

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
**«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЁВА  
(национальный исследовательский университет)»**

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ИЗЛУЧЕНИЯ**

*Методические указания к лабораторной работе*

САМАРА 2012

УДК 658.3.043

Составители: Терентьев А. В. , Несолонов Г. Ф., Варфоломеева В.В.,  
Вякин В.Н.

**Электромагнитные поля и излучения:** Методические указания к лаб. раб. / Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост. А.В. Терентьев, Г.Ф. Несолонов, В.В. Варфоломеева, В.Н. Вякин. Самара, 2012. 36 с.

Приводятся некоторые общие сведения об электромагнитных полях и излучениях и их влияние на биологические объекты. Дается описание их исследований в зависимости от условий воздействия на человека. Предлагаемые расчёты дают возможность оценить защищённость рабочего места и жилого помещения в сравнении с нормативными значениями.

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности».

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королёва

Рецензент: д.т.н., профессор Зрелов В. А.

***Цель лабораторной работы:***

Оценить воздействие электромагнитных полей и излучений на человека и рассмотреть мероприятия для создания благоприятной обстановки на рабочем месте и в жилом помещении.

***Задачи лабораторной работы:***

1. Ознакомление с теоретическими основами электромагнитных полей и излучений по воздействию на человека.
2. Проведение исследований защищённости человека от электромагнитных полей и излучений в лаборатории.
3. Приобретение практических навыков по изменению напряженности электромагнитных полей и излучений.
4. Ознакомление с методами защиты и выбор средств защиты от воздействия электромагнитных полей и излучений в соответствии с нормативными требованиями.
5. Приобретение навыков по оценке и прогнозированию степени вредности электромагнитных полей и излучений на рабочем месте и в жилых помещениях.

## **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЯХ И ИЗЛУЧЕНИЯХ**

Электромагнитные поля (ЭМП) в зависимости от природы подразделяются на естественные и антропогенные.

*Естественные ЭМП* образуются от солнечных, космических излучений, излучений Земли за счёт её вращения вокруг своей оси и перераспределения скорости движения магмы с образованием, так называемых гравитационных волн, также в атмосфере из-за электризации облаков и их пробое.

*Антропогенные ЭМП и электромагнитные излучения (ЭМИ)* образуются:

- электрическими генераторами, антеннами, в том числе сканирующими, радиолокационными и радиопередающими станциями;
- электротранспортом: трамваями, троллейбусами, электропоездами;
- линиями электропередач на улице и электропроводкой в помещениях (прил. 1), особенно в местах соединений;
- индукционными и микроволновыми печами, холодильниками, стиральными машинами;
- электробритвами; дрелями, фенами;
- персональными компьютерами и ноутбуками, мониторами и телевизорами, копировально-множительной техникой;
- мобильными телефонами и базовыми станциями сотовой связи.

Существенная особенность искусственных источников электромагнитной биосферы в отличие от природной – высокая когерентность и большая концентрация энергии в тех или иных областях спектра радиочастот.

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ИЗЛУЧЕНИЙ НА ЧЕЛОВЕКА

В зависимости от места нахождения работающего относительно источника излучений он может подвергаться воздействию как электрической –  $E$  (рис. 1А), так и магнитной –  $H$  (рис. 1Б) составляющей или воздействию сформированной электромагнитной волны, основным параметром которой является плотность потока энергии. В зависимости от воздействия ЭМП и ЭМИ на человека принято различать четыре вида облучения: профессиональное, непрофессиональное, в быту, облучение в лечебных целях.

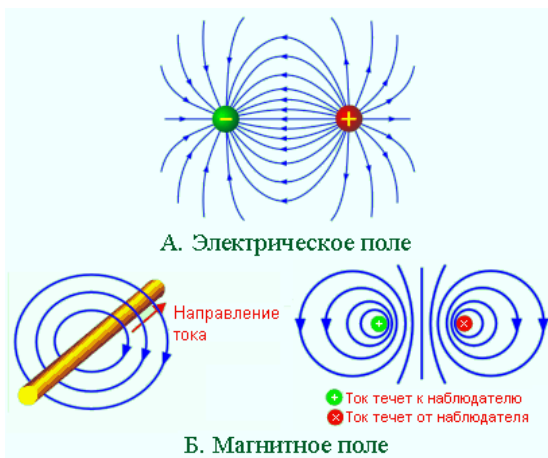


Рис. 1. Электрическое (А) и магнитное (Б) поле

В настоящее время известно, что биологическая активность ЭМП и ЭМИ зависит от:

- интенсивности (оценивается напряженностью или плотностью потока энергии) и частоты полей и излучений;
- биологической активности органов, электрических свойств тканей, индивидуальных особенностей организма;
- размеров облучаемой поверхности;
- длительности облучения.

