

**В.О. Красовский**

***ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ  
ФАКТОР***

**(лекция для студентов БГМУ и курсантов ИПО)**

**г. Уфа, 2008 г.**

- Электромагнитная энергия от инфранизких до сверхвысоких частот находит широкое применение во всех областях науки и техники.
- Системы, генерирующие, передающие и использующие электромагнитную энергию для различных технологических процессов, создают в окружающей среде электромагнитные поля в диапазоне частот от долей герца до  $10^{24}$  Гц.

К электромагнитным полям относятся:

электростатическое, постоянное магнитное, низкочастотное поле (в т.ч. электрическое поле 50 Гц), электромагнитное поле радиочастот, инфракрасное, ультрафиолетовое, лазерное излучение.

Источниками электростатического поля (ЭСП) являются энергетические установки для электротехнологических процессов, применяемые в народном хозяйстве (электрогазоочистка, электростатическая сепарация руд и материалов, электростатическое нанесение лакокрасочных материалов и др.).

- Источниками постоянных магнитных полей (ПМП) являются электролизные ванны (электролизеры), линии передачи постоянного тока, электротехнические устройства, по которым поступает постоянный ток, различные магнитные устройства и установки (электромагниты, соленоиды, импульсные установки полупериодического или конденсаторного типа и др.).

- Электромагнитные поля радиочастот, образующиеся
- генераторами токов высокой частоты, используются для обработки металла и диэлектриков, в радиовещании;
- ультравысокочастотными генераторами в телевидении, радиосвязи и медицине;
- сверхвысокочастотными генераторами в радиосвязи, радиолокации, радионавигации, радиоспектроскопии, радиоастрономии и медицине.

- *Электромагнитное поле — особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами.*
- ЭМП в вакууме характеризуется вектором напряженности электрического (ЭП) и магнитного поля (МП), которые определяют силы, действующие со стороны поля на неподвижные и движущиеся заряженные частицы.

- ***Электромагнитное поле в воздушном пространстве распространяется в виде электромагнитных волн с конечной скоростью, близкой к скорости света. ЭМП по ходу своего распространения переносит энергию, оказывающую силовое воздействие на неподвижные и движущиеся заряды, что легло в основу определения его физических величин.***

- *Постоянное электрическое (электростатическое) поле* создается неподвижными электрическими зарядами и характеризуется взаимодействием с ними.
- Оно является наиболее распространенным стационарным физическим полем в энергетических установках и электротехнологических процессах.
- ЭСП может существовать в виде собственно электростатического поля (поле неподвижных зарядов) или стационарного электрического поля (электрическое поле постоянного тока).



- Основными физическими параметрами ЭСП являются напряженность поля и потенциалы его отдельных точек. Напряженность ЭСП ( $E$ ) - векторная величина, определяющая отношение силы, действующей в поле на точечный заряд, к величине этого заряда.
- Единицей напряженности является вольт на метр (В/м). Потенциал точки поля является его энергетической характеристикой. Потенциал любой точки ЭСП равен энергии, которую необходимо затратить для перемещения электрического заряда, создающего ЭП, из бесконечности в данную точку поля.

- Потенциал бесконечно удаленных точек принимается равным нулю. Обычно за поверхность нулевого потенциала принимают поверхность Земли и проводящие тела, связанные с Землей. Единицей потенциала является вольт (В).
- Поверхности, расположенные в пространстве, окружающем электростатические заряды с равными потенциалами всех точек, называются поверхностями равного потенциала. Величина потенциала ( $U$ ) определяется электрическим зарядом и емкостью
  - $U = q : C,$
- где  $q$  - электрический заряд, Кл;  $C$  - электрическая емкость, *Фарад*.

- Данное соотношение справедливо лишь для проводников, а для диэлектриков значение электрической емкости при одном и том же электрическом заряде изменяется в пределах, обусловленных взаимным размещением материалов и окружающих его заземленных конструкций. Измерение потенциала дает лишь качественную оценку степени электризации материала в данных условиях. Поэтому для гигиенической оценки интенсивности ЭСП наиболее объективным физическим параметром является напряженность поля.

