**Содержание**

I. Введение

II. Плотность потока энергии

III. Средства определения плотности потока ЭМИ

1. Измеритель уровней электромагнитных излучений П3-41
2. Измеритель электромагнитных излучений П3-31
3. Измеритель плотности потока энергии П3-331

IV. Измеритель плотности потока энергии П3-18

1. Антенна-преобразователь АП-ППЭ-1
2. Индикатор Я6П-110

V. Защита от воздействия ЭМИ

1. Общие рекомендации и меры защиты персонала
2. Экранирующие свойства строительных материалов
3. Радиопоглощающие материалы
4. Экранирующие ткани

VI. Нормирование ЭМИ

1. Нормирование РЧ и СВЧ излучений
2. Микроволновые печи

VII. Расчетная часть

1. Расчетные формулы
2. Практическая часть

VIII. Вывод

XIX. Список литературы

**І. Введение**

Целью работы является: ознакомление с методами и средствами измерения плотности потока энергии СВЧ излучения, установление соответствия исследуемой микроволновой печи всем требованиям предъявляемые санитарными нормами (СН № 2666-83), и приобрести навыки контроля ППЭ от СВЧ-печи.

Электромагнитное поле — это фундаментальное физическое поле, взаимодействующее с электрически заряженными телами, представимое как совокупность электрического и магнитного полей, которые могут при определённых условиях порождать друг друга.

В наше время электромагнитные волны очень широко используются. Их основными характеристиками принято считать период, частоту, длину волны, скорость и поляризацию. Длина волны прямо связана с частотой через скорость распространения излучения. В вакууме она равна скорости света, в других средах эта скорость меньше. Поляризация — это явление направленного колебания векторов напряженности электрического поля E или напряженности магнитного поля H. Излучение может быть не поляризованным, либо быть частично или полностью поляризованным (различают линейную, круговую и эллиптическую поляризацию).

Спектр этих волн весьма широк, от 10 000 м (30 кГц) до 0.1 мм (3 000 ГГц). Это только часть обширного спектра электромагнитных волн. За радиоволнами следуют тепловые или инфракрасные лучи. После них идет узкий участок волн видимого света, далее – спектр ультрафиолетовых, рентгеновских и гамма лучей – все это электромагнитные колебания одной природы, отличающиеся только длиной волны и, следовательно, частотой. Хотя весь спектр разбит на области, границы между ними намечены условно. Области следуют непрерывно одна за другой, переходят одна в другую, а в некоторых случаях перекрываются.

По диапазону частот условно установлены три шкалы электромагнитных излучений (ЭМИ):

- радиотехническая (Международный комитет по радиосвязи, МККР);

- медицинская (Всемирная организация здравоохранения, ВОЗ);

- электротехническая (Международная электротехническая комиссия, МЭК).

Электротехническая шкала разбита на несколько частотных диапазонов:

- низкие частоты (НЧ) от 0 до 60 Гц;

- средние частоты (СЧ) от 60 Гц до 10 кГц;

- высокие частоты (ВЧ) от 10 кГц до 300 МГц;

- сверхвысокие частоты (СВЧ) от 300 МГц до 300 ГГц.

В данной работе будут рассматриваться электромагнитные поля в СВЧ диапазоне. Источники таких полей всегда окружают нас, ими являются: радары (500 МГц – 15 ГГц), системы спутниковой связи (≈2,38 ГГц), системы сотовой связи (463 МГц – 1880 МГц), СВЧ–печи (2,45 ГГц) и многие другие бытовые приборы. Интенсивность ЭМП, в данном интервале, характеризуется поверхностной плотностью потока энергии, длительное воздействие которой отрицательно сказывается на здоровье человека.

Табл. 1. Возможные изменения в организме человека под влиянием ЭМИ различных интенсивностей

|  |  |
| --- | --- |
| Интенсивность ЭМИ, мВт/см2 | Наблюдаемые изменения |
| 600 | Болевые ощущения в период облучения |
| 200 | Угнетение окислительно-восстановительных процессов в ткани |
| 100 | Повышенное артериальное давление с последующим его снижением; в случае воздействия — устойчивая гипотензия. Двухсторонняя катаракта |
| Интенсивность ЭМИ, мВт/см2 | Наблюдаемые изменения |
| 40 | Ощущение тепла. Расширение сосудов. При облучении 0,5-1 ч повышение давления на 20-30 мм рт. ст. |
| 20 | Стимуляция окислительно-восстановительных процессов в ткани |
| 10 | Астенизация после 15 мин. облучения, изменение биоэлектрической активности головного мозга |
| 8 | Неопределенные сдвиги со стороны крови с общим временем облучения 150 ч, изменение свертываемости крови |
| 6 | Электрокардиографические изменения, изменения в рецепторном аппарате |
| 4-5 | Изменение артериального давления при многократных облучениях, непродолжительная лейкопения, эритропения |
| 3-4 | Ваготоническая реакция с симптомами брадикардии, замедление электропроводимости сердца |
| 2-3 | Выраженный характер снижения артериального давления, тенденция к учащению пульса, не значительные колебания объема сердца |
| 1 | Снижение артериального давления, тенденция к учащению пульса, незначительные колебания объема крови сердца. Снижение офтальмотонуса при ежедневном воздействии в течение 3,5 месяцев |
| 0,4 | Слуховой эффект при воздействии импульсных ЭМП |
| 0,3 | Некоторые изменения со стороны нервной системы при хроническом воздействии в течение 5-10 лет |
| 0,1 | Электрокардиографические изменения |
| До 0,05 | Тенденция к понижению артериального давления при хроническом воздействии |

Так как в наше время микроволновые печи используются практически повсеместно (в поездах, в местах общественного питания и в быту), вопрос о нормировании их излучения звучит особенно актуально. Несмотря на то, что современные СВЧ-печи оборудованы достаточно совершенной защитой, которая препятствует проникновению электромагнитного излучения за пределы рабочего объема, нельзя говорить, что вне печи излучение будет полностью отсутствовать.

**ІІ. Плотность потока энергии**

В соответствии с межгосударственным стандартом (ГОСТ 12.1.006-84), интенсивность ЭМП, в данном интервале, характеризуется поверхностной плотностью потока энергии, энергетическая нагрузка представляет собой произведение плотности потока энергии поля на время его воздействия.

Плотность потока энергии – величина равная количеству энергии, переносимой через единичную площадь, в единицу времени.

 (1)

ППЭ – плотность потока энергии, Вт/м2;

ФЕ – поток излучения (мощность передатчика), Вт;

SЕ – эффективная площадь измерительной антенны, м2;

NФ– коэффициент полезного действия фидерного тракта, зависящий от материала изготовления, геометрических размеров, передачи (проводимости) СВЧ – энергии;

При измерении ППЭ, антенна-преобразователь помещается в зону действия ЭМП. Сигнал с антенны, через фидерный тракт, поступает на индикатор прибора. Структурная схема представлена на рис. 2.1.

Рис. 2.1. Структурная схема измерителей ППЭ.

(2)

Z – затухание в фидерном устройстве, определяется как произведение погонного коэффициента затухания Z(f) на его длину;



КБВ – коэффициент бегущих волн ();

КСВ – коэффициент стоячих волн в фидере, или волноводе, если фидерное устройство отсутствует, то Z = 0, а NФ = 1. КСВ может определяться при помощи коэффициента отражения, или отношения импеданса антенны к приемнику.

Эффективная площадь антенны определяется по формуле:

(3)

SA – площадь антенны, определяемая её геометрическими размерами, м; – коэффициент использования площади, зависит от типа использованных антенн, синфазности электромагнитного поля. Например, для пирамидальных рупоров

≈ 0.49, для параболических антенн ≈0.55.

Коэффициент направленного действия (КНД) антенн D определяется по формуле:

(4)

λ – длина волны, в свою очередь, определяется по формуле:

(5)

где C = 2.998 · 108 м/сек.- скорость света в окружающей среде, или скорость распространения электромагнитных волн;

f – частота при которой производятся измерения, Гц.

