

Занятие № 8

Воздействие радиации на организм человека.

Расчёт напряжённости поля УВЧ-диапазона.

Цель работы

Определение напряженности поля, создаваемую передатчиком изображения, при заданных мощности передатчика P , коэффициенте направленного действия антенны G , высоте фазового центра антенны H , расстоянии r .

Теоретические сведения

Электромагнитное поле

Источник возникновения - промышленные установки, радиотехнические объекты, медицинская аппаратура, установки пищевой промышленности.

Характеристики электромагнитного поля:

- длина волны λ , [м]
- частота колебаний f , [Гц]

Номенклатура диапазонов частот (длин волн) по регламенту радиосвязи:

Таблица 8.1.

Номер диапазона	Диапазон частот f , Гц	Диапазон длин волн	Соотв. метрическое подразд.
1	30-300 кГц	10^4 - 10^3	НЧ
2	300-3000 кГц	10^3 - 10^2	СЧ (гектометровые)

3	3-30 МГц	10^2 -10	ВЧ (декометровые)
4	30-300 МГц	10-1	метровые
5	300-3000 МГц	1-0,1	УВЧ (дециметровые)
6	3-30 ГГц	10-1 см	СВЧ (сантиметровые)
7	30-300 ГГц	1-0,1 см	КВЧ (миллиметровые)

Электромагнитные поля НЧ часто используются в промышленном производстве (установках) - термическая обработка.

ВЧ - радиосвязь, медицина, ТВ, радиовещание.

УВЧ - радиолокация, навигация, медицинская, пищевая промышленность.

Пространство вокруг источника электрического поля условно подразделяется на зоны:

- ближнего (зону индукции);
- дальнего (зону излучения).

Граница между зонами является величина: $R=\lambda/2\pi$.

В зависимости от расположения зоны, характеристиками электромагнитного поля является:

- в ближней зоне - составляющая вектора напряженности эл. поля [В/м] составляющая вектора напряженности магнитного поля [А/м];

- в дальней зоне - используется энергетическая характеристика: интенсивность плотности потока энергии $[Вт/м^2]$, $[мкВт/см^2]$.

Вредное воздействие эл. магнитных полей.

Электромагнитное поле большой интенсивности приводит к перегреву тканей, воздействует на органы зрения и органы половой сферы. Умеренной интенсивности: нарушение деятельности центральной нервной системы; сердечно-сосудистой; нарушаются биологические процессы в тканях и клетках. Малой интенсивности: повышение утомляемости, головные боли; выпадение волос.

Нормирование электромагнитных полей

Нормируемым параметром электромагнитного поля в диапазоне частот 60 кГц-300 МГц является предельно-допустимое значение составляющих напряженностей электрических и магнитных полей.

$$E_{\text{э}} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}_{H_{\text{э}}}}{T}}, [В / м] \quad (8.1.)$$

$$H_{\text{м}} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}_{H_{\text{б}}}}{T}}, [А / м] \quad (8.2.)$$

где $\mathcal{E}_{H_{\text{э}}}$ - предельно-допустимая энергетическая нагрузка составляющей напряженности эл. поля в течение рабочего дня $[(В/м)^2 \cdot ч]$;

$ЭН_m$ - предельно-допустимая энергетическая нагрузка составляющей напряженности магнитного поля в течение рабочего дня $[(A/m)^2 \cdot ч]$.

Нормируемым параметром электромагнитного поля в диапазоне частот 300 МГц-300 ГГц является предельно-допустимое значение плотности потока энергии.

Мероприятия по защите от воздействия электромагнитных полей:

1. Уменьшение составляющих напряженностей электрического и магнитного полей в зоне индукции, в зоне излучения - уменьшение плотности потока энергии, если позволяет данный технологический процесс или оборудование.

2. Защита временем (ограничение время пребывания в зоне источника электромагнитного поля).

3. Защита расстоянием (60 - 80 мм от экрана).

4. Метод экранирования рабочего места или источника излучения электромагнитного поля.

5. Рациональная планировка рабочего места относительно истинного излучения электромагнитного поля.

6. Применение средств предупредительной сигнализации.

7. Применение средств индивидуальной защиты.

Ионизирующее излучение

Ионизирующее излучение - излучение, взаимодействие которого со средой приводит к возникновению ионов различных знаков.