- *Постоянное магнитное поле (ПМП)* характеризуется взаимодействием с движущимися электрическими зарядами.
- В ПМП на движущийся электрический заряд действует сила, изменяющая траекторию движения этого заряда. ПМП создается постоянным электрическим током или веществами, имеющими свойства постоянных магнитов.
- Электрическое поле постоянных магнитов сосредоточено в их веществе и не выходит за их пределы.

- Силовыми характеристиками ПМП являются магнитная индукция и напряженность магнитного поля.
- Магнитная индукция равна силе, действующей в данном поле на проводник единичной длины с единичным током.
- Единицей магнитной индукции является тесла (Тл). Эта величина зависит от свойств среды, в которой существует магнитное поле.
- Напряженность магнитного поля определяется силой, действующей в магнитном поле на проводник с током независимо от свойств среды. Вектор напряженности совпадает с вектором индукции. Единицей напряженности является ампер на метр (А/м).

- *Переменное электромагнитное поле – это совокупность магнитного и электрического полей, распространяющаяся в пространстве в виде электромагнитных волн.*
- *Основными физическими параметрами являются скорость распространения электромагнитной волны, длина волны, частота колебаний которые связаны соотношением:*

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

- $\lambda$  - Длина волны
- $C$  – Скорость света
- $3 * 10^8 + 8$  м/с
- $F$  – частота, Гц
- $\mu$  - магнитная проницаемость среды
- $\epsilon$  - диэлектрическая проницаемость среды

$$\lambda = \frac{C}{F} * \sqrt{\mu * \epsilon}$$

• *Расчёты:*

$$C = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$F = 3000000000 \text{ Гц}$$

$$\lambda = C : F = 0.1 \text{ м}$$

$$\lambda_1 = 0.1 \text{ м} \cdot \sqrt{10 \cdot 20} = 1.4 \text{ м}$$

$$\mu = 10, \varepsilon = 20$$

$$K = \lambda : \lambda_1 = 0.07$$



- Электромагнитные волны по частоте подразделяют на диапазоны:
- низких частот (НЧ)
- средних частот (СЧ)
- высоких частот (ВЧ)
- очень высоких частот (ОВЧ)
- ультравысоких частот (УВЧ)
- сверхвысоких частот (СВЧ)
- крайне высокие частоты (КВЧ)

- По длине волны различают:
- километровые,
- гектометровые,
- декаметровые,
- метровые,
- дециметровые,
- сантиметровые,
- миллиметровые диапазоны.

- **Единицы измерения интенсивности ЭМП**
  - **в Международной системе единиц (СИ)**

<b>Диапазон</b>	<b>Название</b>	<b>Обозначение</b>	
<b>Постоянное магнитное</b>	<b>Напряжённость</b>	<b>Ампер/метр (А/м)</b>	
	<b>Магнитная индукция</b>	<b>Тесла (Тл)</b>	
<b>Постоянное электрическое (электростатическое) поле</b>	<b>Напряжённость поля</b>	<b>Вольт/метр (В/м)</b>	
	<b>Потенциал</b>	<b>Вольт</b>	
<b>Электромагнитное поле</b>	<b>Напряжённость</b>		
	<b>До 350 МГц</b>	<b>Магнитного поля</b>	<b>Ампер/метр (А/м)</b>
		<b>Электрического поля</b>	<b>Вольт/метр (В/м)</b>
<b>От 350 МГц до 300 ГГц</b>	<b>Плотность потока энергии (тепловое действие)</b>	<b>Ватт на квадратный метр (Вт/кв. м)</b>	

- **Спектры электромагнитного поля по частоте**

<b>Границы диапазона</b>	<b>Название диапазона</b>
<b><math>3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^5</math></b>	<b>Низкие (НЧ)</b>
<b><math>3 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^6</math></b>	<b>Средние (СЧ)</b>
<b><math>3 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^7</math></b>	<b>Высокие (ВЧ)</b>
<b><math>3 \cdot 10^7 - 3 \cdot 10^8</math></b>	<b>Очень высокие частоты (ОВЧ)</b>
<b><math>3 \cdot 10^8 - 3 \cdot 10^9</math></b>	<b>Ультравысокие частоты (УВЧ)</b>
<b><math>3 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{10}</math></b>	<b>Сверхвысокие частоты (СВЧ)</b>
<b><math>3 \cdot 10^{10} - 3 \cdot 10^{11}</math></b>	<b>Крайне высокие частоты (КВЧ)</b>
<b><math>3 \cdot 10^{11} - 3 \cdot 10^{12}</math></b>	<b>Гипервысокие частоты (ГВЧ)</b>

