

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Кафедра безопасности полетов и жизнедеятельности

Т.В. Наумова

ЗАЩИТА ОТ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Пособие по выполнению лабораторной работы по дисциплине

«Безопасность жизнедеятельности»

*для студентов всех специальностей
всех форм обучения*

Москва-2008

ББК 331.8

Н 34

Рецензент: доц. Феокистова Т.Г.

Наумова Т.В.

Н 34 Безопасность жизнедеятельности: Пособие по выполнению лабораторной работы «Защита от СВЧ излучения». - М.:МГТУ ГА, 2008. – 16с.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 23.01.08 г. и методического совета 19.02.08г.

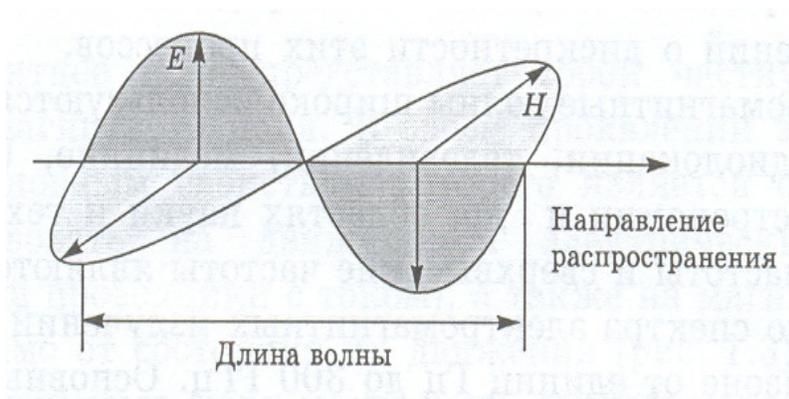
ЗАЩИТА ОТ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (СВЧ)

Цель работы: ознакомиться с характеристиками электромагнитного излучения СВЧ-диапазона в зависимости от расстояния до источника и оценить эффективность защиты экранов, выполненных из различных материалов.

Продолжительность лабораторной работы – 2 часа.

Общие сведения

Электромагнитное поле (ЭМП) представляет собой особую форму материи, возникающую вокруг перемещающихся в пространстве электрических зарядов. Оно характеризуется взаимосвязанными электрическим и магнитным полями. Если покоящийся электрический заряд создает вокруг себя неизменное во времени электростатическое поле, то ускоренно движущийся заряд порождает в смежных областях пространства переменное электрическое поле, которое в свою очередь формирует переменное магнитное поле, создающее электрическое и т.д. (рис. 1). Следовательно, всякое радио- и электрооборудование является



источником электромагнитных полей: линии электропередачи, радары, промышленные электроустановки, мобильные телефоны, телевизоры, все бытовые электроприборы, компьютеры и т.д.

Рис. 1. Электромагнитная волна

Спектр электромагнитных излучений подразделяют на диапазоны, которые различаются по длине волны и частоте колебаний (табл.1), а следовательно, физическим свойствам и биологическому действию на организм человека.

Спектр электромагнитных излучений

Таблица 1

Диапазон	Группа	Частота f , Гц	Длина волны λ , м
Низкочастотные	Инфранизкие, низкие, промышленные	$3 \times (10^{-3} - 10^4)$	$10^{11} - 10^4$
Радиоволны	Длинные (ДВ)	$3 \times (10^4 - 10^5)$	$10^4 - 10^3$
	Средние (СВ)	$3 \times (10^5 - 10^6)$	$10^3 - 10^2$
	Короткие (КВ)	$3 \times (10^6 - 10^7)$	$10^2 - 10$
	Ультракороткие (УКВ)	$3 \times (10^7 - 10^8)$	$10 - 1$
	Микроволны (СВЧ)	$3 \times (10^8 - 10^{11})$	$1 - 10^{-3}$
Оптические	Инфракрасные (ИК)	$3 \times (10^{12} - 10^{14})$	$10^{-4} - 10^{-6}$
	Видимые	3×10^{14}	10^{-6}
	Ультрафиолетовые (УФ)	$3 \times (10^{14} - 10^{16})$	$10^{-6} - 10^{-8}$
Ионизирующие	Рентгеновские	$3 \times (10^{17} - 10^{19})$	$10^{-9} - 10^{-11}$
	Гамма -излучение	$3 \times (10^{20} - 10^{22})$	$10^{-12} - 10^{-14}$

Наиболее широкое распространение получили радиоволны, прежде всего, благодаря своей способности при распространении в пространстве испытывать преломление, отражение от границы двух сред, поглощение, дисперсию, интерференцию и прочие явления. Так ЭМИ радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) используются в радиолокации, радиоастрономии, радиоспектроскопии, геодезии, дефектоскопии, медицине, средствах связи, телевидении и др.