Подставляя формулы (3) в формулу (4):



(6)

Подставим теперь формулу (6) в (1), получим формулу для определения плотности потока энергии:



Мощность ФЕ от источника излучения будет определять плотность потока энергии на определенном расстоянии от передающего устройства. А погрешность метода будет сведена к погрешности определения коэффициента усиления антенны передающего устройства, определением (либо измерением) её диаграммы направленности и коэффициентом полезного действия антенно-фидерного устройства, зависящего от КСВ (при КСВ = 1.2, погрешность от несогласования не превышает ± 3…5 %).

В свою очередь мощность от источника на определенном расстоянии зависит от затухания высокочастотного сигнала в атмосфере и представляется формулой:



β(f) – коэффициент затухания электромагнитной энергии в окружающей среде;

r – расстояние до источника излучения.

При проведении расчетов, необходимо обращать внимание с какой точностью заданы, или измерены параметры: мощность передатчика, диаграмма направленности антенны передатчика и коэффициент затухания, для мощности 3 дБ это на 100%, 2 дБ на 60%, 1 дБ на 25%, 0.5 дБ на 12% и т.д.

**ІІІ. Средства определения плотности потока ЭМИ**

В настоящее время, существует множество приборов предназначенных для измерения уровней плотности потока энергии. В данной работе будут рассмотрены приборы российского производства, способные зафиксировать излучение в пределах от 1 мкВт/см2 до 1 мВт/см2. Такими измерителями, удовлетворяющими этим условиям, являются П3-31, П3-33 и П3-41.

1. **Измеритель уровней электромагнитных излучений П3-41**

Измеритель П3-41 разработан с целью обнаружения и контроля биологически опасных уровней электромагнитных излучений напряженности, плотности потока энергии для обеспечения выполнения требований Общего Технического Регламента об электромагнитной совместимости и безопасности, действующего в странах Европейского Союза и РФ.

Измеритель П3-41 предназначен для выполнения измерений в соответствии с действующими правовыми и нормативными документами Госкомэпиднадзора РФ: ГОСТ 12.1.006-84, ГН2.1.8/2.2.4.019-90, СанПиН 2.2.4/2/1/8055-96, СанПиН 2.1.2.1002-00, СанПиН 2.1.8/2.2.41190-03, СанПиН 2.2.4.1191-03.

Характеристики антенн-преобразователей:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип антенны преобразователя (АП) | АП-1 (ППЭ) | АП-2 (ППЭ) | АП-3 (Е) | АП-4 (Е) | АП-5 (Н) |
| Рабочий диапазон частот | (0,3 - 40) ГГц | (0,3 - 40) ГГц | (0,03-300) МГц | (0,03-300) Мгц | (0,03-50) МГц |
| Пределы измерения электрической составляющей напряженности (Е) (В/м) | 1-615 | 61,4-1940 | 0,5-300 | 10-1500 | - |
| Пределы измерения магнитной составляющей напряженности (Н) (А/м) | - | - | - | - | 0,05-8 |
| Пределы измерения плотности потока энергии (ППЭ) (мкВт/см2) | 0,26-100000 | 1000-1000000 | 0,066-23800 | 26,5-600000 | - |
| Неравномерность коэффициента преобразования в рабочем диапазоне частот не более: | 9 дБ | 9 дБ | 12 дБ | 8 дБ | 7 дБ |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерителя, обусловленной отклонением температуры окружающего воздуха от нормальной в пределах рабочих температур на каждые 10 ˚C. не более | ±0,6 дБ | ±0,6 дБ | ±1,0 дБ | ±1,0 дБ | ±1,0 дБ |

Характеристики устройства измерительного:

|  |  |
| --- | --- |
| Результаты измерения, выводимые на индикатор(с подсветкой в темноте) | текущие значения В/м, А/м, мкВт/cм2 , мВт/cм2максимальные и средние значения В/м, А/м, мкВт/cм2 , мВт/cм2 за последние 6 минут измерениярезультаты измерения экспозиции: (В/м)2\*t, (А/м)2\*t, мкВт/cм2\*t, где t - время с момента включения прибора |
| Основная погрешность измерения при введении в процессор частоты анализируемого излучения | (-2,7 …+2,7) дБ (произвольная поляризация) |
| Дополнительные функции | отображение средних и максимальных значений напряженности поля за 8 часов работы на ПЭВМ через волоконно оптический кабель с привязкой к реальному масштабу времени для обработки в программах типа MathCad |
| Функции предупреждения | визуальное и звуковое оповещение при достижении одного из допустимых значений напряженности, ППЭ или экспозиции, вводимых пользователем в процессор |
| Калибровка | автоматическая |
| Оптическая развязка П3-41от ПЭВМ | Двойной оптический кабель от 10 до 100 м |
| Рабочая температура | -10…+50˚C |
| Питание | 2 аккумуляторных батареи типоразмера AA емкостью 1 A\*ч |
| Время непрерывной работы | не менее 16 ч |

1. **Измеритель электромагнитных излучений П3-31**

Измеритель П3-31 предназначен для измерения среднеквадратических значений напряженности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля (ЭМП) в режимах непрерывной генерации, амплитудной, частотной и импульсной модуляций, а также для измерения плотности потока энергии (ППЭ) при проведении контроля уровней электромагнитного поля на соответствие требованиям норм по электромагнитной безопасности в соответствии с ГОСТ 27859, ГОСТ 12.1.006, ГН 2.1.8./2.2.4.019 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.055.

Характеристики антенн преобразователей при измерении непрерывных электромагнитных излучений:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип антенны-преобразователя | Диапазон частот | Неравномерность АЧХ | Пределы измерения |
| Широкополосная А1 | (0,3 - 40) ГГц | (0 - -8) дБ | (1 - 615) В/м,(0,26 - 100000) мкВт/см2 |
| Широкополосная А2 | (0,01 - 300) МГц | ± 2,6 дБ в диапазоне (0,1 - 300) МГц(0 - 5) дБ в диапазоне (0,01 - 0,1) МГц | (1 - 615) В/м |
| Широкополосная А3 | (0,01 - 30) МГц | ± 2,6 дБ в диапазоне (0,06 - 30) МГц(0 - 9) дБ в диапазоне (0,01 - 0,06) МГц | (0,5 - 30) А/м |
| Селективная А4 | f1(1 ± 0,1)f1=(0,8...1,6) ГГц | Спад АЧХ при отстройке от резонансной частоты на октаву не менее 15 дБ | (0,26 - 100000) мкВт/см2(1 - 615) В/м, |
| Селективная А5 | f2(1 ± 0,1)f2=(1,6...3,2) ГГц | Спад АЧХ при отстройке от резонансной частоты на октаву не менее 15 дБ | (1 - 615) В/м,(0,26 - 100000) мкВт/см2 |

Технические характеристики:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **для электрической составляющей поля** | **для магнитной составляющей поля** | **для ППЭ** |
| Диапазон частот | 0,01 - 40 000 МГц | 0,01 - 30 МГц | 0,3 - 40 ГГц |
| Диапазон измерения | 1 - 615 В/м | 0,5 - 16 А/м | 0,265 - 100000 мкВт/см2 |
| Неравномерность собственной | АЧХ не более ±0,2 дБ |
| Мощность выходного сигнала ГКЧ | не менее 1 мВт |
| Уровень паразитных колебаний ГКЧ | не более -25 дБ |
| Питание | 2 аккумуляторных батареи типоразмера AA емкостью 1 A\*ч |
| Мощность, потребляемая от источника питания, не более ВА, | 0,04 ВА |
| Пределы допускаемой основной погрешности измерения ППЭ и напряженности Е и Н поля известной частоты, дБ | 2,7 дБ |
| Время непрерывной работы измерителя при источнике питания емкостью 1А\*ч, не менее, ч | 60 ч |

Характерные особенности П3-31:

* Портативен, экономичен и удобен в работе
* Цифровая обработка результатов и автоматизация управления, измерений и установки параметров при подключении к ПЭВМ через RS-232S
* Запись в энергонезависимую память текущих, средних и максимальных значений (по 880 точек) плотности потока энергии (ППЭ), напряженности электрического (магнитного) поля с интервалом 1 секунда, при интервале усреднения и периоде считывания информации от 10 сек до 15 мин с привязкой к реальному времени и указанием частоты электромагнитного поля (ЭМП) и типа используемого антенного преобразователя (А i)
* Измерение экспозиции облучения
* Высокая точность измерений и стабильность характеристик
* Самодиагностика и контроль разряда элементов питания
* Индикация результатов измерения в единицах В/м, А/м, мкВт/см2, В2/м2 ×час, А2/м2 ×час, мкВт/см2 ×час
1. **Измеритель плотности потока энергии П3-33**

Измеритель плотности потока энергии электромагнитного поля П3-33 обеспечивает обнаружение и контроль биологически опасных уровней плотности потока энергии электромагнитных излучений в соответствии с действующими правовыми и нормативными документами Федерального Агентства по техническому регулированию и метрологии и Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Может применяться для аттестации рабочих мест, сертификации продукции и в научных исследованиях.