- Спектры электромагнитного поля по длине волны**

<b>Границы диапазона</b>	<b>Название диапазона</b>
<b><math>10E4 - 10E3</math> (1 000 м)</b>	<b>Километровые [Длинные (ДВ)]</b>
<b><math>10E3 - 10E2</math> (100 м)</b>	<b>Гектаметровые [Средние (СВ)]</b>
<b><math>10E2 - 10</math> (10 - 1 м)</b>	<b>Декаметровые [Короткие (КВ)]</b>
<b><math>10E1 - 1</math> (1 - 0,1 м)</b>	<b>Метровые [Ультракороткие (УКВ)]</b>
<b><math>1 - 10E-1</math> (0.1 м)</b>	<b>Дециметровые</b>
<b><math>10E-1 - 10E-2</math> (см)</b>	<b>Сантиметровые [Микроволны]</b>
<b><math>10E-2 - 10E-3</math> (мм)</b>	<b>Миллиметровые</b>

- **Электромагнитные колебания, создаваемые высокочастотными генераторами, могут быть:**
- **а) Модулированными (гармоническими), в которых электрическая и магнитная составляющие изменяются по закону синуса**
- **б) Не модулированные колебания, в которых электрическая и магнитная составляющие изменяются по амплитуде, частоте или фазе.**
- **Отсюда следуют понятия "частотной модуляции", "импульсной модуляции".**

- Свойства электромагнитных полей меняются по мере удаления от источника. Распространяясь вокруг источника излучения в пространстве, электромагнитное поле условно делится на три зоны:
- **Ближнюю — зону индукции,**
- **Промежуточную — зону интерференции**
- 
- **Дальнюю — волновую зону.**

- В зоне индукции нет сформированного "электромагнитного поля, электрическая и магнитная составляющие не связаны между собой в определенной зависимости, их векторные величины смещены по фазе на  $90^\circ$ : если одна достигает максимума, другая — минимума.
- Поэтому возможно воздействие преимущественно либо электрического, либо магнитного переменного поля, либо того и другого одновременно.
- В ближней и промежуточной зоне следует обязательно определять **отдельно** напряженность электрического и магнитного полей.



- В волновой зоне, где электромагнитное поле сформировано, напряженность электрического и магнитного полей совпадает по фазе и математически подчинена следующей зависимости:
  - $E = 377 * H$
- Где:  $E$  – электрическая составляющая,  $H$  – магнитная составляющая, коэффициент 377 — волновое сопротивление пространства (воздуха).
- Воздействие на организм электрического и магнитного полей в этой зоне одноментно в соответствии с указанной зависимостью.

- Поэтому в волновой зоне для оценки гигиенической ситуации:
- Достаточно измерить одну составляющую электромагнитного поля: электрическую или магнитную ( $E$  или  $H$ ) ЭМП
- Гигиеническое нормирование может проводиться только по одной составляющей, зачастую по напряженности электрического поля.

- При проведении измерения напряженности ЭМП важно установить, в какой зоне находится рабочий. От этого зависит и выбор приборов для измерений, и порядок замеров
- **Введём понятие:** Точечный источник – это такой излучатель, у которого геометрические размеры источника излучения меньше длины волны
- В этом случае справедливы неравенства, определяющие протяжённость зон.

- Неравенства определяющие размеры зон от точечных источников излучений:
- $R < \lambda : 2\pi$  — зона индукции (ближняя);
- $\lambda : 2\pi < R < 2\pi\lambda$  — промежуточная зона;
- $R > 2\lambda\pi$  — волновая зона.
- Где:  $\pi$  - число ПИ (3.14...),  $\lambda$  - длина волны,
- $R$  – расстояние
- **Например:  $\lambda = 1$  м, тогда:**
- *Ближняя зона простирается от источника на  $R < 1 : 6.28 = 0.16$  м*
- *Промежуточная зона простирается в пределах от границы ближней зоны до волновой:  $0.16 < R < 6.28$*
- *Волновая зона начинается с 6.28 м от источника*

