**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

***Методические указания к лабораторным работам***

***для обучающихся по образовательной программе***

***«21.05.04 – П. Технологическая безопасность и горноспасательное дело»***

***высшего инженерного образования***

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**

**2025**

Санкт-Петербургский горный университет императрицы

Екатерины II

Кафедра безопасности производств

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*Методические указания к лабораторным работам*

*для обучающихся по образовательной программе*

*«21.05.04 – П. Технологическая безопасность и горноспасательное дело»*

*высшего инженерного образования*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2025

УДК 613.64; 331.451

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ:** Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II. Сост. *М.В. Корнева*. СПб, 2025. 20 с.

Краткая характеристика:

Изложены методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности».

Методические указания предназначены для обучающихся по образовательной программе «*21.05.04 – П. Технологическая безопасность и горноспасательное дело»* высшего инженерного образования.

.

Научный редактор: проф. кафедры безопасности производств Г.И. Коршунов

Рецензент: д.т.н., профессор *М.А. Галишев* (Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы.)

*©* Санкт-Петербургский

горный университет императрицы

Екатерины II, 2025

ВВЕДЕНИЕ

Современные производственные объекты, на которых предстоит трудиться будущим молодым специалистам, характеризуются совокупностью ряда вредных и опасных факторов. В частности, на здоровье человека и его работоспособность, оказывают воздействие неионизующие и ионизирующие излучения, параметры воздушной и световой среды, создаваемые оборудованием и конструкциями шум и вибрация, категория тяжести труда и его напряженность. Для того, чтобы защитить себя в таких условиях и создать комфортное состояние среды обитания в зонах трудовой деятельности и отдыха, необходимо владеть методикой идентификации и оценки негативных воздействий среды обитания естественного и антропогенного происхождения.

**Цель дисциплины** **«Безопасность жизнедеятельности»** – формирование базовых знаний, умений и навыков в сфере теории и практики обеспечения безопасности жизнедеятельности и развитие профессионального подхода к соблюдению необходимых норм и правил безопасности в сфере профессиональной деятельности.

**Задачи дисциплины:**

* получение базовых знаний в области обеспечения безопасных условий жизнедеятельности, в том числе в профессиональной сфере;
* овладение приемами оказания первой помощи, методами защиты в условиях чрезвычайных ситуаций.
* формирование у студентов практических навыков в использовании устройств, систем и методов защиты человека и окружающей среды от опасностей.

Планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» обучающийсядолжен:

**Знать:**

* принципы и методы обеспечения безопасных условий жизнедеятельности, в том числе в профессиональной сфере;
* приемы оказания первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций.

**Уметь:**

* идентифицировать основные опасности среды обитания человека и оценивать риск их реализации;
* оценивать уровень вредных и опасных факторов в производственной среде и быту.

**Владеть навыками:**

* использования устройств, систем и методов защиты человека и окружающей среды от опасностей.

**ТРЕБОВАНИЯ К ПОРЯДКУ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТОВ**

*1. Порядок допуска к выполнению лабораторных работ.*

*К выполнению лабораторных работ* допускаются обучающиеся:

1. прошли инструктаж по охране труда и инструктаж по пожарной безопасности с оформлением в соответствующих журналах регистрации инструктажа;

2. знают цель, порядок проведения работы, правила использования приборов, стендов, оборудования;

3. имеют подготовленные таблицы, необходимые для внесения измеренных параметров и результатов расчета.

*2. Требования к отчету по лабораторной работе.*

Отчет по лабораторной работе оформляется машинописным текстом на листах бумаги формата А4 с полями: слева – 30 мм, справа, снизу и сверху – 20 мм. Шрифт – Times New Roman, кегль 12-14, межстрочный интервал 1,25-1,5. Нумерация страниц – сквозная, включая таблицы, иллюстрации и приложения. Формулы должны быть набраны в редакторе формул и пронумерованы.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. титульный лист;

2. цель работы и теоретические сведения;

3. используемые приборы и оборудование с их схематичным изображением и фото;

4. порядок выполнения работы;

5. таблицу с результатами измерений;

6. раздел «Порядок обработки и анализа результатов измерений»;

7. таблицу с результатами расчетов;

8. выводы.

