

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Охрана труда»

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ  
РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

Лабораторная работа № 8  
по дисциплине «Охрана труда»  
для студентов всех специальностей

М и н с к 2 0 0 4

УДК 537.531 (076.5)

Издание разработано для подготовки и выполнения лабораторной работы по земле: «Защита от электромагнитных полей».

В работе изложены общие сведения о действии электромагнитных излучений на организм человека, нормирование электромагнитных излучений, методы защиты.

Студенты имеют возможность самостоятельно измерить параметры электромагнитных излучений и сделать выводы о соответствии фактических значений допустимым в соответствии с СанПиН № 2.2.4/2.1.8.9.-36-2002.

Составители:

А.М. Лазаренков, А.М. Науменко

Рецензенты:

Л.П. Филянович, В.И. Шамкалович

© А.М. Лазаренков,  
А.М. Науменко, составление, 2004.

## Цель работы

Ознакомление с нормативными требованиями и методикой измерения напряженности электромагнитного поля и плотности магнитного потока на рабочем месте оператора ПЭВМ.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### Источники и характеристики электромагнитных излучений

Электромагнитные колебания – взаимосвязанные колебания электрического и магнитного полей, составляющих единое электромагнитное поле (ЭМП). Распространение электромагнитных колебаний происходит в виде электромагнитных волн. Электромагнитное излучение – электромагнитные волны, испускаемые каким-либо источником, свободно распространяющиеся в пространстве и не связанные с источником, образовавшим эти волны.

Источниками излучения электромагнитной энергии являются мощные радиостанции, телевизионные станции, радиолокаторы, промышленные установки индукционного нагрева, системы сотовой связи, измерительные, контрольные и лабораторные приборы различного назначения, лазеры, видеомониторы, клавиатура и системные блоки компьютеров.

Электромагнитные поля характеризуются следующими параметрами: частотой излучения  $f$ , Гц; напряженностью электрического  $E$ , В/м, и магнитного  $H$ , А/м, полей; плотностью магнитного потока  $B$ , Тл; плотностью потока энергии ППЭ, Вт/м<sup>2</sup>.

Плотность потока энергии показывает, какое количество энергии протекает за 1 с сквозь площадку в 1 м<sup>2</sup>, расположенную перпендикулярно распространению волн.

Связь между энергией ( $I$ ) и частотой ( $f$ ) колебаний определяется по формуле

$$I = h \cdot f ,$$

где  $h$  – постоянная Планка;  $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  Вт/см<sup>2</sup>:

$$f = \frac{C}{\lambda} ,$$

где  $C$  – скорость распространения электромагнитной волны в воздухе;

$$C = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

### **Биологическое действие электромагнитных полей (ЭМП) радиочастот**

Изменения в организме может вызвать только та часть энергии излучения, которая поглощается этим веществом, а отраженная или проходящая через него энергия действия не оказывает.

Степень и характер воздействия ЭМП на организм человека определяется: длиной волны, интенсивностью излучения, режимом облучения (непрерывный или прерывистый), продолжительностью воздействия, размером облучаемой поверхности, индивидуальными особенностями человека.

Электромагнитные поля оказывают термическое, морфологическое действия и приводят к функциональным изменениям в организме.

Под воздействием ЭМП происходит поглощение энергии поля тканями тела человека. 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 органов с плохой терморегуляцией (хрусталик, стекловидное тело, мозг и др.). При общем облучении повышение температуры

тела более чем на 1°С недопустимо. Электромагнитное поле с  $\lambda = 1 - 20$  см оказывает вредное воздействие на глаза, вызывая катаракту.

*Морфологическое воздействие* – изменение строения внешнего вида тканей и органов тела человека (изменение ориентации клеток, омертвление тканей, изменение структуры клеток; расстройство питания тканей, органов или организма в целом, сосудистые изменения).