- Другой пример.
- Предположим, что необходимо провести измерения у станка токов высокой частоты (ТВЧ). Известно, что станок работает на частоте 300 кГц (3000 Гц).
- 1. Для того чтобы определить на каких расстояниях от станка следует применять приборы для ближнего поля, а на каких - дальнего, вначале определим длину волны:
  - $\lambda = 300\,000\,000 \text{ м/с} : 3\,000 \text{ с}^{-1} = 10\,000 \text{ м} \approx 10 \text{ км}$
- 2. Ближняя зона (Ближнее поле):
  - $R < \lambda : 2\pi = 10 \text{ км} : 6,28 = 1,6 \text{ м}$
- 3. Дальняя (сформированная волна) зона:
  - $R > 2\lambda\pi = 2 * (10 \text{ км} * 6,28) = 125,6 \text{ м}$
- 4. Расстояние *от 1.6 м до 125.6 м* – является промежуточной зоной.

- Между приведенными закономерностями четкой границы не существует: правильнее говорить о преобладании той или иной зоны.
- Условно расстояние распространения зоны индукции от излучателя электромагнитного поля для километровых волн составляет 160—500 м, гектометровых — 16—160 м, декаметровых—1,6—16 м, метровых—< 1,6 м.
- Для волновой зоны, в которой практически находятся работающие со сверхвысокочастотной аппаратурой, зона индукции составляет 1,6—16 см для дециметровых и 0,16—1,6 см — для сантиметровых волн.

- **Рабочие места располагаются:**

- При работе с источниками километровых, гектометровых, декаметровых, метровых (НЧ, СЧ, ВЧ и ОВЧ) волн, рабочее место находится в зоне индукции (ближнем поле)
- При работе с источниками дециметровых, сантиметровых и миллиметровых (УВЧ, СВЧ, КВЧ) волн, рабочее место находится в промежуточной и волновой зоне.

- Когда источником излучения являются длинные щели, жалюзи, отверстие в экране, область сформированного электромагнитного поля находится практически на расстоянии нескольких длин **излучающей щели**.
- В случае применения рупорных источников (антенн) волновая зона определяется из следующего соотношения:
  - $R > [2(L1 + L2) * (L1 + L2)] * \lambda$
- где  $L1, L2$  — размер раструба рупора;  $\lambda$  — длина волны, м;  $R$  — расстояние до источника излучения.



- Напряженность электрического и магнитного полей является силовой характеристикой электромагнитного поля.
- Одновременно с этим существует энергетическая характеристика— поверхностная плотность потока энергии (ППЭ), единицей которой является ватт на квадратный метр (Вт/м<sup>2</sup>).
- ППЭ — это энергия, переносимая от источника электромагнитного излучения через единичную площадку за единицу времени в зоне плоско сформировавшейся волны.
- Поверхностная плотность потока энергии и напряженность электрического поля связаны соотношением:
  - **ППЭ = E / 377**

- В производственных помещениях, где много металлического оборудования, в экранированных замкнутых пространствах могут возникать как прямые, так и отраженные электромагнитные волны.
- В таких случаях величина плотности потока энергии (ППЭ) через единицу поверхности не будет адекватно характеризовать уровень воздействия ЭМП на человека.

- В ситуации отражённых электромагнитных волн, оценку количества энергии поля следует давать по объёму ( $W$ ) помещения и выражать в Дж/куб.м.
- (пример: Компьютерный класс, радиомастерская с испытательными стендами СВЧ и УКВ)
- Оценка количества распространяемой и отражённой энергии поля возможна только для волновой зоны в соотношении с электрической или магнитной составляющими ЭМП. Для этого рассчитывают поверхностную плотность потока энергии.

- $W$  – энергия излучения ЭМП в единице объема, Дж/кв.м
- $W_E$  – Энергия излучения электрического поля Дж/кв.м
- $W_H$  – Энергия излучения магнитного поля Дж/кв.м
- $E$  – Напряжённость электрического поля В/м
- $H$  - Напряжённость магнитного поля А/м
- $P$  – поверхностная плотность потока энергии
- По величине  $W$  можно судить о степени облучения сложными полями, которые обусловлены, например, одновременной работой нескольких источников генерации одного диапазона или разных частот.

$$W = W_E + W_H$$

$$W = W_E = \frac{10^{-8}}{72} * E^2$$

$$W_H = 2 * \pi * 10^{-6} * H^2$$

$$W = 3,3 * 10^{-7} * P$$

- Электромагнитная энергия в окружающей человека среде, представляет собой неионизирующие переменные и постоянные поля, которые можно измерять в разных единицах: по напряжённости (В/м, А/м), по тепловым свойствам (плотность потока энергии - Вт/м), по индукции и/или потенциалу.
- Для учёта длительности воздействия этих полей на работающего человека, применяют единицы энергетической нагрузки (экспозиции).