Различные диапазоны радиоволн объединяет общая физическая природа, но они существенно различаются по заключенной в них энергии, характеру распространения, поглощения, отражения, а вследствие этого, - по действию на среду, в т.ч. на человека. Чем короче длина волны λ и выше частота колебаний f , тем больше энергии U несет в себе квант ЭМИ. Связь между энергией и частотой колебаний определяется следующим образом:

$$U = h \cdot f \tag{1}$$

или, поскольку длина волны λ и частота связаны соотношением $f = c/\lambda$:

$$U = h \cdot c/\lambda \tag{2}$$

где: $c=3 \cdot 10^8$ м/с – скорость ЭМВ в воздухе

$h= 6,6 \cdot 10^{-34}$ Вт/см² - постоянная Планка.

ЭМП вокруг любого источника разделяют на три зоны: ближнюю – зону индукции, промежуточную - зону интерференции и дальнюю - волновую зону. Если геометрические размеры источника излучения меньше длины волны излучения λ (т.е. источник можно рассматривать как точечный), границы зон определяются следующими расстояниями R :

- ближняя зона (индукции) $R < \lambda/2\pi$
- промежуточная зона (интерференции) $\lambda/2\pi < R < 2\pi\lambda$
- дальняя зона (волновая) $R > 2\pi\lambda$

Предельно-допустимые уровни (ПДУ) воздействия ЭМП радиочастот устанавливают ГОСТ 12.1.006-84 и СанПиН 2.2.4.1191-03. В диапазоне частот 30 кГц - 300 МГц работающие с источниками излучения НЧ, ДВ, СВ, КВ и, в известной степени, УКВ диапазонов оказываются в зоне индукции, где воздействие электрического и магнитного полей считаются независимыми друг от друга, поэтому контроль и нормирование осуществляется отдельно: для электрического поля - по величине напряженности электрического поля E (В/м), для магнитного поля - по величине напряженности магнитного поля H (А/м).

В диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц (СВЧ) персонал, как правило, находится в волновой зоне, и воздействие поля оценивается величиной **плотности потока энергии** ППЭ (Вт/м² или мкВт/см²), т.е. количеством электромагнитной энергии, проходящей в единицу времени через единицу площади поверхности, перпендикулярной направлению распространения волн. При гигиеническом нормировании ЭМИ учитывается как время облучения (Т), так и энергетическая нагрузка на организм человека (энергетическая экспозиция ЭЭ), которые связаны с E , H и ППЭ следующим образом:

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 \cdot T \quad [(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}] \quad (3)$$

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T \quad [(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}] \quad (4)$$

$$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \cdot T \quad [(\text{мкВт}/\text{см}^2) \cdot \text{ч}] \quad (5)$$

Пользуясь формулами (3-5) и данными таблицы 2 можно рассчитать предельно-допустимые значения E, H и ППЭ для различных диапазонов ЭМИ РЧ в зависимости от времени их воздействия.

**ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона радиочастот
по СанПиН 2.2.4.1191-03**

Таблица 2

Параметр	ЭЭ _{пду} в диапазонах частот (МГц)				
	0,03 - 3,0	3,0 - 30,0	30,0 - 50,0	50,0 - 300,0	300,0 - 300000,0
ЭЭ _е , (В/м) ² ·ч	20000	7000	800	800	-
ЭЭ _н , (А/м) ² ·ч	200	-	0,72	-	-
ЭЭ _{ппэ} , (мкВт/см ²)·ч	-	-	-	-	200

Однако, независимо от условий облучения персонала СВЧ волнами максимальное значение ППЭ не должно превышать 10 Вт/м² (или 1000 мкВт/см²).