*Функциональные изменения* проявляются в преждевременной утомляемости, сонливости или нарушении сна, головной боли. Наступает расстройство нервной системы, изменение кровяного давления, замедление пульса, наблюдаются трофические явления (выпадение волос, ломкость ногтей). Возможно возникновение «эффекта жемчужной нити», проявляющегося в появлении ряда последовательно расположенных пузырьков на коже, наполненных мутноватой жидкостью.

### **Нормирование ЭМП радиочастот**

СанПиН 2.2.4/2.1.8.9-36-2002. «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона(ЭМИ РЧ)» устанавливают предельно допустимые уровни воздействия на людей электромагнитных излучений в диапазоне частот 30 кГц – 300 ГГц.

В диапазоне частот 30 кГц – 300МГц интенсивность ЭМИ РЧ оценивается напряженностью электрического поля ( $E$ , В/м), напряженностью магнитного поля ( $H$ , А/м) и энергетической экспозицией (ЭЭ) ЭМИ РЧ.

Энергетическая экспозиция определяется как произведение квадрата напряженности электрического или магнитного поля на время воздействия на человека:

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 \cdot T,$$

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T,$$

где  $\mathcal{E}_E$  – энергетическая экспозиция электрической составляющей ЭМП,  $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$ ;

$\mathcal{E}_H$  – энергетическая экспозиция магнитной составляющей ЭМП,  $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$ ;

$T$  – время, ч.

Предельно допустимые значения напряженностей электрической и магнитной составляющей в зависимости от времени воздействия определяются по формулам

$$E_{\text{ПДУ}} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}_E}{T}},$$

$$H_{\text{ПДУ}} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}_H}{T}},$$

В диапазоне 300 МГц – 300 ГГц интенсивность ЭМИ РЧ оценивается значениями плотности потока энергии (ППЭ,  $\text{Вт/м}^2$ ,  $\text{мкВт/см}^2$ ) и энергетической экспозицией плотности потока энергии ( $\mathcal{E}_{\text{ППЭ}}$ ,  $\text{мкВт/см}^2$  или  $\text{Вт} \cdot \text{м}^2$ ):

$$\mathcal{E}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \cdot T,$$

где  $T$  – время облучения, ч.

Предельно допустимые значения плотности потока энергии в зависимости от времени воздействия определяются по формуле

$$\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}}}}{T}.$$

Энергетическая экспозиция не должна превышать значений, указанных в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

## Предельно допустимые значения энергетической экспозиции

Диапазон частот	Предельно допустимая энергетическая экспозиция		
	по электрической составляющей, $(В/м)^2 \cdot ч$	по магнитной составляющей, $(А/м)^2 \cdot ч$	по плотности потока энергии, $(мкВт/см)^2 \cdot ч$
30 кГц – 3 МГц	20000	200	–
3 – 30 МГц	7000	Не разработаны	–
30 – 50 МГц	800	0,72	–
50 – 300 МГц	800	Не разработаны	–
300 МГц – 300 ГГц	–	–	200

Предельно допустимые уровни плотности потока энергии в диапазоне 300 МГц – 300 ГГц равны:

- при длительности воздействия 8 ч – 25 мкВт/см<sup>2</sup>;
- при длительности воздействия 0,2 ч – 1000 мкВт/см<sup>2</sup> (10 Вт/м<sup>2</sup>).

Т а б л и ц а 2

## Предельно допустимые уровни ЭМИ РЧ для населения

Назначение помещений или территории	Диапазон частот				
	30 кГц-300 кГц	0,3-3 МГц	3-30 МГц	30-300 МГц	300 МГц – 300 ГГц
	Предельно допустимые уровни ЭМИ РЧ				
	В/м	В/м	В/м	В/м	мкВт/см <sup>2</sup>
Территория жилой застройки и мест массового отдыха; помещения жилых, общественных и производственных зданий	25	15	10	3	10
Для пользователей радиотелефонами (ГН 2.1.8/2.2.4.019-94)	–	–	–	–	100

Предельно допустимые уровни ЭМИ РЧ при работе ЭВМ приведены в СанПиН 9-131 РБ 2000. «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, электронно-вычислительным машинам и организации работы».