- В ближнем поле - это квадрат напряжённости ЭП или МП на время действия.
- $ЭН = E * E * T \text{ (В/м * В/м) * час}$
- $ЭН = H * H * T \text{ (А/м * А/м) * час}$
- Где:
- ЭН - энергетическая нагрузка (экспозиция),
- E - электрическая напряжённость поля, H - магнитная напряжённость поля,
- T - время действия в часах

- Государственные стандарты и санитарные правила уже давно нормируют энергетическую экспозицию. К сожалению, эта производная единица не получила достаточно широкого применения в практике Госанэпиднадзора. И особенно в области надзора за эксплуатацией вычислительной техникой.
- В СанПин"ах с 1996 г. был применён Шведский стандарт МП R 1990:8, 10 и ТСО 95. Однако не учли, что документ содержит нормы технической достижимости, которые применяются при контроле готового изделия (в отделах технического контроля).

- Нормируемые параметры в действующих санитарных правилах СанПин 2.2.2/2.4.1340-03 напряжённости поля от дисплеев в двух диапазонах зависят от множества причин и обстоятельств, в том числе и от влажности (электропроводности) воздуха. Выходной контроль изделия на заводе, учитывает эти обстоятельства.
- На практике измерение ЭМП от видеотерминалов с оценкой по указанному шведскому стандарту представляет неразрешимую задачу, поскольку на результаты замеров оказывают большое влияние микроклиматические факторы (влажность воздуха и соответствующую его электропроводность), а также соблюдение однотипности используемого оборудования, освещённость помещений и прочее.



- Результаты измерений полей от дисплеев во многом зависят от работы соседних источников, конфигурации помещения, передвижения персонала, и ещё раз подчеркнём - от электропроводности воздуха и практически размыты тем явлением, которое обозначаем как "электромагнитный смог".
- **Электромагнитный смог - загрязнение среды обитания человека неионизирующими излучениями от устройств использующих, передающих и генерирующих электромагнитную энергию, возникшее из-за несовершенства техники и/или нерационального её применения.**

- Причины электромагнитного смога многообразны. Следует различать внешние и внутренние источники явления.
- Внешние электромагнитные загрязнители – линии электропередач, передающие радиотехнические устройства (ПРТО), неоновая реклама.
- Внутренние источники в производственных и иных помещениях обусловлены несоответствием принятого заземления осветительной сети зданий новому классу потребителей – импульсным.

- В 30-х годах сформировалась стандартная система электроснабжения зданий из двух сетей:
- на 380 в (высоковольтная, промышленная, трёхфазная сеть)
- на 220 в (двухфазная, осветительная сеть).
- В эти же годы сформировался принцип: высоковольтную сеть заземлять "на каждом шагу", а осветительную – на распределительной подстанции и входе в здание.
- Этот принцип был обоснован особенностями существовавших в эти годы потребителей осветительной среды.