Изменения в веществе может вызвать только та часть энергии излучения, которая поглощается этим веществом, а отраженная или проходящая через него энергия действия не оказывает. Электромагнитные волны частично поглощаются тканями биологического объекта, поэтому биологический эффект зависит от физических параметров ЭМП: длины волны, частоты колебаний, интенсивности и режима излучения (непрерывный, прерывистый, импульсно-модулированный), продолжительности и характера облучения организма, а также от площади облучаемой поверхности и анатомического строения органа или ткани. Установлена следующая закономерность: чем выше частота излучения, тем негативнее его воздействие. В радиочастотном диапазоне наиболее опасными для человека являются ЭМП сверхвысоких частот.

Воздействие ЭМП с уровнями, превышающими допустимые, приводит к

изменениям функционального состояния сердечно-сосудистой и центральной нервной систем, нарушению обменных процессов и гормонального равновесия, ломкости ногтей, выпадению волос.

Степень поглощения энергии тканями зависит от их способности к ее отражению на границе раздела, определяемой содержанием воды в тканях и другими их особенностями. Колебания дипольных молекул воды и ионов, содержащихся в тканях, приводят к преобразованию электромагнитной энергии внешнего поля в тепловую, что сопровождается повышением температуры тела или локальным избирательным нагревом тканей, органов, клеток, особенно с плохой терморегуляцией (хрусталик глаза, стекловидное тело и др.). Поражение глаз в виде помутнения хрусталика (катаракты) при воздействии миллиметровых волн наступают немедленно, но быстро проходят. В то же время при частотах около 3-5 ГГц возникают устойчивые изменения, являющиеся результатом повреждения эпителия роговицы.

При ППЭ выше 1 мВт/см^2 наблюдаются постоянные изменения в составе крови. Это фазовые изменения лейкоцитов, эритроцитов и гемоглобина. Действие ЭМП может проявляться также в виде быстрой утомляемости, слабости, головной боли, нарушениях сна, снижении частоты пульса и артериального давления.

Защитные меры от действия ЭМП сводятся, в основном, к применению защитного экранирования, дистанционного управления устройствами, излучающими электромагнитные волны, применению средств индивидуальной защиты и сокращению времени пребывания в зоне действия поля. Защитные экраны делятся на два типа:

- 1) отражающие излучение;
- 2) поглощающие излучение.

Экраны первого типа выполняются из металлических листов, сетки, проводящих пленок, ткани с микропроводом, металлизированных тканей на основе синтетических волокон или любых других материалов, имеющих

высокую электропроводность. Ко второму типу относятся экраны из керамики, поролона, пенопласта и др. материалов, обеспечивающих поглощение энергии ЭМП соответствующей частоты (длины волны). Средства индивидуальной защиты (СИЗ) – это спецодежда, выполненная из металлизированной ткани: защитные халаты, фартуки, накидки с капюшоном, перчатки, щитки, а также защитные очки (при интенсивности выше 1 мВт/см^2 , стекла которых покрыты слоем полупроводниковой окиси олова, или сетчатые очки в виде полумасок из медной или латунной сетки).

В данной лабораторной работе в качестве источника СВЧ-излучения используется микроволновая печь. Среди бытовых электроприборов микроволновые печи являются самыми мощными генераторами ЭМИ с рабочей частотой 2,45 ГГц. Для сравнения: по магнитной составляющей излучение СВЧ-печей в 2 раза выше, чем от электроплиты и в 6 раз выше, чем от телевизора. Электромагнитные волны генерируются магнитроном в верхней части прибора и отражаются от стенок рабочей камеры и металлической решетки на дверце (рис.2).

Микроволны поглощаются продуктами на глубину около 2,5 см, а образующееся тепло рассеивается по всему продукту. Равномерность приготовления достигается за счет вращения подноса.