При воздействии ЭМП и ЭМИ на живые организмы имеет место явления отражения, проводимости и поглощения электромагнитной энергии тканями организма.

Воздействия ЭМП в различных частотных диапазонах, в том числе создаваемые токами промышленной частоты (50 Гц), оказывают влияние на центральную нервную (ЦНС) и сердечно-сосудистую системы, которые реагируют даже на незначительные уровни ЭМП. Такое воздействие приводит:

- к снижению частоты сердечных сокращений (брахикардия),
- падению систолического давления,
- повышению тонуса сосудов,
- морфологическим изменениям (изменение строения и внешнего вида тканей),
- увеличению скорости кровотока,
- расширению артерий,
- изменениям в печени, лёгких, почках, поджелудочной железе (вплоть до их омертвления).

Исследования ученых показали, что наиболее чувствительными к воздействию различных излучений являются организмы, в которых интенсивно происходит деление клеток – одна из основ интенсивного роста, размножения и заживления клеток, тканей и всего организма. Поэтому не случайно многие исследователи отмечают особую чувствительность и, следовательно, высокую опасность излучения для детей и развития плода в период беременности. Выраженные изменения при воздействии ЭМП могут происходить в мужских половых органах.

Воздействие ЭМП на организм человека может быть с биологической точки зрения обратимым и необратимым. К *обратимому* состоянию можно отнести сосудистые изменения в организме человека, головные боли, головокружение, слабость, тошноту, изменение ритма сердечных сокращений и артериального давления. Чаще это связано с кумулятивным действием ЭПМ относительно низких уровней излуче-

ния. Нарушения отмечаются стойкостью и сохраняются от полутора до двух месяцев. При *необратимых* изменениях меняется состав крови. Это характерно для ЭМИ с сантиметровой и дециметровой длиной волны ( $\lambda$ ): нарушаются рефлекторные, физиологические, биологические процессы в организме и регуляция сердечно-сосудистой системы, возникает гипотония, развиваются гепатиты.

ЦНС страдает от воздействия всех видов ЭМП и ЭМИ, в том числе и постоянных. Опасным является изменение регуляторной функции нервной системы. Это выражается в нарушении:

- ранее выработанных условных рефлексов организмом,
- характера и интенсивности протекания физиологических и биохимических процессов в организме,
- функций различных отделов нервной системы; нервной регуляции сердечно-сосудистой системы,
- изменение в системе терморегуляции.

Под воздействием ЭМП и ЭМИ происходит поглощение энергии тканями тела человека. Механизм поглощения энергии сложный и не до конца изучен. В облучаемых тканях возникает ионная дисперсия, дипольное и резонансное поглощение. В постоянном электрическом поле биологическое вещество, содержащееся в тканях тела человека, поляризуется, молекулы (в основном воды) ориентируются вдоль силовых линий, однако ионные токи протекают только по межклеточным жидкостям, а так как мембраны клеток – изоляторы (диэлектрики), они надежно изолируют внутриклеточное содержание. При высоком значении напряжённости постоянного электрического поля возможен электрофорез (перемещение заряженных частиц в виде микро- и макромолекул и даже клеток). В переменных ЭМП электрические свойства живых тканей зависят от частоты, причем с её возрастанием они теряют свойства диэлектриков и приобретают свойства проводников. Энергия ЭМИ, поглощаемая тканями организма, превращается в тепловую энергию. Нагрев тканей и органов является функцией интенсивности и частоты поля, излучения и длительности облучения.

Тепловое воздействие характеризуется общим повышением температуры тела, подобно лихорадочному состоянию, либо локальным нагревом тканей.