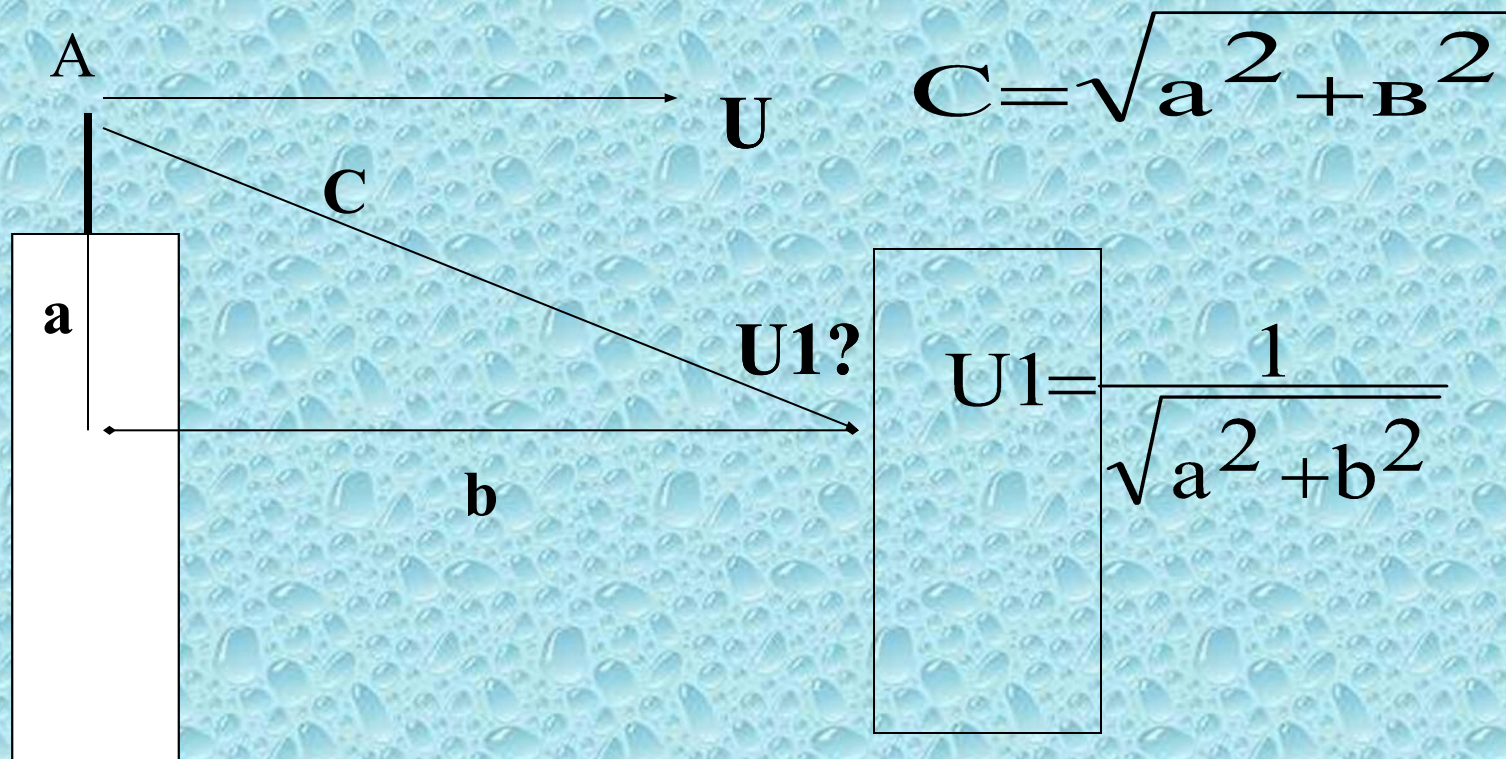
- Эти потребителя представляли устройства, потребляющие энергию из сети – ламинарно, линейно. Так, преобладали лампы накаливания, утюги, ламповые приёмники.
- Появление в 70-х годах газоразрядных ламп, оргтехники создали новый класс потребителей осветительной электроэнергии – импульсных. Потребление энергии у них происходит периодически: приём энергии, затем простой. В момент отсутствия потребления, часть энергии возвращается в сеть.
- Поскольку, осветительная сеть заземлена только на входе в здание, часть возвращаемой электроэнергии не удаляется заземлением из сети и накапливается в ней.

- В итоге такого процесса избыток энергии выделяется на розетках, выключателях, а также на приборах включённых сеть.
- Различаем две стадии внутреннего электромагнитного смога:
  - а) нагрев и подгорание полимерных изолирующих оболочек токонесущих проводов с выделением продуктов термодеструкции полимера,
  - б) Возгорание.

- В середине 70-х годов, в США по этой причине, сгорело несколько небоскрёбов. Правительство вынуждено было пересмотреть все стандарты и правила эксплуатации электроустановок и в результате был принята электророзетка (евророзетка) для осветительной сети на три разъёма: для двух фаз и для местного заземления или зануления.
- Таким образом, осветительная сеть стала заземляться точно также, как и промышленная (трёхфазная).

- Внешний электромагнитный смог в первую очередь создаётся передающими радиотехническими устройствами (ПРТО). Они представляют собой излучающие антенны самой различной формы (в основном тарелки, штыри).
- На следующем слайде представлен рисунок объясняющий постановку задачи оценки гигиенической безопасности антенны.
- Антенна размещена на крыше здания. Необходимо определить напряжённость поля в точке обозначенной "U?"