Характеристики ионизирующего излучения:

- Экспозиционная доза - отношение заряда вещества к его массе [Кл/кг];
- Мощность экспозиционной дозы [Кл/кг·с];
- Поглощенная доза - средняя энергия в элементарном объеме на массу вещества в этом объеме [Гр=Грей], внесистемная единица - [Рад];
- Мощность поглощенной дозы [Гр/с], [Рад/с];
- Эквивалентность - вводится для оценки заряда радиационной опасности при хроническом воздействии излучения произвольным составом [Зв=Зиверт], внесистемная единица [бэр].

1 Зв=1Гр/Q, где Q - коэф. качества (зависит от биологического эффекта ИИ).

- Радиоактивность - самопроизвольное превращение неустойчивого нуклида в другой нуклид, сопровождающееся испусканием ионизирующего излучения

Активностью радионуклида называется величина, которая характеризуется числом распада радионуклидов в ед. времени или числом радиопревращений в ед. времени. [Беккерель - Бк]

Виды и источники ионизирующего излучения в бытовой, производственной и окружающей среде:

К ионизирующему излучению ИИ относится:

- корпускулярная (α , β , нейтроны);
- (γ , рентг, электромагн.)

По ионизирующей способности наиболее опасно α излучение, особенно для внутреннего излучения (внутренние органы, проникая с воздухом и пищей).

Внешнее излучение действует на весь организм человека.

Фоновое облучение организма человека создается космическим излучением, искусственными и естественными радиоактивными веществами, которые содержатся в теле человека и окружающей среде.

Фоновое облучение включает:

- 1) Доза от космического облучения;
- 2) Доза от природных источников;
- 3) Доза от источников, испускающих в окружающую среду и в быту;
- 4) Технологически повышенный радиационный фон;
- 5) Доза облучения от испытания ядерного оружия;
- 6) Доза облучения от выбросов АЭС;
- 7) Доза облучения, получаемая при медицинских обследованиях и радиотерапии;

Эквивалентная доза - от космического облучения - 300 мкЗв/год.

В биосфере Земли находится примерно 60 радиоактивных нуклидов. Эффективность дозы облучения ТЭЦ в 5 - 10 раз выше, чем АЭС в увеличении фона.

При полете в самолете на высоте 8 км дополнительное облучение составляет 1,35 мкЗв/год.

Цветной телевизор на расстоянии 2,5 метра от экрана 0,0025 мкЗв/час, 5 см. от экрана - 100 мкЗв/час.

Средняя эквивалентная доза облучения при медицинских исследованиях 25 - 40 мкЗв/год. Дополнительные дозы облучения 0,5 мБэр/час на расст. 5 м. от бытовой аппаратуры 28 мРент/час.

Биологическое действие ионизирующего излучения

1. Первичные (возникают в молекулах ткани и живых клеток)

2. Нарушение функций всего организма

Наиболее радиочувствительными органами являются:

- костный мозг;
- половая сфера;
- селезенка

Изменения на клеточном уровне различают:

1. Соматические или телесные эффекты, последствия которых сказываются на человеке, но не на потомстве.

2.Стохастические (вероятностные): лучевая болезнь, лейкозы, опухоли.

3. Не стохастические - поражения, вероятность которых растет по мере увеличения дозы облучения. Существует дозовый порог облучения.

4. Генетические. 100%-я доза летальности при облучении всего тела 6 Гр, доза 50% выживания - 2,4-4,2 Гр. Лучевая болезнь - более одного Гр. У большинства кажущиеся клиническое улучшение длится 14 - 20 суток.

Период восстановления продолжается 3-4 месяца. Повышенной опасностью обладают радионуклиды, попавшие внутрь (с пищей, воздухом, водой).

Наиболее опасен воздушный путь (за 6 ч. вдыхает 9 м воздуха, 2,2 л воды).

Биологические периоды выведения радионуклидов из внутренних органов колеблется от нескольких десятков суток до бесконечности.

Ультрафиолетовое излучение (УФ)

(УФ) представляет собой невидимое глазом электромагнитное излучение, занимающее в электромагнитном спектре промежуточное положение между светом и рентгеновским излучением (200-400 нм).

УФ-лучи обладают способностью выдавать фотоэлектрический эффект, проявлять фотохимическую активность (развитие фотохимических реакций),

вызывать люминесценцию и обладают значительной биологической активностью.