Уровни напряженности плотности магнитного потока ЭМП, излучаемых *монитором*, не должны превышать допустимых значений, приведенных в табл. 3: на расстоянии 50 см от экрана, правой, левой, верхней и тыльной поверхности видеомонитора при работе с ним учащихся средних специальных, высших учебных заведений и взрослых пользователей.

Т а б л и ц а 3

Допустимые значения параметров электромагнитных излучений для видеомонитора

Наименование параметра	Допустимые значения
Напряженность электромагнитного поля. Электрическая составляющая:	
диапазон частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
диапазон частот 2 – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока:	
диапазон частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
диапазон частот 2 – 400 кГц	25 нТм

Допустимые уровни напряженности (плотности потока энергии) электромагнитных полей, излучаемых клавиатурой, системным блоком, манипулятором «мышь», беспроводными системами передачи информации на расстояния и иными вновь разработанными устройствами в зависимости от основной рабочей частоты изделия, приведены в табл. 4.

Допустимые уровни электромагнитных полей, излучаемых клавиатурой, системным блоком, манипулятором «мышь»

Диапазон частот	0,3-300 кГц	0,3-3,0 МГц	3,0-30,0 МГц	3-300 МГц	0,3-300 ГГц
Допустимые уровни	25 В/м	15 В/м	10 В/м	3 В/м	10 мкВт/см <sup>2</sup>

### Защита от воздействия ЭМП

Защита персонала, обслуживающего установки ЭВМ, достигается:

- уменьшением излучения от источника;
- экранированием источника: экранируют либо источник излучения, либо рабочее место. Экраны бывают отражающие и поглощающие. Экраны делают из хорошо проводящих металлов – меди, латуни, алюминия, стали. Защитное действие обусловлено тем, что экранируемое поле создает в экране токи Фуко, наводящие в нем вторичное поле, по амплитуде почти равное, а по фазе противоположное экранируемому полю. Результирующее поле, возникающее при сложении этих двух полей, очень быстро убывает в экране, проникая в него на незначительную величину. Экран должен заземляться. Средства защиты (экраны, кожухи и т.п.) из радиопоглощающих материалов выполняют в виде тонких резиновых ковриков, гибких или жестких листов поролона или волокнистой древесины, пропитанной соответствующим составом, ферромагнитных пластин;
- экранированием рабочего места или удалением его от источника (дистанционное управление);
- рациональной организацией рабочего процесса;
- применением средств индивидуальной защиты (СИЗ).

В качестве СИЗ рекомендуются специальные защитные очки и защитная одежда из экранирующей ткани.

Защитные очки следует применять при уровне интенсивности излучения свыше  $0,1 \text{ мВт/см}^2$ , защитную одежду – при интенсивности излучения свыше  $1,0 \text{ мВт/см}^2$  с обязательным использованием защитных очков.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В данной лабораторной работе для измерений параметров ЭМП используется измеритель параметров электрического и магнитного полей ВЕ – метр – АТ – 002.

### Описание прибора

Измеритель параметров электрического и магнитного полей ВЕ – МЕТР – АТ – 002 предназначен для контроля норм по электромагнитной безопасности видеодисплейных терминалов.

Данный прибор измеряет напряженность электрического поля В/м и плотность магнитного потока (мкТл или нТл).

Технические характеристики:

– общий диапазон частот, в котором измеряются напряженность электрического поля и плотность магнитного потока, от 5 Гц – 400 кГц;

– диапазон значений напряженности электрического поля:

в полосе 1 (5 – 2000 Гц) – от 8 до 100 В/м,

в полосе 2 (2 – 400 кГц) – от 0,8 до 10 В/м;

– диапазон значений плотности магнитного потока:

в полосе 1 – от 0,08 до 1 мкТл,

в полосе 2 – от 8 до 100 нТл.

Питание прибора осуществляется от аккумуляторной батареи. При падении напряжения ниже критического уровня на дисплее в левом нижнем углу индикатора результатов высвечивается символ «P».

## Порядок работы прибора

Нажатием на кнопку «Питание» включить измеритель, дождаться результатов самотестирования.