Измеритель П3-33 предназначен для измерения плотности потока энергии (ППЭ) в режиме непрерывной генерации при проведении контроля уровней электромагнитного поля на соответствие требованиям норм по электромагнитной безопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.006, ГН 2.1.8./2.2.4.019 и СанПин 2.2.4/2.1.8.055 и СанПиН 2.2.41191-03.

В качестве датчика ППЭ используется всенаправленная широкополосная антенна с телескопической рукояткой.

Особенности:

* Одинаковая чувствительность при измерениях радиоволн:

- любой частоты из рабочего диапазона (широкополосность),

- с любым направлением прихода волны (изотропия).

* Выбор режимов измерений:

- с определением статистических характеристик потока (средние и максимальные значения за выбранные интервалы времени),

- с запоминанием массивов результатов измерений,

- с привязкой ко времени (поясному или от начала измерений).

* Возможность связи с компьютером:

- перезапись всех результатов в память компьютера,

- архивирование данных,

- подготовка протоколов обследования объектов.

* Система ускоренной зарядки аккумуляторов.
* Малые габариты и вес.

Основные характеристики:

|  |  |
| --- | --- |
| Рабочий диапазон частот | 0,3 - 4,0 ГГц |
| Диапазон измеряемых потоков СВЧ-излучения | 0,1 - 250 мкВт/см2 |
| Основная относительная погрешность измерения | ± 3 дБ |
| Ресурс автономной работы | не менее 10 ч |
| Условия эксплуатации:температураотносительная влажность воздуха при температуре 25 Сатмосферное давление | от +5 до +40˚Сдо 90%70 - 106,7 кПа |
| Масса | не более 550 г |
| Габариты | 210х100х60 мм |

**IV. Измеритель плотности потока энергии П3-18**

В данной работе используется измеритель плотности потока энергии электромагнитного поля П3-18 предназначенный для измерения средних значений плотности потока энергии (ППЭ) электромагнитного поля (ЭМП) в дальней зоне СВЧ источников излучения и непосредственно на рабочих местах персонала, обслуживающего радиотехнические установки.

Основные элементы измерителя ППЭ:

* антенна-преобразователь (АП-ППЭ-1);
* индикатор Я6П-110;
* сетевой (встроенный) и аккумуляторный блоки питания.

Работа измерителя ППЭ ЭМП основана на приеме и преобразовании СВЧ сигналов в постоянный ток антенной–преобразователем и отсчета значения постоянного тока, пропорционального интенсивности ЭМП, цифровым индикатором. Отсчет измеряемой величины производится в децибелах (дБ) [5].

Принцип действия ИППЭ поясняется схемой:

Рис. 4.1. Структурная схема измерителя ППЭ ЭМП

1. **Антенна-преобразователь АП-ППЭ-1**

Антенна-преобразователь (АП) выполнена на основе системы последовательно соединенных тонкопленочных термопар (многослойная термопара), размещенных на конической поверхности. При измерениях АП помещается в измеряемое ЭМП, при воздействии, которого, за счет поглощения энергии ЭМП, на каждой из термопар возникает градиент температур, величина которого прямо пропорциональна величине ППЭ ЭМП.

Измерение градиента температур осуществляется путем изменения термоЭДС, возникающей на термопарах. Суммарная термоЭДС по резистивной линии связи (ЛС) передается к измерителю температуры, который состоит из линейного усилителя постоянного тока (УПТ), размещенного в ручке АП и индикатора, вход которого соединен с выходом УПТ.

В индикаторе происходит преобразование усиленного сигнала по логарифмическому закону, затем преобразование в цифровую форму и отсчет измеряемой интенсивности ЭМП на цифрах табло в дБ относительно нижнего предела измерений используемого АП.

Антенны-преобразователи (АП) предназначены для приема и преобразования ЭМП в напряжение постоянного или квазипостоянного тока. Общий вид и развертка конической поверхности АП представлены на рис. 4.2.

Рис. 4.2. Развертка конической поверхности.

АП выполнена в виде датчика электромагнитного излучения, содержащего резистивные пленки, расположенные на диэлектрическом основании, соединенные с измерителем температуры. При этом резистивные пленки выполнены в виде последовательно соединенных тонкопленочных термопар, а диэлектрическое основание имеет форму конической поверхности, угол при вершине которой составляет 109,5 ± 10˚. С целью уменьшения эффективной диэлектрической проницаемости конической поверхности основание имеет ажурную конструкцию. Тонкопленочные термопары расположены по образующей конической поверхности, концы которых при вершине и основании соединены проводниками. Конструктивно АП состоит из девяти последовательно соединенных термопар преобразователь (1-9), размещенных по образующей на конической поверхности (10), высокоомной резистивной линии связи (11) и усилителя постоянного тока (12). Термопарные преобразователи представляют собой П-образный тонкопленочные резистивные цепочки термопар (13), выполненные методом вакуумного напыления висмута и сурьмы на полиамидную пленку (14). Термопарные преобразователи, входящие в состав АП, содержат 18 термопар. Термопарные преобразователи соединены между собой последовательно проводниками (15). Для предохранения от механических повреждений термопарные преобразователи закрыты кожухом (16), а резиновые проводники линии связи (11) размещены внутри ручки (17). Кожух (16) и ручка (17) выполнены из удачного полистирола. УПТ, предназначенный для усиления сигналов, снимаемых м термопарных элементов. размещен на конце ручки. УПТ имеет регулируемый коэффициент усиления, что обеспечивает приведение коэффициента преобразования АП к уровню, необходимому при калибровке измерителей ППЭ.

1. **Индикатор Я6П-110**

Индикатор Я6П-110 предназначен для преобразования аналогового сигнала, поступаемого с АП, в цифровой сигнал и отсчета значения плотности потока энергии поля в относительных единицах – дБ.

Принцип действия индикатора Я6П-110 поясняется структурной схемой, приведенной на рис. 4.3.

Сигнал с АП передается через фильтр нижних частот (ФНЧ) на вход усилителя логарифмического (УЛ), где происходит сжатие динамического диапазона и формирование сигнала для отсчета измеряемой ППЭ в «дБ» относительно нижнего предела измерения АП.

Усиленный в логарифмическом усилителе сигнал поступает на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП), где он преобразуется в цифровую форму и затем поступает через счетчик электрической величины на цифровое табло индикатора. Управление работой АЦП осуществляется устройством управления, входящим в состав индикатора.

В индикаторе Я6П-110 предусмотрен контроль и автоматическое отключение светодиодных индикаторов при разряде аккумуляторных батарей. Напряжение питания поступает с устройства управления на индикатор, где осуществляется сравнение с опорным уровнем напряжений источников питания. Опорный уровень поступает на индикатор с усилителя логарифмического.

Питание индикатора осуществляется от аккумуляторной батареи. Для повышения напряжения питания от низковольтной аккумуляторной батареи используется преобразователь напряжения.

В индикаторе предусмотрена возможность питания от сети переменного тока через «Блок питания сетевой».

Рис. 4.3. Структурная схема Я6П-110

**V. Защита от воздействия ЭМИ**

1. **Общие рекомендации и меры защиты персонала**

Защита организма человека от действия электромагнитных излучений предполагает снижение их интенсивности до уровней, не превышающих предельно допустимые. Защита обеспечивается выбором конкретных методов и средств, учетом их экономических показателей, простотой и надежностью эксплуатации. Организация этой зашиты подразумевает:

• оценку уровней интенсивности излучений на рабочих местах и их сопоставление с действующими нормативными документами;

• выбор необходимых мер и средств защиты, обеспечивающих степень защищенности в заданных условиях;

• организацию системы контроля над функционирующей защитой.