Нагрев особенно опасен для организма со слабой системой терморегуляции, которая может нарушать температурный режим жизненно важных органов (мозга, органов зрения, почек, желудка, репродуктивных органов и др.). Если частоты ЭМИ совпадают с собственными частотами возбуждения молекул, то возможно полное резонансное поглощение энергии. При этом происходит преобразование молекул, развиваются процессы биокаталитического характера и другие нежелательные явления. При длине волны, соизмеримой с размерами тела человека или его отдельных органов, в организме образуются стоячие волны, что приводит к концентрации тепловой энергии с последующим повреждением организма даже при облучении полями малой интенсивности (табл. 1).

Имеется и нетепловое воздействие ЭМП. Такое воздействие приводит к изменению строения тканей и органов человека, снижению активности и изменениям структуры клеток, повреждению молекул ДНК. В результате снижаются защитные функции организма, повышается риск развития раковых заболеваний.

ЭМИ с длиной волны от 1 до 20 см может вызвать катаракту органов зрения и привести к потере зрения. Под влиянием магнитных полей промышленной частоты появляется «Магнитный фосфен» (ощущение мелькания, при этом возрастает время неясного видения).

Под воздействием ЭМП высокой и сверхвысокой частоты твердые взвешенные частицы, содержащиеся в жировой ткани, крови, лимфе образуют так называемый *ориентационный эффект*, или «эффект жемчужной нити». В последнем случае, они собираются в кольцеобразные цепочки, подобно ниткам жемчуга. Этот эффект вызывает кожное заболевание, проявляющееся в появлении ряда последовательно расположенных пузырьков, наполненных мутноватой жидкостью.



Таблица 1

## Возможные изменения в организме человека под влиянием ЭМИ различных интенсивностей

Интенсивность ЭМИ, мВт/см <sup>2</sup>	Наблюдаемые изменения
600	Болевые ощущения в период облучения
200	Угнетение окислительно-восстановительных процессов в тканях организма
100	Повышенное артериальное давление с последующим его снижением; в случае воздействия – устойчивая гипотония. Двухсторонняя катаракта органов зрения
40	Ощущение тепла. Расширение сосудов. При облучении в течение 0,5-1,0 ч повышение давления на 20-30 мм рт. ст.
20	Стимуляция окислительно-восстановительных процессов в тканях организма
10	Астенизация после 15-ти минутного облучения (изменение биоэлектрической активности головного мозга)
8	Изменение свертываемости крови
6	Электрокардиографические изменения, изменения в рецепторном аппарате
4-5	Изменение артериального давления при многократных облучениях, непродолжительная лейкемия
1-3	Выраженный характер снижения артериального давления, тенденция к учащению пульса, незначительные колебания объема крови сердца
0,3	Некоторые изменения со стороны нервной системы при хроническом воздействии в течение 5-10 лет
0,1	Электрокардиографические изменения
≤ 0,05	Тенденция к понижению артериального давления при хроническом воздействии

Воздействие может быть аддитивным, кумулятивным, синергическим, вызывающим замешательство, прерывающим цикл действия. При аддитивном воздействии ЭМИ с другими неблагоприятными факторами среды обитания отмечается снижение приспособляемости организма к другим видам воздействия, в частности, к шуму, рентгеновскому излучению, тепловому воздействию.

## ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

ЭМП вокруг любого точечного источника излучения волн, размеры которого меньше длины волны излучения  $\lambda$ , условно разделяют на три зоны:

- ближнюю – *зону индукции* с радиусом

$$R < \lambda / 2\pi \quad (1)$$

- промежуточную – *зону интерференции*

$$\lambda / 2\pi < R < 2\pi \cdot \lambda, \quad (2)$$

- дальнюю – *зону излучения (волновую зону)*

$$2\pi \cdot \lambda < R, \quad (3)$$

где  $\lambda$  – длина волны, м;  $R$  – расстояние от расчётной точки до источника излучений, м.

Основными параметрами электромагнитных полей являются:

- $\lambda$  – длина волны излучения, м;
- $f$  – частота колебаний, Гц;
- $c = 300000$  км/с – скорость распространения волны в среде;
- $T$  – период колебания, с;
- $E$  – напряжённость электрической составляющей ЭМП, В/м;
- $H$  – напряжённость магнитной составляющей ЭМП, А/м.

