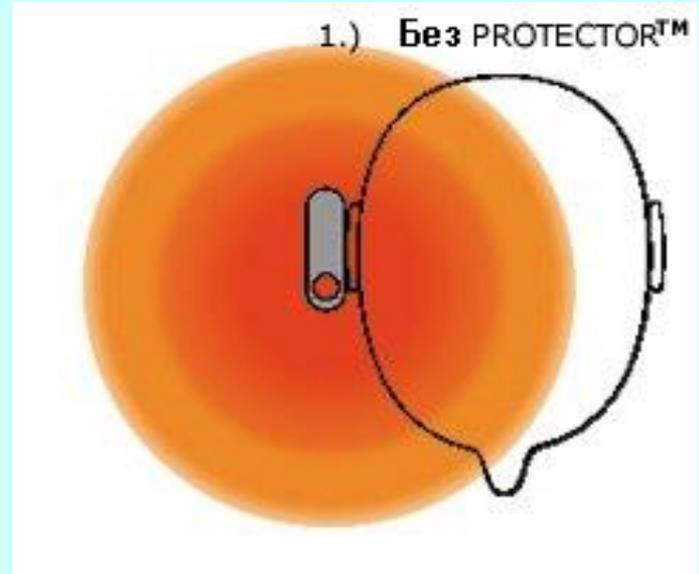




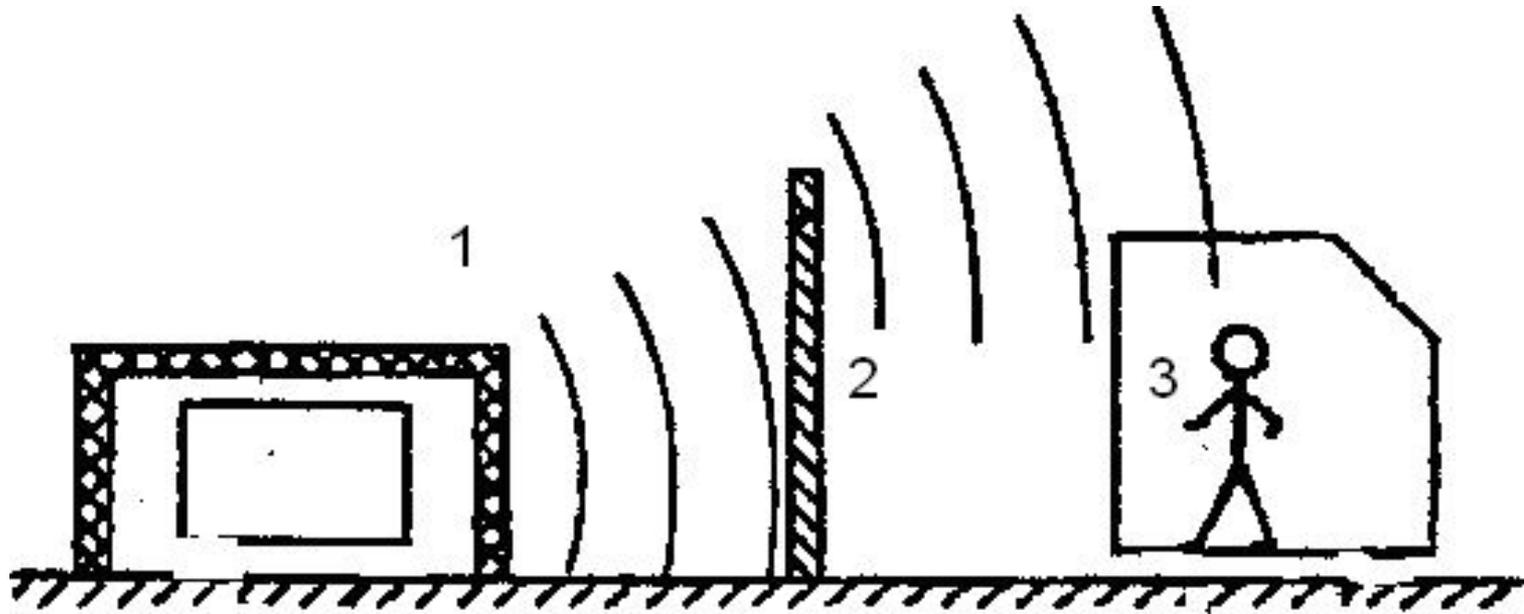
Распределение энергии излучения антенны БС



Pictures of a Nokia 5110 with the PRO TECH PLUS accessory.



Экранирование



Степень ослабления ЭМП зависит от конструкции экрана, материала и параметров источника излучения.

Коэффициент ослабления, дБ

$$L = 20 \lg \frac{E}{E_H}$$

$$L = 20 \lg \frac{H}{H_H}$$

$$L = 20 \lg \frac{\text{ППЭ}}{\text{ППЭ}_H}$$

- -отражение
- поглощение

Глубина проникновения волны, м

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{2\pi f \mu' \mu_0}}$$

Необходимая толщина сплошного экрана

$$\delta = \frac{65L}{\sqrt{f \mu_a \sigma}}$$