По своему назначению защита может быть коллективной, предусматривающей мероприятия для групп персонала, и индивидуальной — для каждого специалиста в отдельности. В основе каждой из них лежат организационные и инженерно-технические мероприятия.

Организационные меры защиты направлены на обеспечение оптимальных вариантов расположения объектов, являющихся источниками излучения, и объектов, оказывающихся в зоне воздействия, организацию труда и отдыха персонала с целью снизить до минимума время пребывания условиях воздействия, предупреждение возможности попадания в зоны с интенсивностями, превышающими предельно допустимый уровень (ПДУ), т. е. осуществление защиты «временем». Внедрение в практику этих защитных мер начинается в период предупредительного и уточняется в период текущего санитарного надзора. К организационным мерам защиты следует отнести проведение ряда лечебно-профилактических мероприятий. Это, прежде всего, обязательное медицинское освидетельствование при приеме на работу, последующие периодические медицинские обследования, что позволяет выявить ранние нарушения в состоянии здоровья персонала, отстранить от работы при выраженных изменениях состояния здоровья.

К организационным мерам следует отнести также применение средств наглядного предупреждения о наличии того или иного излучения, вывешивание плакатов с перечнем основных мер предосторожности, проведение инструктажей, лекций по безопасности труда при работе с источниками излучений и профилактике их неблагоприятного и вредного воздействия. Большую роль в организации защиты играют объективная информация об уровнях интенсивностей на рабочих местах и четкое представление об их возможном влиянии на состояние здоровья работающих.

Защита «временем» предусматривает нахождение в контакте с излучением только по служебной необходимости с четкой регламентацией по времени и пространству совершаемых действий; автоматизацию работ; уменьшение времени настроечных работ и т. д. В зависимости от воздействующих уровней, время контакта с ними определяется в соответствии с действующими нормативными документами.

Защита расстоянием. Она достигается максимально возможным удалением облучаемых объектов от источника излучений, дистанционным его управлением и т. д. В основе такой защиты лежит принцип уменьшения интенсивности излучения обратно пропорционально квадрату расстояния между источником и объектом облучения. После проведения защитных мер для снижения уровня интенсивности при рациональном размещении объектов обязателен инструментальный контроль над уровнем излучения.

Защита рациональным (оптимальным) размещением подразумевает определение санитарно-защитных зон, зон недопустимого пребывания на этапах проектирования. В этих случаях для определения степени снижения воздействия в каком-то пространственном объеме используют специальные расчетные, графоаналитические, инструментальные методы.

Индивидуальные средства защиты предназначены для предотвращения воздействия на организм человека ЭМИ с уровнями, превышающими предельно допустимые, когда применение иных средств невозможно или нецелесообразно. Они могут обеспечить общую защиту, либо защиту отдельных частей тела (локальная защита). Обобщенные сведения об индивидуальных средствах защиты от действия ЭМИ представлены в табл. 5.1.

Табл. 5.1. Специальные средства защиты от действия ЭМИ

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование средства | СВЧ излучения |
| Одежда | Радиозащитные костюмы, комбинезоны, халаты, фартуки, куртки из ткани х/б с микропроводом, арт. 7289, СТУ-36-12-199-63; арт. 4381 |
| Обувь | Бахилы из ткани х/б с микропроводом, арт. 7289СТУ-36-12-169-63; арт. 4381 |
| Средства защиты рук | Рукавицы из ткани х/б с микропроводом, арт. 7289 СТУ-36-12-169-63; арт. 4381 |
| Средства защиты головы, лица, глаз | Очки защитные закрытые с прямой вентиляцией, ОРЗ-5, ТУ 64-1-2717-81; шлемы, капюшоны, маски из радиоотражающих материалов |
| Инструменты, приспособления, устройства | Дистанционное управление |
| Индивидуальное заземление | Применяется |

При организации инженерно-технических мер защиты от ЭМИ РЧ и СВЧ всегда надо учитывать принципы, на основе которых действуют те или иные защитные средства, устройства, конструкции. В этих случаях основными принципами являются сквозное и дифракционное затухание и радиопоглощение.

Сквозное затухание обусловлено проникновением электромагнитной энергии через какой-либо материал или изделие из этого материала и определяет кратность защиты. Наибольшим сквозным затуханием обладают сплошные металлические экраны. Однако для конкретных гигиенических целей выбор толщины материала защиты не имеет принципиального значения и диктуется только экономическими соображениями. Поэтому предпочтение отдается тонкой металлической фольге в несколько сотых миллиметра либо сетчатым экранам.

На величину сквозного затухания влияет ориентация электромагнитной волны по отношению к направленности проводов и плоскости сетки. Так, при параллельной поляризации с уменьшением угла падения электромагнитного луча от 90 до 30° происходит усиление сквозного затухания на 3-10 дБ, при перпендикулярной поляризации — ослабление на 3-10 дБ в зависимости от частоты излучения и характеристики сетки.

1. **Экранирующие свойства строительных материалов**

Определенными защитными свойствами, оцениваемыми по степени сквозного затухания, обладают строительные материалы и конструкции из них, сравнительная характеристика которых представлена в табл. 5.2.

Табл. 5.2. Характеристика защитных свойств строительных материалов и изделий из них при действии микроволн

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование материала или конструкции | Толщина, см | Сквозное затухание (дБ) на частоте |
|  |  | 3,0 ГГц | 10,0 ГГц | 37,5 ГГц |
| кирпич | 12 | 15 | 15 | 15 |
| металлизированный стеклянный кирпич | — | 25 | 25 | 25 |
| штукатурка | 1,8 | — | 8 | 12 |
| стекло | 0 28 |  | 2 | 2 |
| доска | 5,0 | 8,4 | — | — |
| доска | 3,5 | 5,0 | — | — |
| доска | 1,6 | 2,8 | — | — |
| фанера | 0,4 | — | 1 | 2 |
| древесностружечная плита | 1,8 | 3,2 | — | — |
| шлакобетонная стена | 46 | 14,5 | 20,5 | — |
| капитальная стена здания | 70 | 16 | 21 | — |
| оштукатуренная стена | 15 | 8 | 12 | — |
| межэтажная перегородка | 80 | 20 | 22 | — |
| окно с двойными рамами | — | 7 | 13 | — |
| окно с одинарной рамой | — | 4,5 | — | — |

При проведении защитных мероприятий обычно приходится сталкиваться и с влиянием на электромагнитную обстановку отдельно расположенных радиоотражающих поверхностей, что на практике вызывает большие трудности в оценке эффективности мер защиты. Так, если имеется отражающая поверхность, расчет затухания нужно производить с учетом коэффициента отражения по диаграмме направленности до и после отражающей поверхности. Если расчетная точка находится точно в отраженном луче, то затухание рассчитывается по формуле:

Вотр=(Rотр/Rпр)2.Fэ ,

где Rпр — прямое расстояние «источник облучения — точка облучения»;

Rотр – расстояние «источник облучения – отраженная поверхность – точка облучения»;

Fэ – коэффициент отражения.

1. **Радиопоглощающие материалы**

Радиопоглощающие материалы разделяются на материалы интерференционного типа, где гашение электромагнитных волн происходит за счет интерференции, и материалы, в которых электромагнитная энергия превращается в тепловую за счет наведения рассеянных токов, магнитогистерезисных или высокочастотных диэлектрических потерь. По электрическим и магнитным свойствам различают диэлектрические и магнитодиэлектрические материалы, по рабочему диапазону частот поглощения — узко- и широкодиапазонные. Со стороны, не подлежащей облучению, радиопоглощающие материалы покрываются, как правило, радиоотражающими покрытиями, в результате чего характеристики всей радиоэкранирующей конструкции во многом улучшаются. Критерием, характеризующим защитные свойства радиопоглощающего материала, выступает коэффициент отражения по мощности. Технические характеристики некоторых радиопоглощающих материалов представлены в табл. 5.3.