Период и частота колебаний связаны между собой обратно-пропорциональной зависимостью:

$$T = 1 / f. \quad (4)$$

Расстояние, на которое перемещается волна за промежуток времени, равный одному периоду колебаний, называется *длиной волны*  $\lambda$ . Следовательно:

$$\lambda = c \cdot T = c / f. \quad (5)$$

В ближней *зоне индукции* ЭМП не сформировано и между электрической  $E$  и магнитной  $H$  составляющими нет определённой зависимости (рис. 2). Эти составляющие могут отличаться друг от друга во много раз в зависимости от конкретной среды. Напряжение электри-

ческой  $E$  и магнитной  $H$  составляющих в *зоне индукции* смещены по фазе на  $90^\circ$ . Амплитуда электрической составляющей убывает обратно пропорционально кубу расстояния объекта от источника ЭМИ, а магнитной составляющей – обратно пропорционально квадрату расстояния.

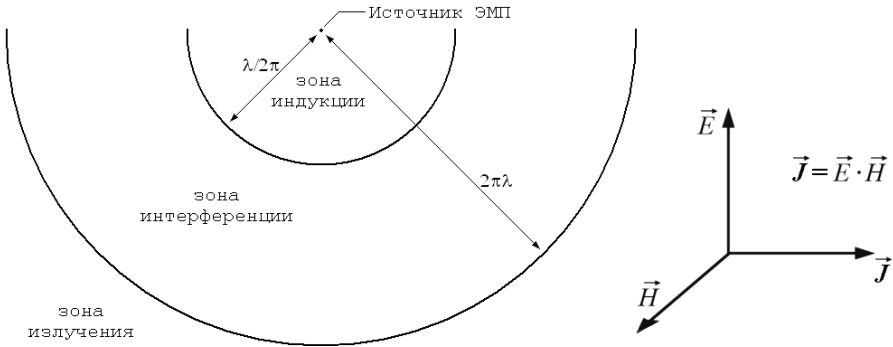


Рис. 2. Три зоны распространения ЭМП.

В *зоне излучения* напряжённость обеих составляющих ЭМП совпадают по фазе. Амплитуда обеих составляющих ЭМИ убывает обратно пропорционально первой степени расстояния от источника. Для ЭМП, распространяющихся в воздушной среде, эта зависимость электрической составляющей от магнитной определяется отношением:

$$E = 377 \cdot H, \quad (6)$$

где 377 – волновое сопротивление вакуума, Ом. Поэтому измеряется, как правило, только электрическая составляющая.

Для токов промышленных частот размер промежуточной зоны уходит на десятки километров. На сверхвысоких частотах, зона индукции становится маленькой, и человек, как правило, находится в волновой зоне. Тогда оценка идёт по плотности потока энергии  $J$  (ППЭ), которая представляет собой векторное произведение  $E$  и  $H$ .

## МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

При защите от ЭМИ и ЭМП применяют следующие методы:

**Организационные** – методы, направленные на создание условий для работы и отдыха. Их применение позволяет снизить до минимума время нахождения людей под облучением и предотвратить их попадание в зоны с высокой плотностью потока энергии.

**Лечебно-профилактические мероприятия** способствуют повышению сопротивляемости организма обслуживающего электромагнитные установки персонала к воздействию ЭМИ и ЭМП, расширению сферы самозащиты организма, а также своевременному предупредительному лечению, обеспечивающему сохранение здоровья и работоспособности персонала в течение всего стажа работы.

**Инженерно-технические мероприятия** (*активные* методы защиты) предназначены для снижения уровня ЭМИ и ЭМП проектируемых устройств и действующих установок.

К **пассивным** методам защиты от воздействия ЭМИ и ЭМП на рабочем месте следует отнести:

- защиту временем;
- защиту расстоянием;
- выбор оптимальных электрических режимов работы электромагнитных устройств;
- экранирование токопроводящих шин, рабочих элементов и всей установки.

*Защита временем* предусматривает ограничение времени пребывания человека в ЭМП и при воздействии ЭМИ.