*3. Порядок выполнения лабораторных работ.*

Порядок выполнения работы должен содержать описание последовательности действий, фактически выполненных в ходе замеров. В разделе «Порядок обработки и анализа результатов измерений» должны быть приведены расчеты в логической последовательности с указанием полученных результатов, сведенных в таблицу. В выводах должен быть представлен анализ полученных результатов, рассмотрены факторы, влияющие на эти результаты.

Лабораторная работа №1

ИЗМЕРЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕГО ЭКРАНИРОВАНИЯ

**Цель лабораторной работы:**

Знакомство с принципом установления норм безопасной работы человека с источниками электромагнитных полей и исследование эффективности экранирования источника сверхвысокочастотного излучения.

**Краткие теоретические сведения:**

Электромагнитные поля генерируются переменными токами. Спектр электромагнитных колебаний охватывает широкие диапазоны длин волн λ (от 1000 км до менее 0,001 мкм) и частот *f* (от 3⋅102 до 3⋅1020 Гц). В настоящее время наиболее широкое применение в различных отраслях промышленности находит электромагнитная энергия неионизирующих излучений, прежде всего, полей радиочастот. Они подразделяются по длине волны и частоте на ряд диапазонов (табл. 2.3).

*Таблица 2.3*

**Классификация ЭМП и их нормируемые параметры**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Диапазон радиочастот | *f,* Гц | λ*,*м | Нормируемые величины |
| Высокие – ВЧ | 30 кГц-3МГц | 10000 – 100 | *Е, Н* |
| Ультравысокие – УВЧ | 3 МГц –300 МГц | 100 – 1 | *ЭНЕ, ЭНН* |
| Сверхвысокие – СВЧ | 300 МГц – 300 ГГц | 1 –0,001 | *I, ЭН*ППЭ |

ЭМП образуется из электрического поля, обусловленного напряжением на токоведущих частях электроустановок, и магнитного поля, возникающего при прохождении тока по этим частям. Электромагнитные волны распространяются на большие расстояния.

Источниками ЭМП являются электрические установки, работающие на переменном токе частотой от 10 до 106 Гц, приборы автоматики, электрические установки с промышленной частотой 50-60 Гц, установки высокочастотного нагрева (сушка древесины, склеивание диэлектриков, нагрев пластмасс), радиолокационные системы, передающие антенны телевидения и радиовещания, дефектоскопы, сотовые системы телефонии, бытовые радиотелефоны, бытовые микроволновые печи.

*Электромагнитное поле (ЭМП)* – это совокупность двух неразрывно связанных между собой переменных полей, характеризующихся напряженностью электрической (*Е,* В/м) и магнитной (*Н,* А/м) составляющих. Изменение этого поля в пространстве происходит с той же частотой (*f,* Гц), с которой пульсирует ток в проводнике.

Расстояние, на которое распространяется электромагнитная волна за один период, называется длиной волны:



где *с* – скорость света, м/с; *с* = 3⋅108 м/с.

Пространство вокруг источника ЭМП можно разделить на три зоны:

– зону индукции – формирования волны, которая находится на расстоянии:



– зону интерференции, которая характеризуется наличием максимумов и минимумов потока энергии и находится на расстоянии *R* от источника:



– зону излучения на расстоянии:



При распространении ЭМП происходит перенос энергии, величина которой определяется вектором Умова-Пойтинга:



Скалярная величина этого вектора измеряется Вт/м2 и *называется интенсивностью или плотностью потока энергии (ППЭ).*

