

ЛЕКЦИЯ 8

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

Источниками электромагнитных полей (ЭМП) в природе являются: магнитные бури, во время которых напряженность магнитного поля земли может вырастать в тысячи, а иногда в десятки тысяч раз.

Источниками ЭМП промышленной частоты 50 Гц являются электроустановки промышленных предприятий, шины высоковольтных электрических подстанций и токонесущие провода воздушных ЛЭП.

Источниками ЭМП радиочастотного диапазона являются антенны радиовещательных и телепередающих станций, специальных средств связи и радиолокационных станций.

ЭМП обладает определенной энергией и распространяется в виде электромагнитных волн. Основными параметрами электромагнитных колебаний являются: длина волны, частота колебаний и скорость распространения.

В зависимости от частоты колебаний электромагнитные излучения разделяют на ряд диапазонов: низкие частоты – НЧ (0,003 Гц – 30 кГц), высокие частоты – ВЧ (30 кГц – 30 МГц), ультравысокие частоты – УВЧ (30 – 300 МГц) и сверхвысокие частоты – СВЧ (300 МГц – 300 ГГц).

Область распространения электромагнитных волн от источника излучения условно разделяют на три зоны: ближнюю, промежуточную и дальнюю (волновую или зону излучения).

Ближняя зона имеет радиус, равный $1/6$ длины волны от излучателя. Дальняя зона начинается с расстояния от излучателя, равного примерно 6 длинам волн. Между ними располагается промежуточная зона.

Для оценки ЭМП в этих зонах используются разные принципы. В ближней и промежуточных зонах электромагнитная волна еще не сформировалась, поэтому интенсивность ЭМП оценивается отдельно напряженностью электрической (В/м) и магнитной (А/м) составляющих поля. В дальней (волновой) зоне ЭМП оценивается плотностью потока энергии (ППЭ), (Вт/м²).

Действие ЭМП на организм человека зависит от частоты, интенсивности и длительности воздействия ЭМП. Поглощаемая организмом энергия электромагнитного излучения вызывает нагрев тканей. Перегревание отдельных тканей и органов ведет к их заболеваниям, а повышение температуры тела на 1 °С и выше не допустимо. Облучение глаз может вызвать помутнение хрусталика. Электромагнитные излучения оказывают неблагоприятное влияние на центральную нервную систему, вызывают нарушения в деятельности сердечно-сосудистой системы, обмене веществ. Люди, подвергающиеся воздействию ЭМП (особенно электротехнический персонал) заболевают раковыми болезнями на 15 % чаще, чем работники других профессий.

Нормирование ЭМП

В зависимости от диапазона частот в основу гигиенического нормирования положены различные принципы. Известно, что в промышленных установках с частотой тока 50 Гц человек поглощает энергию ~ в 50 раз больше, чем энергию магнитного поля, поэтому воздействием магнитного поля в практике обычно пренебрегают.

Критерием безопасности для человека, находящегося в электрическом поле промышленной частоты, принята напряженность этого поля. Согласно ГОСТ 12.1.002-75 «ССБТ. Электрические поля токов промышленной частоты напряжением 400 кВ и выше. Общие требования безопасности» нормируется время пребывания человека в электрическом поле (ЭП) в зависимости от напряженности (табл. 1).

Таблица 1.

Время пребывания человека в ЭП в зависимости от напряженности

Напряженность ЭП, кВ/м	Время пребывания человека в ЭП в течение 1 суток, мин.
< 5	Без ограничений
От 5 до 10	Не более 180
От 10 до 15	Не более 90
От 15 до 20	Не более 10
От 20 до 25	Не более 5

В диапазоне частот 60 кГц ... 300 МГц нормируются напряженности электрической и магнитной составляющих ЭМП. Они установлены ГОСТом 12.1.006-84 «ССБТ Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности».

Напряженность ЭМП на рабочих местах и в местах возможного нахождения персонала не должна превышать следующих предельно-допустимых значений:

По электрической составляющей, В/м:
50 для частот от 60 кГц до 3 МГц,
20 для частот от 3 МГц до 30 МГц,
10 для частот от 30 МГц до 50 МГц,
5 для частот от 50 МГц до 300 МГц;

По магнитной составляющей, А/м:
5 для частот от 60 кГц до 1,5 МГц,
0,3 для частот от 30 МГц до 50 МГц.