Известно, что при длительном недостатке солнечного света возникают нарушения физиологического равновесия организма, развивается своеобразный симптомокомплекс, именуемый "световое голодание".

Наиболее часто следствием недостатка солнечного света являются авитаминоз D, ослабление защитных иммунобиологических реакций организма, обострение хронических заболеваний, функциональные расстройства нервной системы.

УФ-облучение малыми дозами оказывает благоприятное стимулирующее действие на организм.

Защита от ультрафиолетового излучения

Для защиты кожи от УФ-излучения используют защитную одежду, противосолнечные экраны (навесы и т. п.), специальные покровные кремы.

Важное гигиеническое значение имеет способность УФ-излучения производственных источников изменять газовый состав атмосферного воздуха вследствие его ионизации. При этом в воздухе образуются озон и оксиды азота. Эти газы, как известно, обладают высокой токсичностью и могут представлять большую опасность, особенно при выполнении сварочных работ, сопровождающихся УФ-излучением, в ограниченных,

плохо проветриваемых помещениях или в замкнутых пространствах.

Электрические поля промышленных токов.

Источниками электрических полей (ЭП) промышленной частоты являются линии электропередач высокого и сверхвысокого напряжения, открытые распределительные устройства (ОРУ).

При длительном хроническом воздействии ЭП возможны субъективные расстройства в виде жалоб невротического характера (чувство тяжести и головная боль, а височной и затылочной областях ухудшение памяти, повышенная утомляемость, ощущение вялости, разбитость, раздражительность, боли в области сердца, расстройства сна; угнетенное настроение, апатия, своеобразная депрессия с повышенной чувствительностью к яркому свету, резким звукам и другим раздражителям), проявляющиеся к концу рабочей смены. Расстройства в состоянии здоровья работающих, обусловленные функциональными нарушениями в деятельности нервной и сердечно-сосудистой систем астенического и астеновегетативного характера, являются одним из первых проявлений профессиональной патологии.

Допустимые уровни напряженности электрических полей установлены в специальном стандарте.

Стандарт устанавливает предельно допустимые уровни напряженности электрического поля частотой 50 Гц для персонала, обслуживающего электроустановки и находящегося в зоне влияния создаваемого ими электрического поля, в зависимости от времени пребывания и требований к проведению контроля уровней напряженности электрических полей на рабочих местах.

Предельно допустимый уровень напряженности воздействующего электрического поля равен 25 кВ/м. Пребывание в электрическом поле напряженностью более 25 кВ/м без средств защиты не допускается. Допустимое время пребывания в электрическом поле напряженностью свыше 5 до 20 кВ/м включительно определяется по формуле

$$T(8.3.)$$

где T - допустимое время пребывания в электрическом поле при соответствующем уровне напряженности, ч; E - напряженность воздействующего электрического поля в контролируемой зоне, кВ/м.

Средства защиты от электрических полей промышленных токов

К индивидуальным средствам защиты относятся: защитный костюм - куртка и брюки, комбинезон; экранирующий головной убор - металлическая или пластмассовая каска для теплого времени года и шапка-

ушанка с прокладкой из металлизированной ткани для холодного времени года; специальная обувь, имеющая электропроводящую резиновую подошву или выполненная целиком из электропроводящей резины.

Лазерное излучение

Лазер или оптический квантовый генератор - это генератор электромагнитного излучения оптического диапазона, основанный на использовании вынужденного (стимулированного) излучения.

В зависимости от характера активной среды лазеры подразделяются на твердотельные (на кристаллах или стеклах), газовые, лазеры на красителях, химические, полупроводниковые и др.

По степени опасности лазерного излучения для обслуживающего персонала лазеры подразделяются на четыре класса:

- класс I (безопасные) - выходное излучение не опасно для глаз;
- класс II (малоопасные) - опасно для глаз прямое или зеркально отраженное излучение;
- класс III (среднеопасные) - опасно для глаз прямое, зеркально, а также диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и (или) для кожи прямое или зеркально отраженное излучение;

- класс IV (высокоопасные) - опасно для кожи диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности.

Классификация определяет специфику воздействия излучения на орган зрения и кожу. В качестве ведущих критериев при оценке степени опасности генерируемого лазерного излучения приняты величина мощности (энергии), длина волны, длительность импульса и экспозиции облучения.