В первой зоне характеристическими критериями ЭМП являются отдельно напряженности электрической и магнитной составляющих, в зонах интерференции и излучения – комплексная величина ППЭ*.*

Процессы, происходящие в живых организмах под воздействием ЭМП, зависят от времени *t*, что учитывается энергетической нагрузкой ЭН, которая в зависимости от характеристических параметров определяется как:

, *(В/м)2·час*

*, (А/м)2·час*

*, (Вт/м2)·час*

**Влияние электромагнитных излучений на организм человека**

Наиболее опасны для человека ЭМП высокой и сверхвысокой частот. Электромагнитные волны поглощаются тканями лишь частично, и биологический эффект зависит от физических параметров ЭМП: от длины волны, частоты колебаний, интенсивности и режима излучения (непрерывный, прерывистый, импульсно-модулирован­ный), продолжительности и характера облучения организма (постоянное, интермиттирующее), а также от площади облучаемой поверхности и анатомического строения облучаемого органа или ткани.

Степень поглощения энергии тканями зависит от их способности к отражению падающей волны, от химического состава клеток и содержания в них воды. 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 его участков, органов, особенно обладающих плохой терморегуляцией (хрусталик глаза, стекловидное тело, семенники и т.д.). Пороговые интенсивности теплового действия ЭМП на организм животного составляют для диапазона средних частот 8000 Вт/м2, высоких 2250 Вт/м2, очень высоких 150 Вт/м2.

Постоянные изменения в крови: фазовые изменения лейкоцитов, эритроцитов и гемоглобина − наблюдаются при ППЭ выше 1 мВт/см2. Воздействие ЭМП с уровнями, превышающими допустимые, приводят к изменениям функционального состояния сердечно-сосудистой и центральной нервной систем, нарушению обменных процессов. Возможны отклонения со стороны эндокринной системы. В начальном периоде воздействия может повышаться возбудимость нервной системы, в последующем происходит снижение ее функций, что проявляется в астенических состояниях, т.е. физической и нервно-психической слабости. Для общей клинической картины хронического воздействия электромагнитных полей характерны головная боль, боли в области сердца, изменения кровяного давления и пульса, утомляемость, гипотония. Возможны незначительные изменения в крови.

**Гигиеническое нормирование ЭМП**

Гигиеническое нормирование параметров ЭМИ РЧ происходит на основании ГН 2.1.8./2.2.4.019-94 «Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия электромагнитных излучений, создаваемых системами сотовой радиосвязи».

Системы сотовой радиосвязи в настоящее время получили широкое распространение. В работе этих систем используется следующий принцип: территория города (района) делится на небольшие зоны (соты) радиусом 0,5-1,0 км, в центре каждой зоны располагается базовая станция, обслуживающая в данной соте мобильные станции. К последним относятся автомобильные и ручные радиотелефоны. Системы сотовой радиосвязи работают в интервале радиочастот от 400 до 1200 МГц. Максимальная мощность передатчиков базовых станций, как правило, не превышает 100 Вт, коэффициент усиления антенны 10-16 дБ. Мощность передатчиков автомобильных станций 8-20 Вт, ручных радиотелефонов 0,8-5 Вт.

В соответствии с рабочим диапазоном частот (400-1200 МГц) нормируемыми параметрами излучений систем сотовой связи являются поверхностная плотность потока энергии (ППЭ) и энергетическая нагрузка (ЭН) на организм (табл. 2.4).

*Таблица 2.4*

**Нормирование ЭМП**

|  |  |
| --- | --- |
| Категория облучения | Величина ВДУ |
| Профессиональное воздействие | |
| Предельно допустимое значение | *I*ПД*=2/*t Вт/м2 ; *I*ПДmax*≤* 10 Вт/м2 |
| Непрофессиональное воздействие | |
| Облучение населения, проживающего вблизи от антенн базовых станций | *I*ПД*≤* 0,1 Вт/м2 |
| Облучение пользователей радиотелефонов | *I*ПД*≤* 1 Вт/м2 |

Предельно допустимый уровень плотности потока энергии (ППЭ), создаваемый микроволновыми печами, не должен превышать 0,1 Вт/м2 на расстоянии 50±5 см от любой точки микроволновой печи.

Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 21.06.2016 № 81 «Об утверждении СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» устанавливает предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия на людей электромагнитных излучений (ЭМИ РЧ) в диапазоне частот 30 кГц-300 ГГци основные санитарно-гигиенические требования к разработке, изготовлению, приобретению и использованию источников ЭМИ РЧ в процессе работы, обучения, быта и отдыха людей.

Оценка воздействия ЭМИ РЧ на людей осуществляется по следующим параметрам:

– по энергетической экспозиции, которая определяется интенсивностью ЭМИ РЧ и временем его воздействия на человека. Применяется для лиц, работа или обучение которых связаны с необходимостью пребывания в зонах влияния источников ЭМИ РЧ.

– по значениям интенсивности ЭМИ РЧ. Оценка применяется для лиц, работа или обучение которых не связаны с необходимостью пребывания в зонах влияния источников ЭМИ РЧ; для работающих или учащихся лиц, не достигших 18 лет; для женщин в состоянии беременности; для лиц, находящихся в жилых, общественных и служебных зданиях и помещениях, подвергающихся воздействию внешнего ЭМИ РЧ (кроме зданий и помещений передающих радиотехнических объектов); для лиц, находящихся на территории жилой застройки и в местах массового отдыха.

В таблице 2.5 указаны максимальные значения нормируемых параметров для различных диапазонов ЭМП.

*Таблица 2.5*

**Максимальные значения нормируемых параметров для различных диапазонов ЭМП**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Нормируемый параметр | Диапазон радиочастот | | | |
| ВЧ | УВЧ | | СВЧ |
| 3 – 30 МГц | 30 – 300 МГц |
| *Е,* В/м | 500 | 300 | 80 | - |
| *Н,* А/м | 50 | - | - | - |
| *I,* Вт/м2 | - | - | - | 10 |
| *ЭНЕ,* (В/м)2∙ч | 20000 | 7000 | 800 | - |
| *ЭНН* (А/м)2∙ч | 200 | - | - | - |
| *ЭН*ППЭ (Вт/м)2∙час | - | - | - | 2 |

**Методы и средства защиты от ЭМП**

Защита персонала от воздействия ЭМИ РЧ осуществляется путем проведения организационных и инженерно-технических мероприятий, а также использования средств индивидуальной защиты. К организационным мероприятиям относятся: выбор рациональных режимов работы оборудования; ограничение места и времени нахождения персонала в зоне воздействия ЭМИ РЧ (защита расстоянием и временем). Инженерно-технические мероприятия включают дистанционное управление устройствами, излучающими электромагнитные волны; рациональное размещение оборудования; использование средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места персонала (поглотители мощности, экранирование, использование минимальной необходимой мощности генератора); обозначение и ограждение зон с повышенным уровнем ЭМИ РЧ. К средствам индивидуальной защиты относятся спецодежда, выполненная из металлизированной ткани, защитные очки, халаты, фартуки, накидки с капюшоном, перчатки, щитки.

Способ защиты в каждом конкретном случае должен определяться с учетом рабочего диапазона частот, характера выполняемых работ, необходимой эффективности защиты.

Экранирование источников ЭМИ РЧ или рабочих мест осуществляется с помощью отражающих или поглощающих экранов (стационарных или переносных). *Отражающие экраны* выполняются из металлических листов, сетки, металлизированной ткани. *В поглощающих экранах* используются специальные материалы, обеспечивающие поглощение излучения с соответствующей длиной волны. В зависимости от излучаемой мощности и взаимного расположения источника и рабочих мест конструктивное решение экрана может быть различным (замкнутая камера, щит, чехол, штора и т.д.).