В диапазоне частот 300 МГц ... 300 ГГц нормируется плотность потока энергии (ППЭ) электромагнитного поля. Предельно допустимая ППЭ зависит

от допустимого значения энергетической нагрузки на организм человека и времени пребывания в зоне облучения.

$$\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}} = \text{ЭН}_{\text{ПДУ}}/T,$$

где нормативная ЭН за рабочий день равна $2 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$,

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

При этом максимальное значение ППЭ не должно превышать $10 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Напряженность постоянного магнитного поля не должно превышать $8 \text{ кА}/\text{м}$ (СН 17-48-79).

Средства и способы защиты от ЭМП

Применяют следующие способы и средства защиты: экранирование установки (источника ЭМП) и рабочего места; удаление рабочего места от источника ЭМП на безопасное расстояние (защита расстоянием); рациональная планировка помещения; установление рациональных режимов работы обслуживающего персонала (защита временем); применение блокировки и предупреждающей сигнализации (световой, звуковой); применение средств индивидуальной защиты.

Экраны выполняют в виде замкнутых объемов (камер, кожухов, шкафов), кабин, ширм и т.д. Из материалов с большой электрической проводимостью (медь, латунь, алюминий) для защиты от ЭМП радиочастот и из магнитных материалов (сталь листовая, электротехническая) для защиты от полей промышленной частоты. В схемах управления электромагнитными камерами для термической обработки предусматривают блокировки, исключающие возможность включения индуктора при незакрытых воротах камеры и его отключение при открытии ворот. Над воротами камеры устанавливают световую сигнализацию.

В качестве средств индивидуальной защиты применяют спецодежду (комбинезоны, халаты, куртки с капюшоном и другие), изготовленную из металлизированной ткани. Для защиты органов зрения применяют очки с металлизированными стеклами.

Предусматривают предварительные и периодические (1 раз в 2 года) медицинские осмотры персонала.

Защита от полей магнитных бурь:

- сообщать о неблагоприятных днях,
- ограничивать физическую нагрузку в неблагоприятные дни,
- принимать лекарства по назначению врача.

Ионизирующие излучения

Ионизирующим излучением называется любое излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды (образование заряженных атомов или молекул – ионов).

К ионизирующим излучениям относятся корпускулярные излучения (потoki α - и β -частиц, нейтронов, протонов и других) и электромагнитные (γ -излучение, рентгеновское и другие).

Источники ионизирующего излучения широко применяются в различных отраслях промышленности (атомные электростанции, приборы контроля технологических процессов, дефектоскопия и т.п.).

Действие на организм человека

Различают внешнее облучение (источник находится вне организма) и внутреннее облучение (радиоактивные вещества попадают внутрь организма, например через рот или органы дыхания). Ионизирующее излучение вызывает сложные биохимические процессы: в клетках нарушаются обменные процессы, имеют место изменения в центральной нервной системе, крови и кровеносных органах и т.д. Действие ионизирующих излучений не воспринимается органами чувств человека и не сопровождается какими-либо ощущениями в момент их действия.

Характеристики воздействия излучения

Биологическое действие ионизирующего излучения зависит от вида излучения и поглощенной дозы.

Поглощенная доза D – это средняя энергия, переданная излучением единице массы вещества. В СИ за единицу поглощенной дозы принят грей (Гр), соответствующий энергии в 1 Дж, переданной массе в 1 кг (1 Гр = 1 Дж/1кг). внесистемная единица поглощенной дозы – рад: 1 рад = 0,01 Гр.

В связи с тем, что биологические последствия облучения человека различными видами ионизирующих излучений неодинаковы, введено понятие **эквивалентной дозы H** , определяемое как произведение поглощенной дозы на средний коэффициент качества излучения Ω в данной точке биологической ткани:

$$H = \bar{\Omega} D$$

В СИ за единицу эквивалентной дозы принят зиверт (Зв): 1 Зв = 1 Гр/ Ω = (1 Дж/кг)/ Ω . Безразмерный коэффициент качества Ω определяет зависимость неблагоприятных биологических последствий в данной биологической ткани. Международной комиссией по радиационной защите рекомендуются следующие значения коэффициента качества для различных видов излучения:

- рентгеновского, γ -излучения, β -частиц, электронов $\Omega = 1$;
- нейтронов, протонов $\Omega = 10$;
- α -частиц, многозарядных частиц $\Omega = 20$.