Табл. 5.3. Характеристика радиопоглощающих материалов, используемых для создания средств защиты от ЭМИ РЧ и СВЧ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование материала | Рабочая частота излучения, ГГц | Коэффициент отражения, % |
| резиновые коврики: |  |  |
| В2Ф2 | 7,5-37,5 | 2 |
| ВЯФЗ | 7,5-37,5 | 2 |
| тек.Ф-1 | 7,5-37,5 | 2 |
| магнитодиэлектрические пластины: |  |  |
| ХВ-0,8 | 37,5 | 2 |
| ХВ-2,0 | 15,0 | 2 |
| ХВ-3,2 | 9,4 | 2 |
| ХВ-4,4 | 6,8 | 2 |
| ХВ-6,2 | 4,8 | 2 |
| ХВ-8,5 | 3,5 | 2 |
| ХВ-10,6 | 2,8 | 2 |
| СВЧ-068 | 0,15-2,0 | 3-4 |
| поглощающие материалы на основе поролона: |  |  |
| Б-2 | 37,5 | 2 |
| Б-3 | 1Д | 2 |
| БР-3 | 0,75 | 2 |
| ВРПМ | Не выше 10,0 | 1-2 |
| поглощающие материалы на основе древесины: |  |  |
| ЛУЧ-50 | 1,5-37,5 | 3 |
| ЛУЧ-100 | 0,75-3,5 | 3 |
| ЛУЧ-150 | 0,5-37,5 | 3 |
| текстолит графитированный N 369-61 | 1,9-37,5 | до 50 |
| краска НТСО 014-003 | 1,9-37,5 | до 50 |

Используемые радиопоглощающие материалы должны отвечать следующим требованиям: максимальное поглощение электромагнитных волн в широком частотном диапазоне, минимальное отражение, отсутствие вредных испарений, пожаробезопасность, небольшие габариты и вес.

По максимальному поглощению и минимальному отражению лучшими качествами обладают материалы с ячеистой структурой, пирамидальной или шиловидной поверхностью.

Принцип поглощения электромагнитной энергии лежит основе применения поглотителей мощности, используемых в качестве нагрузок на генераторы вместо открытых излучателей. Таким образом, обеспечивается защита пространства от проникновения в него ЭМИ. Поглотители мощности — это отрезки коаксиальных или волноводных линий, частично заполненных поглощающими материалами. Энергия излучения поглощается в заполнителе, преобразуясь в тепловую. Заполнителями могут быть: чистый графит (или в смеси с цементом, песком, резиной, керамикой, порошковым железом), дерево, вода. Для понижения уровня мощности излучения в тракте (или на открытое излучение) можно применять и аттенюаторы. По принципу действия их разделяют на поглощающие и предельные. Поглощающие являются отрезками коаксиальной или волноводной защиты, в которой помещены детали с радиоизлучающим покрытием. Предельные аттенюаторы представляют собой отрезки круглых волноводов, диаметр которых значительно меньше критической длины волны в рабочем диапазоне длин волн данного аттенюатора. В этом случае мощность излучения, проходящего по аттенюатору, затухает по экспоненциальному закону.

При нахождении источников СВЧ и РЧ внутри помещений защиту целесообразно проводить в местах проникновения электромагнитной энергии из экранизирующих кожухов, улучшать методы радиогерметизации стыков и сочленений, применять насадки с радиопоглощающей нагрузкой. При внешних источниках применяются различные защитные изделия из радиоотражающих материалов: металлизированные обои, металлизированные шторы, сетки на окнах и другие. Наибольшей эффективностью эти защитные средства обладают в СВЧ диапазоне, на более низких частотах их применение ограничено дифракцией.

В некоторых случаях для защиты от излучений внешних источников используют специальные коридоры со стенками из радиоотражающих материалов (листовой алюминий, латунная сетка и т. п.). Оценку эффективности перечисленных коллективных средств защиты производят по степени сквозного и дифракционного затуханий.

1. **Экранирующие ткани**

В основе использования средств индивидуальной защиты от ЭМИ лежат принципы сквозного затухания. Экранирующие свойства тканей определяются удельным содержанием металлизированных нитей в основе и утке. Характер взаимного расположения нитей в виде решетки обусловливает способность ткани защищать от ЭМИ различных поляризаций. До настоящего времени у нас в стране было разработано два типа защитной ткани: с открытой и скрытой металлизацией.

Ткань первого типа изготавливается из хлопчатобумажных нитей, на которые накручивается металлическая фольга. Сплетенная из таких нитей ткань имеет металлический блеск. Хотя некоторые ткани имеют достаточные экранирующие свойства, они не нашли широкого применения, так как костюмы из них, с одной стороны, производят нежелательное психологическое воздействие на окружающих, с другой стороны — человек в этом костюме ощущает в электрических полях легкое покалывание током, вызывающее неприятные ощущения. Увеличивается опасность электротравм. К этой группе относятся также ткани типа парчи и шоопированная ткань.

Защитная ткань второго типа имеет скрытую металлизацию. В этом случае тонкая прочная микропроволока вплетается внутрь хлопчатобумажной нити. Изготовленная из таких нитей ткань не имеет недостатков, присущих ткани с открытой металлизацией, и по внешнему виду не отличается от обычной (арт. 7289; СТУ-36-12-199-63).

До последнего времени широко применялась ткань В-1. По основе она содержит на 10 см длины 320 нитей. Из них каждые 2 нити из 3-х имеют внутри микропровод. По утку на 10 см содержится 210 нитей, каждая из которых имеет внутри микропровод. По основе данная ткань ослабляет сантиметровые волны на 23,5 дБ (в 225 раз), по утку — на 23,83 дБ (в 241 раз). Защитные свойства этой ткани представлены в табл. 5. При этом ослабление в диапазоне частот излучения 0,6—10 ГГц составляет 20—50 дБ. На более высокой частоте облучения степень защиты уменьшается, поэтому верхняя граница применения средств индивидуальной защиты (СИЗ) из такого материала составляет несколько десятков ГГц, нижняя — 0,3-0,6 ГГц. Эти ограничения в ГГц-диапазоне связаны с тем, что не обеспечивается достаточный контакт между проводниками ткани, а в МГц-диапазоне — с появлением резонансных изменений величины затухания при соизмеримости длины волны излучения с размерами одежды. В некоторых случаях с целью повышения эффективности защиты, места швов отдельных элементов одежды пропитывают электропроводящей массой или клеем. В последнее время разработана новая радиоэкранирующая ткань типа «Восход» (ТУ РТ 17-001-91) на основе полимерных волокон с покрытием из меди, никеля и других металлов. Результаты измерения значений коэффициентов ослабления этих тканей приведены в табл. 5.4.

Табл. 5.4. Защитные свойства различных типов экранирующих тканей

|  |  |
| --- | --- |
| Частота излучения, ГГц | Ослабление, дБ |
|  | В-1 | « Восход- 1Н» | «Восход-ЮН» | «Восход 12НМ» |
| 37,5 | 20 | — | — | — |
| 9,3 | 28 | — | 70 | 70 |
| 3,0 | 40 | — | 70 | 70 |
| 1,2 | 43 | 40 | 81 | 99 |
| 0,6 | 46 | 44 | 75 | 98 |
| 0,3 | 54 | 47 | 70 | 99 |

**VI. Нормирование ЭМИ**

1. **Нормирование РЧ и СВЧ излучений**

Нормирование является основным элементом электромагнитной производственной и экологической безопасности человека.

За последние годы в городах количество разнообразных источников ЭМИ во всем частотном диапазоне (вплоть до десятков гигагерц) резко увеличивается. Это системы сотовой связи, неисчислимое количество систем мобильной радиосвязи, радары ГАИ, несколько новых телеканалов и десятки радиовещательных станций.

Нормирование РЧ и СВЧ подразумевает дифференцированный подход для лиц, непосредственно работающих с радиоизлучающими источниками, и населения.

Основным руководящим документом, определяющим параметры воздействия ЭМИ РЧ и СВЧ, являются «Санитарные правила и нормы...» (СанПиН 2.2.42.1.8.055-96).

Согласно им, для лиц, работа или обучение которых связаны с необходимостью пребывания в зонах воздействия ЭМИ РЧ и СВЧ, нормирование осуществляют как по интенсивности воздействия, так и по энергетической экспозиции.