Средства защиты от лазерного излучения

К индивидуальным средствам защиты, обеспечивающим безопасные условия труда при работе с лазерами, относятся специальные очки, щитки, маски, снижающие облучения глаз до ПДУ.

Работающим с лазерами необходимы предварительные и периодические (1 раз в год) медицинские осмотры терапевта, невропатолога, окулиста.

Статическое электричество

Это совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности и в объеме диэлектрических и полупроводниковых материалов или на изолированных проводниках. Постоянное электростатическое поле (ЭСП) - это поле неподвижных

зарядов, осуществляющее взаимодействие между ними. Возникновение зарядов статического электричества происходит при относительном перемещении двух находящихся в контакте тел, кристаллизации, а также вследствие индукции.

ЭСП характеризуется напряженностью (E), определяемой отношением силы, действующей в поле на точечный электрический заряд, к величине этого заряда. Единицей измерения напряженности ЭСП является вольт на метр (В/м).

Электрические поля создаются в энергетических установках и при электротехнологических процессах. В зависимости от источников образования они могут существовать в виде собственно электростатического поля (поля неподвижных зарядов) или стационарного электрического поля (электрическое поле постоянного тока).

Исследования биологических эффектов показали, что наиболее чувствительны к электростатическим полям нервная, сердечно-сосудистая, нейрогуморальная и другие системы организма.

У людей, работающих в зоне воздействия электростатического поля, встречаются разнообразные жалобы на: раздражительность, головную боль, нарушение сна, снижение аппетита и др. Характерны

своеобразные "фобии", обусловленные страхом ожидаемого разряда. Склонность к "фобиям" обычно сочетается с повышенной эмоциональной возбудимостью.

Средства защиты от статического электричества

Более эффективным средством защиты является увеличение влажности воздуха до 65-75%, если позволяют условия технологического процесса.

В качестве индивидуальных средств защиты могут применяться антистатическая обувь, антистатический халат, заземляющие браслеты для защиты рук и другие средства, обеспечивающие электростатическое заземление тела человека.

Нормирование ИИ

Нормы радиационной безопасности (НРБ - 76/78)

Регламентируются 3 категории облучаемых лиц:

А - персонал, связей с источником ИИ;

Б - персонал (ограниченная часть населения), находящихся вблизи источника ИИ;

В - население района, края, области, республики.

Группа критических органов (по мере уменьшения чувствительности):

1. Все тело, половая сфера, красный костный мозг

2. Мышцы, щитовидная железа, жировая ткань и др.

органы за исключением тех, которые относятся к 1 и 3 группам

3. Кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, стопы.

Основные дозовые пределы, допустимые и контрольные уровни, которые приводятся в НРБ - 76/78 установлены для лиц категории А и Б.

Нормы радиационной безопасности для категории В не установлены, а ограничение облучений осуществляются регламентацией или контролем радиоактивных объектов окружающей среды.

А дозовый предел - ПДД - наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год, которое при равномерном воздействии в течении 50 лет не вызывает отклонений в состоянии здоровья обслуживающего персонала, обнаруживаемые современными методами исследования.

Б дозовый предел - ПД - основной дозовый предел, который при равномерном облучении в течение 70 лет не вызывает отклонений у обслуживающего персонала, обнаруживаемые современными методами исследования.

Основные санитарные правила (ОСП) работы с источниками ионизирующих излучений

ОСП 72/78 - нормативный документ включает:

1. Требования к размещению установок с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений.

2. Требования к организации работ с ними.
3. Требования к поставке, учету и перевозке.
4. Требования к работе с закрытыми источниками.
5. Требования к отоплению, вентиляции и пыле-, газоочистки при работе с источниками.
6. Требования к водоснабжению и канализации.
7. Требования к сбору, удалению и обезвреживанию отходов.
8. Требования к содержанию и дезактивации рабочих помещений и оборудования.
9. Требования по индивидуальной защите и в личной гигиене.
10. Требования к проведению радиационного контроля.
11. Требования к предупреждению радиационных аварий и ликвидации их последствий.

Проектирование защиты от внешнего ионизирующего излучения, рассчитанные по мощности экспозиционной дозы, коэффициент защиты равен 2.