Средства индивидуальной защиты следует использовать в случаях, когда снижение уровней ЭМИ РЧ с помощью мер общей защиты технически невозможно. Если защитная одежда изготовлена из материала, содержащего в своей структуре металлический провод, она может использоваться только в условиях, исключающих прикосновение к открытым токоведущим частям установок.

Ожидаемая эффективность экранирования может быть рассчитана по формуле:

, дБ

гдеδ– глубина проникновения, м; *d* – толщина материала экрана, м; λ – длина волны ЭМП, м; ρ – удельное сопротивление материала экрана, Ом×м; μ*–* магнитная проницаемость материала экрана, Гн/м;*f* – частота ЭМП, МГц.

Глубина проникновения электромагнитных волн рассчитывается по формуле:

, м

Экспериментально эффективность экранирования определяют по формулам:

, дБ

, %

где *I1* и *I2*– интенсивность излучения без экрана и с экраном, Вт/м2.

**Применяемое оборудование:**

Лабораторная установка (рис. 2.1) представляет собой стол 1, на котором установлена микроволновая СВЧ-печь 2, координатное устройство 3 с датчиком и дипольной антенной 4 и микроамперметром 5. Последний служит для регистрации интенсивности СВЧ-излучения и соединен с датчиком координатного устройства, которое позволяет фиксировать наличие излучения в различных направлениях от источника. На столешнице имеются пазы 6 для установки сменных защитных экранов, изготовленных из различных материалов.

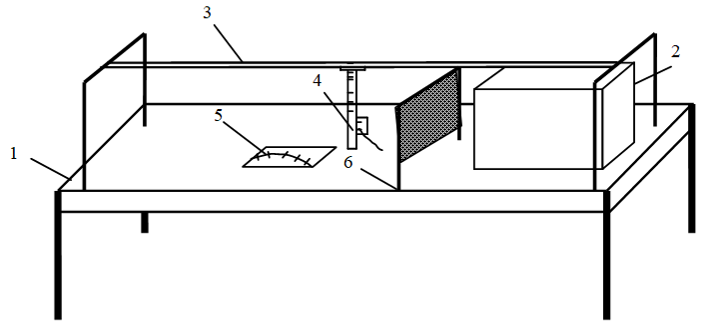


Рис.2.1. Схема лабораторной установки по оценке СВЧ-излучения

Источником электромагнитного поля является магнетрон, излучающий электромагнитные колебания частотой 2400 МГц и длиной волны λ=12,5 см=0,125 м. В работе изучаются экранирующие свойства следующих материалов: латунной сетки с диаметром ячеек 2,5 мм; алюминиевого листа; органического стекла; армированной резины; резины.

**Последовательность выполнения работы:**

1. Оценить безопасность микроволновой печи.

1.1. Подключить микроволновую печь к электрической сети.

1.2. Открыть дверь печи, убедиться, что там стоит емкость, заполненная водой не менее чем наполовину объема. При необходимости набрать емкость водой, закрыть дверь печи. *Без установленной емкости с водой или открытой дверце включать печь запрещено!*

1.3. Включить микроволновую печь *не более чем на 10 минут* в режиме разогрева на максимальной мощности.

1.4. Разместить датчик в непосредственной близости от печи по оси *x*. Передвигая датчик с дипольной антенной по координатной сетке (по осям *х* и *Y*) каждый раз на 10 см, определить контуры зоны, в пределах которой плотность потока энергии превышает предельно допустимую величину 0,1 Вт/м2 (50 мкА). Определить, на какой из 4-х линий, перпендикулярно направленных печи, интенсивность излучения максимальная. Полученные значения интенсивности записать на подготовленном заранее эскизе возле замерных точек (рис. 2.2).

2. Исследовать эффективность экранирования источника СВЧ-излучения при использовании различных экранов.