Для персонала, работающего с источниками ЭМИ РЧ и СВЧ, в течение рабочего дня ПДУ энергетической экспозиции не должны превышать значений, указанных в табл. 6.1.

Табл. 6.1. Предельно допустимые значения энергетической экспозиции для персонала

|  |  |
| --- | --- |
| Диапазоны частот | Предельно допустимая энергетическая экспозиция |
|  | по электрической составляющей,  | по магнитной составляющей,  | по плотности потока энергии,  |
| 30 кГц -3 МГц | 20 000 | 200 | — |
| 3-30 МГц | 7 000 | Не разработаны | — |
| 30- 50 МГц | 800 | 0,72 |  |
| 50 – 300 МГц | 800 | Не разработаны | — |
| 300 МГц -300 ГГц | — | Не разработаны | 200 |

Предельно допустимые уровни интенсивности ЭМИ РЧ и СВЧ и допустимое время воздействия, определяемое по плотности потока энергии (ППЭПДУ), вычисляются следующей формулой:

, .

Предельно допустимые уровни напряженности ЭМИ РЧ и СВЧ в зависимости от продолжительности воздействия представлены в табл. 6.2.

Табл. 6.2. Предельно допустимые уровни ЭМИ РЧ и СВЧ в зависимости от продолжительности воздействия

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Продолжительность воздействия Т, ч | Епду , В/м | Нпду, А/м | ППЭпду, Вт/м2 |
|  | 0,03-3 МГц | 3-30 МГц | 30-300 МГц | 0,03-3 МГц | 30-50 МГц | 300 МГц -300 ГГц |
| 8,0 и более | 50 | 30 | 10 | 5,0 | 0,30 | 0,25 |
| 7,5 | 52 | 31 | 10 | 5,0 | 0,31 | 0,27 |
| 7,0 | 53 | 32 | 11 | 5,3 | 0,32 | 0,29 |
| 6,5 | 55 | 33 | 11 | 5,5 | 0,33 | 0,31 |
| 6,0 | 58 | 34 | 12 | 5,8 | 0,34 | 0,33 |
| 5,5 | 60 | 36 | 12 | 6,0 | 0,36 | 0,36 |
| 5,0 | 63 | 37 | 13 | 6,3 | 0,38 | 0,40 |
| Продолжительность воздействия Т, ч | Епду , В/м | Нпду, А/м | ППЭпду, Вт/м2 |
|  | 0,03-3 МГц | 3-30 МГц | 30-300 МГц | 0,03-3 МГц | 30-50 МГц | 300 МГц -300 ГГц |
| 4,5 | 67 | 39 | 13 | 6,7 | 0,40 | 0,44 |
| 4,0 | 71 | 42 | 14 | 7,1 | 0,42 | 0,50 |
| 3,5 | 76 | 45 | 15 | 7,6 | 0,45 | 0,57 |
| 3,0 | 82 | 48 | 16 | 8,2 | 0,49 | 0,67 |
| 2,5 | 89 | 52 | 18 | 8,9 | 0,54 | 0,70 |
| 2,0 | 100 | 59 | 20 | 10,0 | 0,60 | 1,00 |
| 1.5 | 115 | 68 | 23 | 11,5 | 0,69 | 1,33 |
| 1,0 | 141 | 84 | 28 | 14,2 | 0,85 | 2,00 |
| 0,5 | 200 | 118 | 40 | 20,0 | 1,20 | 4,00 1 |
| 0,25 | 283 | 168 | 57 | 28,3 | 1,70 | 8,00 |
| 0,20 | — | — | — | — | — | 10,00 |
| 0,125 | 400 | 236 | 80 | 40,0 | 2,40 | — |
| 0,08 и менее | 500 | 296 | 80 | 50,0 | 3,00 | — |

Дальнейшее повышение интенсивности при уменьшении времени воздействия до менее 0,08 ч для РЧ и 0,2 ч для СВЧ не допускается.

В случае, если осуществляется облучение СВЧ от источника, работающего в режиме кругового обзора или сканирования с частотой не более 1 Гц и скважностью не менее 20, ПДУ допускается увеличивать на 10, но эта величина не должна превышать 10 Вт/м2.

Если осуществляется локальное воздействие на область кистей рук от микрополосковых СВЧ-устройств, ПДУ увеличивается в 12,5 раз, при этом ППЭпду не должна превышать 50 Вт/м2.

При превышении ПДУ ЭМИ РЧ и СВЧ на рабочих местах пребывание разрешается только в индивидуальных средствах защиты.

Предельно допустимые уровни воздействия ЭМИ РЧ и СВЧ в диапазоне частот 300 МГц-300 ГГц — 0,10 Вт/м2 или 1 Вт/м2 (от источников, работающих в режиме кругового обзора или сканирования с частотой не более 1 Гц и скважностью не менее 20).

При одновременном облучении от нескольких источников ЭМИ СВЧ, для которых установлены одни и те же предельно допустимые уровни, должны соблюдаться следующие условия:

, ,

где ППЭi – плотность потока энергии, создаваемая источником ЭМИ под i-м номером;

Тi – время воздействия i-го источника;

n – количество источников ЭМИ.

При одновременном облучении от нескольких источников ЭМИ СВЧ, для которых установлены разные предельно допустимые уровни (ПДУ), должны соблюдаться следующие условия:

,

где ЭЭi — энергетическая экспозиция i-го нормируемого диапазона;

ЭЭПДУ i. — предельно допустимое значение энергетической экспозиции i-го нормируемого диапазона; n— количество нормируемых диапазонов.

1. **Микроволновые печи**

Для обеспечения безопасности при использовании печей в быту в России действуют санитарные нормы, ограничивающие предельную величину утечки СВЧ-излучения микроволновой печи. Называются они «Предельно допустимые уровни плотности потока энергии, создаваемой микроволновыми печами» и имеют обозначение СН № 2666-83. Согласно этим санитарным нормам, величина плотности потока энергии электромагнитного излучения не должна превышать 10 мкВт/см2 на расстоянии 50 см от любой точки корпуса печи при нагреве 1 литра воды. На практике почти все новые современные микроволновые печи выдерживают это требование с большим запасом. Тем не менее, при покупке новой печи надо убедиться, что в сертификате соответствия зафиксировано соответствие вашей печи требованиям этих санитарных норм.

Рис. 6.1. Уровень безопасной плотности излучения от микроволновой печи

Надо помнить, что со временем степень защиты может снижаться, в основном из-за появления микрощелей в уплотнении дверцы. Это может происходить как из-за попадания грязи, так и из-за механических повреждений. Поэтому дверца и ее уплотнение требует аккуратности в обращении. Срок гарантированной стойкости защиты от утечек электромагнитного излучения при нормальной эксплуатации — несколько лет. Через 5-6 лет эксплуатации целесообразно проверить качество защиты, пригласив специалиста из аккредитованной лаборатории по контролю электромагнитного излучения.

Кроме СВЧ-излучения работу микроволновой печи сопровождает интенсивное магнитное поле, создаваемое током промышленной частоты 50 Гц, протекающим в системе электропитания печи. Микроволновая печь является одним из наиболее мощных источников магнитного поля в квартире. Для населения уровень магнитного поля промышленной частоты в нашей стране до сих пор не ограничен несмотря на его существенное действие на организм человека при продолжительном облучении. В бытовых условиях однократное кратковременное включение (на несколько минут) не окажет существенного влияния на здоровье человека. Однако часто бытовая микроволновая печь используется для разогрева пищи в кафе и в сходных других производственных условиях. При этом работающий с ней человек попадает в ситуацию хронического облучения магнитным полем промышленной частоты. В таком случае на рабочем месте необходим обязательный контроль магнитного поля промышленной частоты и СВЧ-излучения.

**VII. Расчетная часть**

1. **Расчетные формулы**
2. Для определения значения плотности потока энергии, необходимо произвести не менее 5 измерений в каждой точке (Аi,j).
3. Затем высчитать среднее значение показаний по формуле:

, дБ.

1. Вычислить СКО среднего для каждой точки измерений по формуле:

, дБ.