По выбору пользователя может быть установлен либо режим непрерывного измерения значений напряженности электрического поля и плотности магнитного потока (режим «НЕПРЕРЫВНО»), либо режим измерения абсолютной величины полного вектора, включающий измерения трех компонентов среднеквадратических значений напряженности электрического поля и плотности магнитного потока и последующее вычисление абсолютной величины вектора напряженности электрического поля и плотности магнитного потока (режим «АТТЕСТАТ»). В лабораторной работе будем использовать первый режим («НЕПРЕРЫВНО»). Второй режим целесообразно использовать для аттестации рабочих мест операторов ЭВМ и других электротехнических устройств.

При измерениях следует закрепить прибор на диэлектрической штанге и держать прибор только с ее помощью.

Результаты измерений параметров электрического поля выдаются в единицах В/м, результаты измерений параметров магнитного поля в диапазоне 1 выдаются в единицах мкТл, в диапазоне 2 – в единицах нТл ( $1 \text{ мкТл} = 1000 \text{ нТл}$ ).

Для выбора первого режима следует при высвечивании на индикаторе надписи «Выберите режим» кнопкой «Выбор» выбрать (добиваясь мигания соответствующей надписи) режим непрерывного измерения. Кнопкой «Ввод» включить выбранный режим измерения.

Далее следует разместить измеритель передней торцовой частью в точке измерения и считать показания индикатора. Перемещая измеритель в различные точки определяем величину значений напряженности электрического поля и плотности магнитного потока в этих точках. Результат измерения относится к точке, в которой находится геометрический центр передней торцовой панели прибора.

## Исследование параметров электромагнитного поля радиочастот на рабочем месте оператора ЭВМ

Провести измерения напряженности электрического поля и плотности магнитного потока на рабочем месте оператора ЭВМ.

Для этого на расстоянии 50 см от экрана, правой, левой, верхней и тыльной поверхности видеомонитора, а также у клавиатуры, системного блока и манипулятора «мышь» измерить напряженность электрического поля ( $E$ ) и плотность магнитного потока ( $F$ ) прибором ВЕ – метр – АТ – 002.

После окончания измерений записать результаты в протокол измерений (табл. 5) и, нажав на кнопку «ПИТАНИЕ», выключить прибор. Индикатор на панели измерителя погаснет. Затем сделать выводы о соответствии измеренных фактических значений  $E$  и  $F$  предельно допустимым уровням согласно СанПиН 9-131 РБ 2000.

Т а б л и ц а 5

Протокол замеров напряженности электрического поля ( $E$ ) и плотности магнитного потока ( $F$ )

№ п/п	Наименование места замера	Фактическое значение $E$ , В/м	ПДУ $E$ , В/м	Фактическое значение $F$ , нТл	ПДУ $F$ , нТл	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1	Экран монитора: без защитного экрана					
	с защитным экраном					
2	Правая поверхность монитора					

1	2	3	4	5	6	7
3	Левая поверхность монитора					
4	Верхняя поверхность монитора					
5	Тыльная поверхность монитора					
6	Клавиатура					
7	Системный блок					
8	Манипулятор «мышь»					

### Список использованных источников

1. СанПиН 2.2.4/2.1.8.9-36-2002. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона
2. СанПиН 9-131 РБ 2000. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, электронно-вычислительным машинам и организации работы.
3. Алексеев С.В., Усенко В.Р. Гигиена труда. – М.: Медицина, 1988. – 576 с.

Учебное издание

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ  
РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

Лабораторная работа № 8  
по дисциплине «Охрана труда»  
для студентов всех специальностей

Составители: ЛАЗАРЕНКОВ Александр Михайлович  
НАУМЕНКО Александр Михайлович

Редактор А.М. Кондратович.  
Компьютерная верстка А.Г. Гармазы

---

Подписано в печать 01.10.2004.

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 0,8. Уч.-изд. л. 0,6. Тираж 100. Заказ 284.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский национальный технический университет.  
Лицензия № 02330/0056957 от 01.04.2004.  
220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.