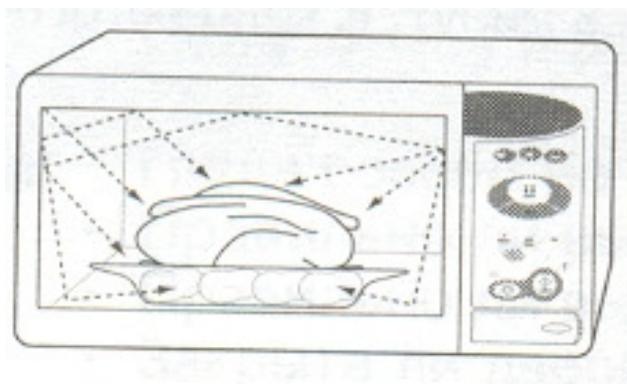


Рис. 2. Распределение микроволн в СВЧ печи

В соответствии с современными представлениями, эксплуатация микроволновой печи в исправном состоянии не опасна, однако, при появлении микротрещин в уплотнении дверцы при попадании пищи, либо вследствие механических повреждений, возможна утечка электромагнитной энергии. Производители СВЧ-печей гарантируют 5-6-летнюю стойкость защиты от утечек при условии правильной эксплуатации.

Для обеспечения безопасности при использовании печей в быту в России действуют санитарные нормы для условий непрофессионального облучения СН №2666-83 «Предельно-допустимые уровни плотности потока энергии, создаваемой микроволновыми печами». Согласно этому документу ППЭ не должна превышать 10 мкВт/см^2 на расстоянии 50 см от любой точки корпуса печи при нагреве 1 л воды.

Описание лабораторного стенда

Внешний вид стенда представлен на рис.3.

Стенд представляет собой *стол 1*, выполненный в виде сварного каркаса со столешницей. На столешнице размещены источник излучения - *СВЧ печь 2* и *координатная сетка 3*, выполненная в виде планшета, приклеенного непосредственно к столешнице. В качестве нагрузки в СВЧ печи используется строительный красный кирпич, устанавливаемый на неподвижную подставку, в качестве которой используется неглубокая фаянсовая тарелка, обеспечивающая стабильность измеряемого сигнала.

Координатная сетка регистрирует перемещение *датчика 4* СВЧ поля по осям «X». «Y». Датчик выполнен в виде полуволнового вибратора, рассчитанного на частоту 2,45 ГГц и состоящего из диэлектрического корпуса, вибраторов и СВЧ диода. Координата «Z» определяется по шкале, нанесенной на *измерительную стойку 5*, по которой датчик может свободно перемещаться. Это дает возможность исследовать распределение СВЧ излучения в пространстве со стороны передней панели СВЧ печи. Стойка изготовлена из органического стекла -диэлектрического материала, чтобы исключить искажение распределения СВЧ поля.

На столешнице *имеются гнезда 6* для установки *сменных защитных экранов 7*, выполненных из следующих материалов:

- сетка из оцинкованной стали с ячейками 50 мм;
- сетка из оцинкованной стали с ячейками 10 мм;

- лист алюминиевый;
- полистирол;
- резина.

Сменные экраны размещаются под столешницей.

Сигнал с датчика поступает на *мультиметр 8*.