1. Интенсивность излучения от источника для каждой точки измерений вычислить как разницу показаний , (дБ)
2. где А0 – показание прибора в отсутствии источника излучения.
3. Абсолютное значение ППЭ в измеряемой точке вычисляется по формуле:

, (мкВт/см2)

1. где Kf – поправочный коэффициент (Kf≈2,3);
2. Kda – коэффициент ослабления сигнала (Kda=10).
3. Вычислить суммарное СКО показания прибора как геометрическую сумму составляющих: СКО среднего измерений без источника, СКО среднего измерений с источником, СКО погрешности коэффициента преобразования антенны  и СКО индикатора Я6П-110 .
4. Перевести суммарное СКО из дБ в мкВт/см2.
5. **Практическая часть**

В начале практической части было проведено измерение ЭМИ в помещении в отсутствии источника излучения. Результаты измерения занесены в табл. 8.1.

Табл. 8.1. Измерение ЭМИ без источника излучения.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № измерения | A0,i , дБ | A0 cp , дБ | SA , дБ | ППЭА0 ср , мкВт/см2 | SППЭ А0 ср , мкВт/см2 |
| 1 | 14.7 | 14.760 | 0.024 | 5.888 | 0.637 |
| 2 | 14.7 |
| 3 | 14.8 |
| 4 | 14.8 |
| 5 | 14.8 |

Для удобства измерений каждая из сторон микроволновой печи обозначена буквами. А – передняя панель; В – левая боковая панель; С – правая боковая панель; D – верхняя панель.

Производятся измерения ЭМИ от СВЧ-печи без подключения ее к сетевому питанию. Результаты измерений занесены в табл. 8.2.

Табл. 8.2. Измерения ЭМИ от микроволновой печи без подключения ее к сетевому питанию.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Точка,i=1..n | № измерения,j=1..m | Ai,j , дБ | Acp i , дБ | SAi , дБ | ППЭА ср , мкВт/см2 | SППЭ А ср , мкВт/см2 |
| A | 1 | 17.2 | 17.22 | 0.037 | 10.375 | 0.637 |
| 2 | 17.3 |
| 3 | 17.3 |
| 4 | 17.1 |
| 5 | 17.2 |
| B | 1 | 16.6 | 16.6 | 0.032 | 8.995 | 0.637 |
| 2 | 16.5 |
| 3 | 16.7 |
| 4 | 16.6 |
| 5 | 16.6 |
| C | 1 | 17.0 | 16.96 | 0.051 | 9.772 | 0.637 |
| 2 | 17.1 |
| 3 | 16.8 |
| 4 | 17.0 |
| 5 | 16.9 |
| D | 1 | 16.6 | 16.44 | 0.051 | 8.67 | 0.637 |
| 2 | 16.5 |
| 3 | 16.4 |
| 4 | 16.4 |
| 5 | 16.3 |

Далее производятся аналогичные измерения ЭМИ от СВЧ-печи, но с подключением ее к сетевому питанию. Результаты измерений занесены в табл. 8.3.

Табл. 8.3. Измерения ЭМИ от, подключенной к сетевому питанию.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Точка,i=1..n | № измерения,j=1..m | Ai,j , дБ | Acp i , дБ | SAi , дБ | ППЭА ср , мкВт/см2 | SППЭ А ср , мкВт/см2 |
| A | 1 | 19.2 | 19.18 | 0.02 | 16.293 | 0.637 |
| 2 | 19.2 |
| 3 | 19.1 |
| 4 | 19.2 |
| 5 | 19.2 |
| B | 1 | 18.7 | 18.64 | 0.051 | 14.388 | 0.637 |
| 2 | 18.8 |
| 3 | 18.6 |
| 4 | 18.6 |
| 5 | 18.5 |
| C | 1 | 19.3 | 19.36 | 0.024 | 16.982 | 0.637 |
| 2 | 19.4 |
| 3 | 19.4 |
| 4 | 19.4 |
| 5 | 19.3 |
| D | 1 | 18.3 | 18.3 | 0.032 | 13.305 | 0.637 |
| 2 | 18.3 |
| 3 | 18.3 |
| 4 | 18.4 |
| 5 | 18.2 |

В соответствии с санитарной нормой на расстоянии 0,5 метра от печи, значение ППЭ не должно превышать 10 мкВт/см2. Для проверки этого соответствия, откладываются нормали от каждой панели микроволновой печи и разбиваются на 5 равных интервалов (по 10 см). Измерения проводятся при включенной микроволновой печи на 100%-ую мощность.

Производятся измерения ЭМИ от СВЧ-печи в направлении А. Результаты измерений занесены в табл. 8.4.

Табл. 8.4 Измерения ЭМИ в направлении А.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № точкиi=1..n | № измеренияj=1..m | Ai,j , дБ | Acp i , дБ | SAi , дБ | ППЭА ср , мкВт/см2 | SППЭ А ср , мкВт/см2 |
| 1 | 1 | 20.7 | 20.660 | 0.024 | 22.909 | 0.637 |
| 2 | 20.6 |
| 3 | 20.7 |
| 4 | 20.6 |
| 5 | 20.7 |
| 2 | 1 | 18.4 | 18.520 | 0.049 | 13.996 | 0.637 |
| 2 | 18.5 |
| 3 | 18.5 |
| 4 | 18.7 |
| 5 | 18.5 |
| 3 | 1 | 15.6 | 15.740 | 0.051 | 7.379 | 0.637 |
| 2 | 15.7 |
| 3 | 15.9 |
| 4 | 15.8 |
| 5 | 15.7 |
| 4 | 1 | 15.1 | 15.100 | 0 | 6.368 | 0.636 |
| 2 | 15.1 |
| 3 | 15.1 |
| 4 | 15.1 |
| 5 | 15.1 |
| 5 | 1 | 15.1 | 15.100 | 0 | 6.368 | 0.636 |
| 2 | 15.1 |
| 3 | 15.1 |
| 4 | 15.1 |
| 5 | 15.1 |
| 6 | 1 | 15.1 | 15.040 | 0.024 | 6.281 | 0.637 |
| 2 | 15.0 |
| 3 | 15.0 |
| 4 | 15.0 |
| 5 | 15.1 |

Производятся измерения ЭМИ от СВЧ-печи в направлении В. Результаты измерений занесены в табл. 8.5.

Табл. 8.5 Измерения ЭМИ в направлении В.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № точкиi=1..n | № измеренияj=1..m | Ai,j , дБ | Acp i , дБ | SAi , дБ | ППЭА ср , мкВт/см2 | SППЭ А ср , мкВт/см2 |
| 1 | 1 | 21.3 | 21.240 | 0.040 | 26.182 | 0.637 |
| 2 | 21.3 |
| 3 | 21.3 |
| 4 | 21.2 |
| 5 | 21.1 |
| 2 | 1 | 18.8 | 18.840 | 0.051 | 15.066 | 0.637 |
| 2 | 18.8 |
| 3 | 19.0 |
| 4 | 18.7 |
| 5 | 18.9 |
| 3 | 1 | 16.0 | 16.020 | 0.058 | 7.87 | 0.637 |
| 2 | 16.2 |
| 3 | 15.9 |
| 4 | 15.9 |
| 5 | 16.1 |
| 4 | 1 | 15.1 | 15.100 | 0 | 6.368 | 0.636 |
| 2 | 15.1 |
| 3 | 15.1 |
| 4 | 15.1 |
| 5 | 15.1 |
| 5 | 1 | 15.1 | 15.100 | 0 | 6.368 | 0.636 |
| 2 | 15.1 |
| 3 | 15.1 |
| 4 | 15.1 |
| 5 | 15.1 |
| 6 | 1 | 15.1 | 15.060 | 0.024 | 6.31 | 0.637 |
| 2 | 15.1 |
| 3 | 15.0 |
| 4 | 15.1 |
| 5 | 15.0 |

Производятся измерения ЭМИ от СВЧ-печи в направлении С. Результаты измерений занесены в табл. 8.6.