*Защита расстоянием* обусловлена тем, что с удалением от источника напряжённость ЭМП уменьшается.

*Выбор оптимальных электрических режимов работы* электромагнитных устройств зависит от их конструкции, места нахождения человека-оператора, ими управляющего, и т.д. Использование энерго-сберегающих схем, как правило, позволят не только снизить затраты,

но и уменьшить уровни ЭМП. В некоторых случаях изменение рабочей частоты может привести к снижению напряженности.

### **Защитные свойства экранов**

Экранирование является эффективным методом защиты от ЭМП и ЭМИ. Экранируют либо источник излучения, либо рабочее место. Экраны бывают отражающими и поглощающими.

Отражающие экраны делают из хорошо проводящих металлов – меди, латуни, алюминия, стали. Защитное действие таких экранов обусловлено тем, что экранируемое поле создаёт в экране токи Фуко («вихревые токи»), наводящие в нём 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 глубину. Для обеспечения стекания образующихся на экранах зарядов их следует заземлять.

Поглощающие экраны выполняют из радиопоглощающих материалов. Естественных материалов с хорошей радиопоглощающей способностью нет. Поэтому для увеличения радиопоглощающей способности защитные экраны выполняют с помощью различных конструктивных приёмов и введением различных поглощающих добавок. В качестве основы используют каучук, поролон, пенополистирол, пенопласт, металлокерамические композиции и т.д. В виде добавок применяют сажу, активированный уголь, карбонильное железо и т.п. Как поглощающий экран в природной среде можно рассматривать лес и лесозащитные полосы.

Экранирование за счет отражения и экранирование за счет поглощения вносят различный вклад в общий эффект экранирования. Электрическое и магнитное поле на низких частотах (до 1–3 кГц) очень слабо поглощается и в основном экранирование осуществляется за счет отражения, с увеличением частоты отражение уменьшается. На низких частотах экран из электропроводящего материала со значительной магнитной проницаемостью (например, стальной), оказывает-

ся эффективнее медного по поглощению. С ростом частоты магнитная проницаемость всех материалов быстро уменьшается, причём тем значительнее, чем больше её начальное значение. Поэтому материалы с большим значением начальной магнитной проницаемости целесообразно использовать только до частот порядка 1 кГц.

На частотах более 1 МГц возрастает вклад поглощения ЭМП, который в свою очередь можно улучшить за счет меньшего удельного сопротивления материала. Поэтому, например, алюминиевая, медная или латунная фольга толщиной 20–30 мкм обеспечивает высокую степень экранирования уже на частотах более 100 кГц.

В практике применяются:

- сплошные экраны, которые изготавливаются из металлических листовых материалов различной толщины от 0,5 до 2,0 мм;
- сетчатые экраны – из металлических сеток различного плетения, размер ячейки которых согласуется с длиной волны ЭМП и ЭМИ;
- фольговые экраны – из металлической фольги толщиной от 0,01 до 0,05 мм;
- прозрачные экраны, которые изготавливаются из стекол с токопроводящими покрытиями. В качестве таковых чаще всего используют плёнки из окиси олова, наносимые на поверхность стекол;
- тканевые материалы, содержащие металлическую нить;
- радиопоглощающие материалы – для уменьшения отражения радиоволн внутри экранируемых объектов (производственные помещения, экранированные камеры и т.д.). В этих целях используется феррит, древесное волокно, резина и др.;
- электропроводимые клеи на основе эпоксидных смол с наполнителем из тонкодисперсных металлических порошков (железа, никеля, кобальта)
- многослойные экраны из различных материалов (в диапазоне частот 10 кГц – 100 МГц наиболее целесообразным является сочетание медного (20 %) и стального (80 %) слоёв).

## Эффективность экранирования

Эффективность экранирования – это степень ослабления электромагнитного поля, определяемая как отношение действующих значений напряженности полей в данной точке пространства при отсутствии и наличии экрана:

$$\mathcal{E}_E = E / E_{\mathcal{E}}, \quad \mathcal{E}_H = H / H_{\mathcal{E}}, \quad (14)$$

где  $\mathcal{E}_E$ ,  $\mathcal{E}_H$  – эффективности экранирования по электрической и магнитной составляющим;  $E$ ,  $H$  – электрическая и магнитная напряжённости до экранирования;  $E_{\mathcal{E}}$ ,  $H_{\mathcal{E}}$  – электрическая и магнитная напряжённости после экранирования.