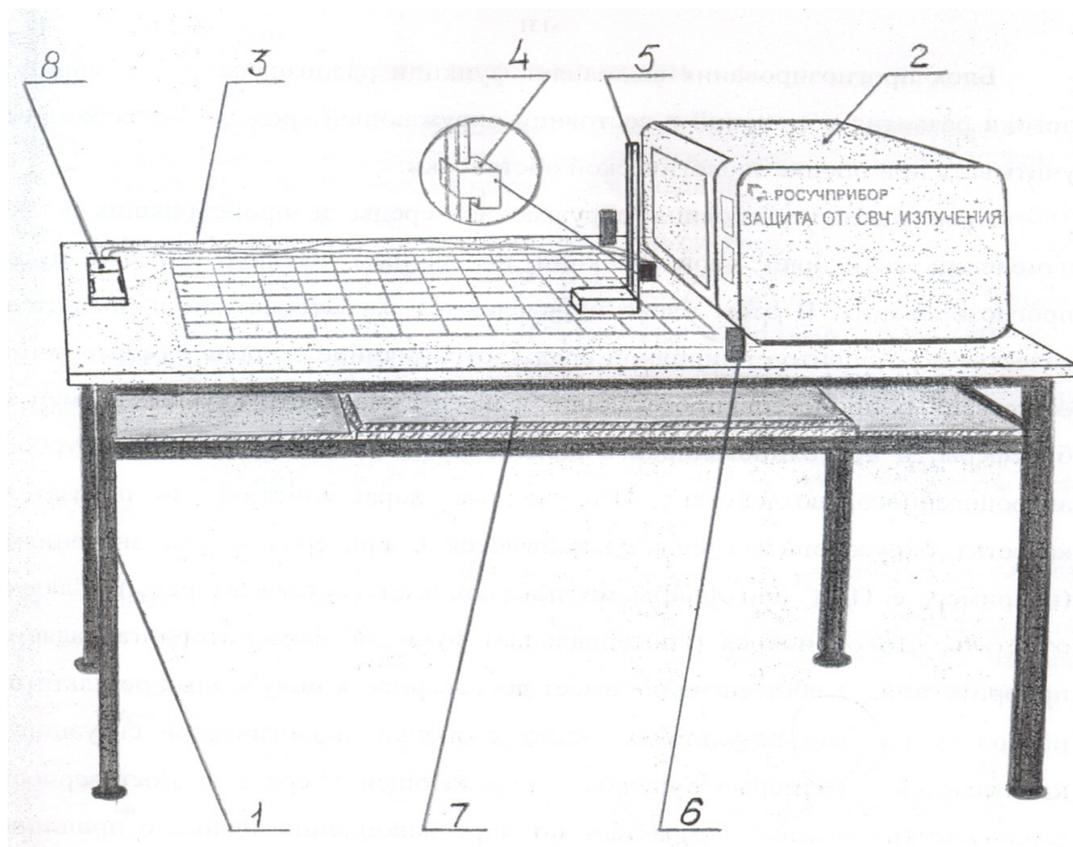


Рис. 3. Лабораторный стенд

Внимание! Запрещается работать с открытой дверцей СВЧ печи, самостоятельно регулировать или ремонтировать дверь, панель управления, выключатели системы блокировки или какие-либо другие части печи. Не допускается включение и работа печи без нагрузки, поэтому в перерывах между рабочими циклами следует оставлять кирпич в печи, чтобы при случайном включении печи он выполнял роль нагрузки.

Технические характеристики лабораторного стенда

Диапазон плотности потока ЭМИ в изучаемой зоне СВЧ печи	0...120 мкВт/см ²
Соотношение показаний мультиметра М 3900 и измерителя плотности потока ПЗ-19:	1 мкА = 0,35мкВт/см ²
Значения перемещений датчика относительно СВЧ печи, не менее:	
по оси "X"	500 мм
по оси "У"	±250 мм
по оси "Z"	300 мм
Мощность СВЧ печи, не более	800 Вт
Количество сменных защитных экранов	5
Размеры экранов	(330±5)×(500±5) мм
Потребляемая мощность, не более:	1200 В•А
Цена деления шкал по осям X, Y, Z	10±1 мм
Габаритные размеры стенда:	
длина	1200 мм
ширина	650 мм
высота	1200 мм
Масса стенда	40 кг
Электропитание от сети переменного тока напряжением	220 В
частотой	50Гц
Режим работы СВЧ печи:	
- продолжительность работы, не более	5 мин
- продолжительность перерыва между рабочими циклами, не менее	30 с
- уровень мощности	100%
Средняя наработка на отказ, не менее	500 часов

Порядок выполнения работы

1. Подключить СВЧ печь к сети переменного тока.
2. В печь на подставку положить кирпич.
3. Установить режим работы печи в следующей последовательности: открыть дверцу нажатием прямоугольной клавиши в нижней части лицевой панели; установить ручку «**мощность**» в крайнее правое положение; установить ручку «**время**» в положение 5 мин; плотно закрыть дверцу.
4. Разместить датчик на отметке 0 по оси X координатной системы.
5. Включить печь.
6. Перемещая датчик по оси Y координатной системы и оси Z (по вертикальной стойке), определить зоны наиболее интенсивного излучения и с помощью мультиметра зафиксировать их численные значения I.
7. Перемещая стойку с датчиком по координате X (удаляя его от печи до предельной отметки 50 см) снять показания мультиметра дискретно с шагом 20 мм. Данные замеров занести в табл. 1.
8. Перевести показания мультиметра в показатели интенсивности излучения (плотности потока энергии), исходя из соотношения: $1 \text{ мкА} = 0,35 \text{ мкВт/см}^2$.
9. Построить график распределения интенсивности излучения в пространстве перед печью.