Доза эффективная – величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и

отдельных его органов с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного органа или ткани W_T (табл. 2).

$$E = \sum H_{\tau} \cdot W_T,$$

где H_{τ} - эквивалентная доза в ткани за время τ .

Таблица 2.

Значения коэффициента W_T для отдельных видов ткани и органов

Вид ткани, орган	W_T
Гонады	0,2
Костный мозг (красный), легкие, желудок	0,12
Печень, грудная клетка, щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01

Для характеристики ионизирующей способности рентгеновского и γ -излучения введено понятие **экспозиционной дозы**, представляющий собой полный заряд ионов одного знака, возникающих в единице массы сухого атмосферного воздуха. Единица экспозиционной дозы в СИ – кулон на килограмм (Кл/кг). Внесистемная единица – рентген (Р), $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$.

Радиоактивные вещества характеризуются скоростью распада, называемой активностью A . В СИ в качестве единицы активности принят беккерель (Бк) – 1 Бк соответствует одному акту распада за одну секунду. Внесистемная единица активности – кюри (Ки): $1 \text{ Ки} = 3,700 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

Нормирование излучения

Нормами радиоактивной безопасности (НРБ-96) установлены следующие категории облучаемых лиц:

Группа А – персонал, т.е. лица, непосредственно работающие с источниками ионизирующих излучений;

Группа Б – лица, находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия;

Группа С – всё население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.

Для категорий облучаемых лиц устанавливаются три класса нормативов: основные дозовые пределы, допустимые уровни, соответствующие основным дозовым пределам и контрольные уровни (табл. 3).

Таблица 3.

Основные дозовые пределы облучения (НРБ-96)

Нормируемые величины	Дозовые пределы, мЗв	
	Лица из персонала (группа А)	Лица из населения
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эффективная доза за год в:		
Хрусталике	150	15
Коже	500	50
Кистях и стопах	500	50

Дозы облучения персонала группы Б не должны превышать $\frac{1}{4}$ значений для персонала группы А.

Защита от ионизирующих излучений обеспечивается следующими средствами и методами:

- изоляцией или ограждением источников излучений с помощью специальных камер, экранов, ограждений и т.д.
- ограничением времени пребывания персонала в радиационно-опасной зоне (защита временем);
- удалением рабочего места от источников излучения (защита расстоянием);
- применением дистанционного управления, средств сигнализации и контроля;
- использованием средств индивидуальной защиты.

Для защиты устройств применяют следующие материалы: свинец, сталь, чугун, вольфрам, бетон, баритобетон, кирпич и др.

Свинец используют для защитных устройств γ -дефектоскопов, защитных контейнеров для хранения и транспортировки источников излучения, а также при сооружении защитных дверей, ширм и т.д.

Свинцовое стекло используют в защитных устройствах, обеспечивающих визуальный обзор. Стёкла изготавливают толщиной 10, 15, 20 и 25 мм (эквивалент свинца толщиной 2,5; 4; 5; 6,5 мм).

Свинцовую резину толщиной 3 мм применяют для ширм, экранов и т.п. По своим защитным свойствам она эквивалентна свинцу толщиной 1 мм.

Сталь и чугун применяют в основном как конструкционный материал для дверей, ворот и др. элементов защиты.

Бетон, кирпич – применяют для сооружения стационарных защитных устройств (камер, ограждений и т.п.).

Радиационно-опасную зону следует маркировать с помощью знаков радиационной опасности (треугольник, форма и размеры которого должны соответствовать требованиям ГОСТ), флажков, канатов, предупреждающих надписей, хорошо видимых на расстоянии не менее 3 м.

В зависимости от вида работ и степени радиационной опасности применяют различные средства индивидуальной защиты: спецодежду (комбинезоны, халаты, куртки и другие), спецобувь (сапоги), перчатки, очки, щитки, СИЗ органов дыхания и т.п.

При выполнении всех видов работ с источниками ионизирующих излучений работающие проходят предварительные при поступлении на работу и периодические (1 раз в 12 месяцев) медицинские осмотры с целью профилактики профессиональных заболеваний.

Уровень излучений на рабочих местах, дозы облучения персонала, эффективность радиационной защиты контролирует служба радиационной безопасности.

Для дозиметрического контроля применяют приборы индивидуального контроля – различные дозиметры.