Все работы с открытыми источниками радиоактивных веществ подразделяются на три класса:

I. (самый опасный). Работа осуществляется дистанционно.

Работа с источниками III-го класса осуществляется при использовании систем местной вентиляции (вытяжные шкафы).

Работа с источником II-го класса осуществляется в отдельно расположенных помещениях, которые имеют специально оборудованный вход (душевой и средства проведения радиационного контроля).

При выполнении работ с веществами I, II и III классов проведение радиационного контроля обязательно.

Методы защиты от ионизирующих излучений

Основные методы:

- 1) Метод защиты количеством, т.е. по возможности снижение нормы дозы облучения.
- 2) Защита временем
- 3) Экранирование (свинец, бетон)
- 4) Защита расстоянием

Приборы радиационного контроля

Приборы для измерения или контроля подразделяются на:

- дозиметры (измеряют экспозиционную или поглощенную дозу излучения, мощность этих доз);
- радиометры (измеряют активность нуклида в радиоактивном источнике);

- спектрометры (измеряют распределение энергии ИИ по времени, массе и заряду элементарных частиц);
- сигнализаторы;
- универсальные приборы (дозиметры + другие);
- устройство детектирования.

Радиоволны излучаются через антенну в пространство и распространяются в виде энергии электромагнитного поля. И хотя природа радиоволн одинакова, их способность к распространению сильно зависит от длины волны.

Земля для радиоволн представляет проводник электричества (хотя и не очень хороший). Проходя над поверхностью земли, радиоволны постепенно ослабевают. Это связано с тем, что электромагнитные волны возбуждают в поверхности земли электротоки, на что и тратится часть энергии, т.е. энергия поглощается землей, причем тем больше, чем короче длина волна (выше частота).

Кроме того, энергия волны ослабевает еще и потому, что излучение распространяется во все стороны пространства и, следовательно, чем дальше от передатчика находится приемник, тем меньшее количество энергии приходится на единицу площади и тем меньше ее попадает в антенну.

Передачи длинноволновых вещательных станций можно

принимать на расстоянии до нескольких тысяч километров, причем уровень сигнала уменьшается плавно, без скачков. Средневолновые станции слышны в пределах тысячи километров. Что же касается коротких волн, то их энергия резко убывает по мере удаления от передатчика. Этим объясняется тот факт, что на заре развития радио для связи в основном применялись волны от 1 до 30 км. Волны короче 100 метров вообще считались непригодными для дальней связи.

Свойства радиоволн диапазонов ДЦВ и 800 МГц еще более близки к световым лучам и потому обладают еще одним интересным и важным свойством. Вспомним, как устроен фонарик. Свет от лампочки, расположенной в фокусе рефлектора, собирается в узкий пучок лучей, который можно послать в любом направлении.

Примерно то же самое можно проделать и с высокочастотными радиоволнами. Можно их собирать зеркалами-антеннами и посылать узкими пучками. Для низкочастотных волн такую антенну построить невозможно, так как слишком велики были бы ее размеры (диаметр зеркала должен быть намного больше, чем длина волны). Возможность направленного излучения волн позволяет повысить эффективность системы связи. Связано это с тем, что узкий луч обеспечивает меньшее рассеивание энергии в побочных направлениях, что позволяет

применять менее мощные передатчики для достижения заданной дальности связи. Направленное излучение создает меньше помех другим системам связи, находящихся не в створе луча.

Необходимо отметить, что с уменьшением длины волны возрастает их затухание и поглощение в атмосфере. В частности, на распространение волн короче 1 см начинают влиять такие явления как туман, дождь, облака, которые могут стать серьезной помехой, сильно ограничивающей дальность связи.

Исходные данные

Таблица
8.2.

Последняя цифра номера студенческо го билета	f , МГц	P, кВт изобр.	P, кВт звук	G	H, м	K
I	48-57	80	20	12	300	1,41

2	58-66	55	16	15	340	1,41
3	76-84	73	26	10	320	1,41
4	84-92	50	15	15	360	1,41
5	92-100	78	24	16	330	1,41
6	174-182	60	18	21	327	1,41
7	182-190	65	25	13	320	1,41
8	190-198	87	30	12	340	1,41
9	198-206	75	30	14	360	1,41
10	206-214	94	23	15	330	1,41

Таблица 8.3.