Внимание! Продолжительность работы СВЧ-печи не должна превышать 5 мин., в противном случае между рабочими циклами необходимо делать перерывы не менее 30 секунд.

10. Разместить датчик в зоне наиболее интенсивного излучения, выявленной в п.4. Занести показания мультиметра в таблицу 2.
11. Поочередно устанавливая защитные экраны №№1-5, фиксировать показания мультиметра и заносить их в таблицу 2.
12. Определить уровень ослабления излучения каждым экраном по формуле:

$$L = -10 \lg \frac{I_{\text{э}}}{I} \quad [\text{дБ}] \quad (6)$$

где I - показание мультиметра без экрана, мкВт/см²

Iэ - показание мультиметра с экраном, мкВт/см².

13. Определить эффективность экранирования для каждого материала по формуле:

$$s = \frac{I - I_{\text{э}}}{I} \cdot 100\% \quad (7)$$

14. Построить диаграмму эффективности экранирования от вида материала защитных экранов.

15. Оформить отчет по лабораторной работе, сделать вывод о соответствии режимов работы СВЧ-печи требованиям СН №2666-83, привести рабочее место в порядок и ответить на контрольные вопросы.

Форма отчета о лабораторной работе

Исследование интенсивности СВЧ-излучения в зависимости от расстояния до источника

Таблица 1

Номер измерения	Значение X, см	Значение Y, см	Значение Z, см	Интенсивность излучения I, мкВт/см ²
1				
2				
...				
n				

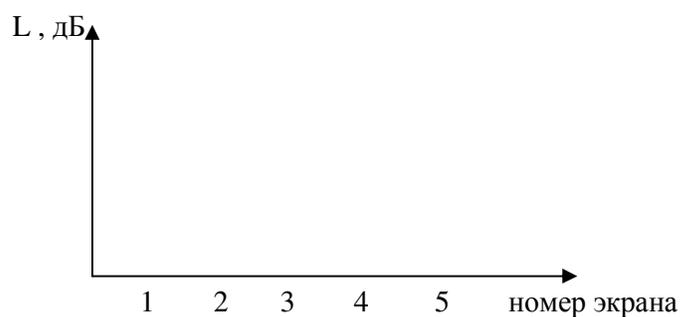
Вывод: _____

Исследование эффективности защиты экранированием от СВЧ-излучения

Таблица 2

Материал защитного экрана	Показания мультиметра, мкА	Значения интенсивности излучения I; I _э , мкВт/см ²	Уровень ослабления СВЧ-излучения L, дБ	Эффективность экранирования s
без экрана				
1 -сетка из оцинкованной стали с ячейками 50 мм				
2 - сетка из оцинкованной стали с ячейками 10 мм				
3 - лист алюминиевый				
4 - полистирол;				
5 - резина				

Диаграмма эффективности экранирования от вида материала защитных экранов



Вывод: _____

дата

подпись студента

Контрольные вопросы

1. Что такое электромагнитное поле чем оно отличается от электростатического?
2. Приведите примеры источников ЭМП.
3. Что такое спектр ЭМИ, какие диапазоны вам известны?
4. Перечислите основные физические характеристики ЭМП, единицы их измерения.
5. Какие изменения в состоянии здоровья человека вызывают ЭМИ. И в частности СВЧ?
6. Какие документы в России регламентируют воздействие ЭМИ РЧ на персонал и население?
7. Как осуществляется гигиеническое нормирование ЭМИ?
8. В какой части пространства перед печью наблюдается наиболее интенсивное излучение?
9. Соответствуют ли измеренные вами величины ППЭ гигиеническим нормативам?
10. Защитный экран из какого материала оказался наиболее эффективным?

Литература

1. Грачев Н.Н. Мырова Л.О. Защита человека от опасных излучений –М.: БИНОМ,2005
2. Поленов А.Н. Методические указания к выполнению л.р. «Защита от сверхвысокочастотного излучения» по дисц. БЖД –НПО Росучприбор, 2002
3. СанПиН 2.2.4.1191-03. Физические факторы производственной среды. Электромагнитные поля в производственных условиях
4. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования

Содержание

Основные сведения.....	3
Описание лабораторного стенда	9
Порядок выполнения работы.....	12
Форма отчета о лабораторной работе.....	14
Контрольные вопросы.....	15
Литература.....	15