2.1. Установить дипольную антенну на ближайшей точке линии с наибольшими значениями интенсивности излучения.

2.2. Определить экспериментально эффективность экранирования. Для этого, последовательно устанавливая экраны между микроволновой печью и антенной в ближайшей точке линии с наибольшими значениями интенсивности излучения, измерить плотность потока энергии с экранами *I2.*

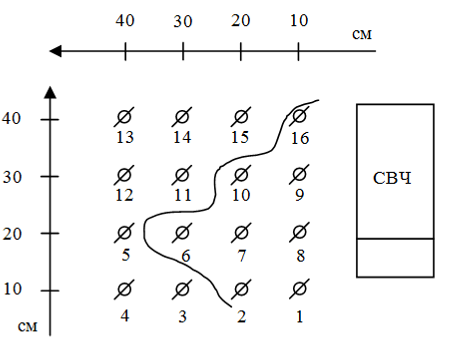


Рис. 2.2. Схема расположения замерных точек

2.3. Записать измеренные значения интенсивности излучения в таблицу.

**Задания:**

1. Рассчитать по формуле (20) коэффициент безопасности (КБ) и по его значению определить безопасность используемой микроволновой печи.

,

где *I*ПД– предельно допустимая по нормам величина ППЭ, *I*ПД=0,1 Вт/м2; *I*50 – измеренная интенсивность излучения на расстоянии 50 см от передней панели печи в точке максимального излучения, Вт/м2.

Если КБ>1, то СВЧ-печь безопасна, КБ<1 – работающая печь создает ЭМП, опасное для здоровья пользователя.

2. Построить график зависимости плотности потока энергии от расстояния.

3. По формулам (16) и (19) определить ожидаемую (расчетную) и экспериментальную эффективность экранирования (толщину сплошных экранов принять равной 0,0005 м, латунной сетки – 0,0003 м).

4. Результаты расчетов занести в таблицу 2.6.

5. Сделать выводы о зависимости интенсивности излучения от расстояния и эффективности экранирования от вида материалов защитных экранов.

*Таблица 2.6*

**Результаты определения эффективности экранирования**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Экран | | | | |
| Алю-миниевый | Латунная сетка | Резиновый | Армиро-ванная резина | Оргстекло |
| Плотность потока энергии без экрана*I1*, мкА |  |  |  |  |  |
| Плотность потока энергии без экрана*I2*, Вт/м2 |  |  |  |  |  |
| Плотность потока энергии с экраном *I2*, мкА |  |  |  |  |  |
| Плотность потока энергии с экраном *I2*, Вт/м2 |  |  |  |  |  |
| Расчетная эффективность экрана, дБ |  |  |  |  |  |
| Экспериментальная эффективность  экрана, % |  |  |  |  |  |

**Контрольные вопросы**

1. Что собой представляет электромагнитное поле? Назовите основные его источники.

2. Как классифицируются и нормируются ЭМП?

3. К каким изменениям в организме человека приводит воздействие электромагнитных полей с уровнем, превышающим допустимый?

4. Какие проводятся мероприятия и применяются защитные устройства от воздействия электромагнитных полей?

5. Как оценить безопасность бытовой микроволновой печи и эффективность экранирования?

**Рекомендуемая литература**

1. Резчиков Е.А.Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / Е.А. Резчиков, А.В. Рязанцева - Москва : Издательство Юрайт, 2025. - 638 с.

2. Азизов Б.М. Производственная санитария и гигиена труда: учебник / Б.М. Азизов, И.В. Чепегин. - Москва : ИНФРА-М, 2023. - 433 с.

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение.......................................................................................4

Требования к порядку выполнения лабораторных работ и

оформлению отчетов…………………………………………………6

Лабораторная работа 1. «Измерение интенсивности сверхвысокочастотного излучения и оценка эффективности его экранирования» .................................................................................8

Рекомендуемая литература………………….……………….19

Содержание................................................................................20