# Гигиеническая оценка безопасности антенны





- *Расчёт гигиенической безопасности антенны* предполагает:
- 1. Знакомство с документацией. Из неё например следует, что антенна представляет собой источник сферического излучения. Напряжённость поля на антенне равно 20 В/м, излучение осуществляется на частоте 300 МГц.
- **2. Определение длины волны:**

$$\lambda = \frac{C}{F} = 1\text{ м}$$

- 3. Зонирование образуемого источником, электромагнитного поля по ранее обсуждённым неравенствам:
- *Ближняя зона простирается от источника на  $R < 1 : 6.28 = 0.16$  м*
- *Промежуточная зона простирается в пределах от границы ближней зоны до волновой:  $0.16 < R < 6.28$*
- *Волновая зона начинается с 6.28 м от источника*

- **4. Расчёт ослабления поля с расстоянием проводим по формуле Введенского:**
- **5. Для этого необходимо знать размеры катетов треугольника, изображённого на рисунке.**

$$U = \frac{1}{R^2}$$

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} = 22,4 \text{ м}$$

- 6. Предположим, что:
- катет **a** = 10 м, катет **b** = 20 м. Тогда, гипотенуза равна = 22,4 м
- Следовательно, в заданной точке, напряжённость поля будет равна 0,002 В/м
  
- Оценку результата проводим по действующим санитарным правилам.
- Норматив для УКВ-частот: не > 5 В/м, для ОВЧ – не > 10 В/м.

$$U = \frac{1}{R^2} = \mathbf{0,002В / м}$$

- Для оценки коэффициента проникновения поля через стену, например, вычисляем две длины волны:
- **а) для воздуха**
  - $\lambda_1$
- **б) для препятствия**
  - $\lambda_2$

$$\lambda_1 = \frac{C}{F}$$

$$\lambda_2 = \frac{C}{F} * \sqrt{\mu * \varepsilon}$$

Таблица контрольного теста

ФИО \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_

<b>№№ вопроса</b>	<b>ОТВЕТЫ</b>			
	<i>а</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

- **Контрольные вопросы:**

- 1. Электромагнитное поле – это:
  - а) Поток электронов в воздушном или в безвоздушном пространстве
  - б) Электромагнитное поле — особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами.
  - в) Вид рентгеновского излучения, используемый для работы электрооборудования

- 2. Из каких видов энергий состоит электромагнитное поле?
- а) Из кинетической и потенциальной
- б) Из рентгеновской и лазерной
- в) Из электрической и статической
- г) Из магнитной и электрической



- 3. Основные физические единицы для измерения электромагнитных полей и их составляющих:
- а) Напряжённость поля, индукция, потенциал, частота
- б) Напряжённость поля, конвергенция, потенциал
- в) Потенциал, частота, мощность

- 4. Зонирование электромагнитных излучений от источника:
- а) Ближняя зона, дальняя зона и сверхдальняя зона
- б) Зона интерференции, диффузии и конвергенции
- в) Ближняя зона, промежуточная и дальняя зона
- г) Зона индукции, промежуточная зона и зона сформированной волны

- 5. Точечный источник излучений – это:
  - а) Размеры которого меньше длины волны
  - б) Размеры которого больше длины волны
- 6. Почему в ближней и промежуточной зоне переменного электрического поля необходимо раздельное определение электрической и магнитной энергии?
  - а) Потому что в этих зонах электромагнитная волна не сформирована и в каждой точке преобладает та или иная составляющая
  - б) Так положено по действующим методическим рекомендациям

- 7. Почему в зоне сформированной волны возможно измерение только одной составляющей переменного электрического поля?
- а) Потому что в этой зоне зависимость между составляющими электромагнитной волны находится в строгой зависимости
- б) Так положено по действующим методическим рекомендациям

## Правильные ответы

№№ вопроса	ОТВЕТЫ			
	<i>а</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>
1	<i>X</i>	+	<i>X</i>	<i>X</i>
2	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	+
3	+	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>
4	<i>X</i>	<i>X</i>	+	+
5	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>
6	+	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>
7	+	<i>X</i>	<i>X</i>	<i>X</i>