Табл. 8.6 Измерения ЭМИ в направлении С.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № точкиi=1..n | № измеренияj=1..m | Ai,j , дБ | Acp i , дБ | SAi , дБ | ППЭА ср , мкВт/см2 | SППЭ А ср , мкВт/см2 |
| 1 | 1 | 21.3 | 21.260 | 0.024 | 26.303 | 0.637 |
| 2 | 21.3 |
| 3 | 21.3 |
| 4 | 21.2 |
| 5 | 21.2 |
| 2 | 1 | 19.0 | 18.940 | 0.081 | 15.417 | 0.638 |
| 2 | 19.1 |
| 3 | 18.8 |
| 4 | 19.1 |
| 5 | 18.7 |
| 3 | 1 | 15.8 | 15.940 | 0.051 | 7.727 | 0.637 |
| 2 | 16.0 |
| 3 | 16.1 |
| 4 | 15.9 |
| 5 | 15.9 |
| 4 | 1 | 15.1 | 15.100 | 0 | 6.368 | 0.636 |
| 2 | 15.1 |
| 3 | 15.1 |
| 4 | 15.1 |
| 5 | 15.1 |
| 5 | 1 | 15.1 | 15.100 | 0 | 6.368 | 0.636 |
| 2 | 15.1 |
| 3 | 15.1 |
| 4 | 15.1 |
| 5 | 15.1 |
| 6 | 1 | 15.1 | 15.060 | 0.024 | 6.31 | 0.637 |
| 2 | 15.1 |
| 3 | 15.1 |
| 4 | 15.0 |
| 5 | 15.0 |

Производятся измерения ЭМИ от СВЧ-печи в направлении D. Результаты измерений занесены в табл. 8.7.

Табл. 8.7 Измерения ЭМИ в направлении D.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № точкиi=1..n | № измеренияj=1..m | Ai,j , дБ | Acp i , дБ | SAi , дБ | ППЭА ср , мкВт/см2 | SППЭ А ср , мкВт/см2 |
| 1 | 1 | 21.5 | 21.460 | 0.024 | 27.542 | 0.637 |
| 2 | 21.5 |
| 3 | 21.5 |
| 4 | 21.4 |
| 5 | 21.4 |
| 2 | 1 | 19.4 | 19.220 | 0.058 | 16.444 | 0.637 |
| 2 | 19.3 |
| 3 | 19.1 |
| 4 | 19.2 |
| 5 | 19.1 |
| 3 | 1 | 16.2 | 16.260 | 0.040 | 8.318 | 0.637 |
| 2 | 16.2 |
| 3 | 16.3 |
| 4 | 16.4 |
| 5 | 16.2 |
| 4 | 1 | 15.1 | 15.100 | 0 | 6.368 | 0.636 |
| 2 | 15.1 |
| 3 | 15.1 |
| 4 | 15.1 |
| 5 | 15.1 |
| 5 | 1 | 15.0 | 15.020 | 0.020 | 6.252 | 0.637 |
| 2 | 15.0 |
| 3 | 15.0 |
| 4 | 15.0 |
| 5 | 15.1 |
| 6 | 1 | 15.0 | 15.000 | 0 | 6.223 | 0.636 |
| 2 | 15.0 |
| 3 | 15.0 |
| 4 | 15.0 |
| 5 | 15.0 |

Наибольшее значение ППЭ наблюдается в точке 1 на верхней панели СВЧ-печи (27.542±0.637 мкВт/см2). Для его снижения использовались разные виды поглощающих материалов: фольга, пластик, оргстекло. Измерение ЭМИ проводились с каждым поглотителем. Результаты измерений занесены в табл. 8.8.

Табл. 8.8. Измерение ЭМИ с применением поглотителей.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид поглотителяi=1..n | № измеренияj=1..m | Ai,j , дБ | Acp i , дБ | SAi , дБ | ППЭА ср , мкВт/см2 | SППЭ А ср , мкВт/см2 |
| Фольга | 1 | 21.2 | 21.2 | 0.032 | 25.942 | 0.637 |
| 2 | 21.3 |
| 3 | 21.2 |
| 4 | 21.1 |
| 5 | 21.2 |
| Пластик | 1 | 21.0 | 21.2 | 0.055 | 25.942 | 0.637 |
| 2 | 21.2 |
| 3 | 21.2 |
| 4 | 21.3 |
| 5 | 21.3 |
| Оргстекло | 1 | 21.3 | 21.24 | 0.024 | 26.182 | 0.637 |
| 2 | 21.2 |
| 3 | 21.2 |
| 4 | 21.3 |
| 5 | 21.2 |

**VIII. Вывод**

В данной работе были рассмотрены средства измерения плотности потока энергии, такие как П3-41, П3-33, П3-31 и более подробно изучен измеритель П3-18. На основе этого прибора был изучен метод преобразования СВЧ-сигнала в напряжение постоянного тока с помощью антенны-преобразователя и цифрового индикатора.

Были изучены общие рекомендации и меры по защите персонала от ЭМИ, рассмотрены радиопоглощающие материалы и экранирующие ткани.

На практике было проведено подробное исследование ЭМП микроволновой печи, как наиболее опасного источника СВЧ излучения в быту. В результате измерений было установлено, что максимальное значение интенсивности ППЭ находится на верхней панели СВЧ-печи(27.542±0.637 мкВт/см2). Для уменьшения ЭМИ в данной точке были применены 3 вида поглотителей. Вследствие чего, было выявлено, что наилучшим из них является фольга. Уровень ППЭ при этом уменьшился на 1.6 мкВт/см2 и составляет 25.942±0.637 мкВт/см2.

В итоге было установлено, что плотность потока энергии от микроволновой печи уже на расстоянии 20 см не превышает 8.318±0.637, мкВт/см2. Что полностью соответствует санитарной норме СН № 2666-83. Этот факт доказывает безопасность эксплуатации данной печи.

В процессе измерения ЭМИ от СВЧ-печи, прибор П3-18 показал стабильную работу без сбоев и отказов. Вследствие чего, можно говорить о том, что данный прибор пригоден для проведения контроля и регистрации значений плотности потока энергии от микроволновой печи.

На основе данных исследований были разработаны методические указания по проведению лабораторного практикума.

**XIX. Список литературы**

1. Измерение плотности потока энергии… – База данных – Режим доступа: http://www.shematic.net/page-16.html
2. Измеритель уровней электромагнитных излучений П3-41 – База данных – Режим доступа: http://www.piton.nnov.ru/p3-41.php
3. Измеритель электромагнитных излучений П3-31 – База данных – Режим доступа: http://www.priborelektro.ru/price/P3-31.php4?deviceid=1042
4. Измеритель плотности потока энергии П3-33 – База данных – Режим доступа: http://www.eurolab.ru/izmeritel\_p333
5. Принцип действия // Измерители плотности потока энергии. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 0.274.004 ТО — С. 25—27
6. Антенны-преобразователи АП-ППЭ-1, АП-ППЭ-2 // Измерители плотности потока энергии. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 0.274.004 ТО — С. 27—29
7. Индикатор Я6П-110 // Измерители плотности потока энергии. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 0.274.004 ТО — С. 29—30
8. Грачёв Н. Н. Общие рекомендации и меры защиты/Н. Н. Грачёв, Л. О. Мырова // Защита от опасных излучений – М., 2005. — С. 172—174
9. Грачёв Н. Н.Экранирующие свойства строительныхматериалов /Н. Н. Грачёв, Л. О. Мырова // Защита от опасных излучений – М., 2005. — С. 181—183
10. Грачёв Н. Н. Радиопоглощающие материалы /Н. Н. Грачёв, Л. О. Мырова // Защита от опасных излучений – М., 2005. — С. 183—186
11. Грачёв Н. Н. Экранирующие ткани /Н. Н. Грачёв, Л. О. Мырова // Защита от опасных излучений – М., 2005. — С. 186—189
12. Грачёв Н. Н. Нормирование РЧ и СВЧ излучений/Н. Н. Грачёв, Л. О. Мырова // Защита от опасных излучений – М., 2005. — С. 143—148
13. Грачёв Н. Н.Микроволновые печи /Н. Н. Грачёв, Л. О. Мырова // Защита от опасных излучений – М., 2005. — С. 165—167
14. Контроль поля ЭМИ бытовой микроволновой печи / В. Ш. Сулаберидзе [и др.] // Электромагнитные излучения и электробезопасность. – СПб, 2007. – С. 86–89