Расстояние г, м	Предпоследняя цифра номера студенческого билета									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
г1	50	35	40	35	55	60	48	54	46	61
г2	150	125	140	135	150	140	170	190	160	150
г3	300	270	280	290	300	290	310	280	300	310
г4	450	480	420	460	450	440	460	470	480	440
г5	550	580	600	590	500	550	560	570	580	600

Таблица 8.4.

Диапазон частот	Наименование диапазона (сокращенное наименование)	Наименование диапазона волн	Длина волны
3–30 кГц	Очень низкие частоты (ОНЧ)	Мириаметровые	100–10 км

30–300 кГц	Низкие частоты (НЧ)	Километровые	10–1 км
300–3000 кГц	Средние частоты (СЧ)	Гектометровые	1–0.1 км
3–30 МГц	Высокие частоты (ВЧ)	Декаметровые	100–10 м
30–300 МГц	Очень высокие частоты (ОВЧ)	Метровые	10–1 м
300–3000 МГц	Ультравысокие частоты (УВЧ)	Дециметровые	1–0.1 м
3–30 ГГц	Сверхвысокие частоты (СВЧ)	Сантиметровые	10–1 см
30–300 ГГц	Крайне высокие частоты (КВЧ)	Миллиметровые	10–1 мм
300–3000 ГГц	Гипервысокие частоты (ГВЧ)	Децимиллиметровые	1–0.1 мм
400–512 МГц	ДЦВ	Диапазон подвижной наземной связи. Иногда не выделяют этот участок в отдельный диапазон, а говорят УКВ, подразумевая полосу частот от 136 до 512 МГц.	

Методика решения

В последнее время в связи с установлением биологической активности УВЧ-волн разработан метод определения напряженности поля, создаваемого телецентрами и ретрансляторами. По этому методу определяют напряженность поля, создаваемого каждым передатчиком телецентра или ретранслятора у поверхности земли, а затем суммарную напряженность поля, создаваемую всеми передатчиками. Расчет проводится по формуле:

$$E = (30 \cdot P \cdot G)^{1/2} \cdot F(\Delta) \cdot K / R. \quad (8.4.)$$

Здесь P - мощность, поступающая в антенну, Вт;

G - коэффициент направленного действия антенны, определяется из соотношения $G=1,64\xi$

ξ - коэффициент усиления антенны относительно полуволнового вибратора, раз;

$F(\Delta)$ - значение нормированного множителя, определяемого по диаграмме направленности типовой антенны в вертикальной плоскости для соответствующего диапазона;

$$F(\Delta) = 1,41 \cdot (2 + 0,3r) / (2 + r + 0,6r^2) \quad (8.5.)$$

K - коэффициент, учитывающий неравномерность горизонтальной диаграммы направленности антенны, равный для рассматриваемого диапазона 1,41;

R - расстояние от фазового центра антенны до заданной точки, м, определяется из соотношения:

$$R = \sqrt{H^2 + r^2}. \quad (8.6.)$$

Здесь H - высота фазового центра антенны над уровнем заданной точки;

r - расстояние от основания башни телецентра до заданной точки;

Δ - угол излучения антенны на заданную точку (от горизонта). Суммарная напряженность поля, создаваемая всеми передатчиками:

$$E_{\text{ссу}} = (E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2)^{1/2} \quad (8.7.)$$

где E_1, E_2, \dots, E_n поля напряженностей, создаваемые отдельными передатчиками в точке измерения.

Недостатком представленного метода является не учитывающееся в расчетах отражение поля от земли и зданий, иногда увеличивающее напряженность поля. Однако погрешность не столь существенна, так как расчет производится на пиковую мощность.

Результаты расчета сравните с нормированными значениями и постройте график зависимости $E=f(r, n)$.
Сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами характеризуются поля УВЧ-диапазона?
2. Особенность распространения полей УВЧ-диапазона.
3. В каких сферах человеческой деятельности нашли наибольшее применение поля УВЧ-диапазона?
4. Защита от полей УВЧ-диапазона.
5. Перечислите основные характеристики УВЧ-диапазона.
6. В силу каких факторов достигается уменьшение интенсивности излучения?
7. Как определяется выходная проводимость?
8. Экранирование источников излучения.

9. Что такое пропускная способность усиления?

10. Что такое коэффициент избирательности УВЧ?