Так как отношение этих величин достигает больших значений, то удобнее пользоваться логарифмическим представлением эффективности экранирования  $A$  (в дБ):

$$A_E = 20 \lg (E / E_{\mathcal{E}}), \quad A_H = 20 \lg (H / H_{\mathcal{E}}), \quad (15)$$

Аналитическая оценка эффективности экранирования в общем случае затруднительна. Поэтому часто используется более простой, приближенный анализ, основанный на представлении эффективности экрана как суммы отдельных составляющих:

$$A = A_{\text{отр}} + A_{\text{погл}} + A_{\text{м.отр}}, \quad (16)$$

где  $A_{\text{отр}}$  – эффективность экранирования за счет отражения;  $A_{\text{погл}}$  – эффективность экранирования вследствие поглощения;  $A_{\text{м.отр}}$  – поправочный коэффициент, учитывающий многократные внутренние переотражения волны от поверхности экрана.

$$A_{\text{отр}} = 20 \lg (37,7 \cdot (\sigma)^{1/2} / (f \cdot \mu)^{1/2}), \quad (17)$$

$$A_{\text{погл}} = 15,4 d (\sigma \cdot f \cdot \mu)^{1/2}, \quad (18)$$

где  $\sigma$  – удельная электрическая проводимость материала, См/м ( $\sigma_{\text{серебро}} = 6,2 \cdot 10^7$ ,  $\sigma_{\text{медь}} = 5,8 \cdot 10^7$ ,  $\sigma_{\text{алюминий}} = 3,7 \cdot 10^7$ ,  $\sigma_{\text{железо}} = 1,0 \cdot 10^6$ ,  $\sigma_{\text{сталь}} = 7,7 \cdot 10^6$ ,  $\sigma_{\text{свинец}} = 4,8 \cdot 10^6$ );  $\mu$  – абсолютная магнитная проницаемость, равная  $4\pi \cdot 10^{-7}$ ; Гн/м,  $f$  – частота, Гц;  $d$  – толщина экрана, м.

Коэффициентом многократного отражения  $A_{\text{м.отр}}$  в большинстве случаев можно пренебречь.

## ОЦЕНКА И НОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Оценка ЭМП состоит из следующих этапов:

- выбор необходимых и достаточных для анализа параметров ЭМП;
- качественный и количественный анализ характеристики выбранных параметров;
- определение распространённости и времени действия факторов.

По характеру облучение может быть *общим* или *локальным*. Это обстоятельство учитывается при нормировании ЭМП и ЭМИ.

Оценка позволяет сравнить параметры ЭМП с нормативными значениями в соответствующих диапазонах частот.

### Нормирование электромагнитных полей и излучений

В настоящее время на рабочих местах устанавливаются:

- временные допустимые уровни (ВДУ) ослабления геомагнитного поля;
- предельно допустимые уровни (ПДУ) электростатического поля;
- ПДУ постоянного магнитного поля;
- ПДУ электрического и магнитного полей промышленной частоты 50 Гц;
- ПДУ электромагнитных полей в диапазоне частот 10 кГц - 30 кГц;
- ПДУ электромагнитных полей в диапазоне частот 30 кГц - 300 ГГц.

### Нормирование электромагнитного поля промышленной частоты

Оценка ЭМП промышленной частоты (50 Гц) осуществляется отдельно по напряжённости электрического поля  $E$  в кВ/м, напряжённости магнитного поля  $H$  в А/м или индукции магнитного поля  $B$  в мкТл<sup>1</sup>. Нормирование электромагнитных полей 50 Гц на рабочих местах персонала дифференцировано в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле.

---

<sup>1</sup> 1 А/м  $\approx$  1,25 мкТл; 1 мкТл  $\approx$  0,8 А/м.



**Предельно допустимые уровни напряженности электрического поля 50 Гц.** Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м.

При напряженностях в интервале от 5 до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания в электрическом поле  $T$  (час) рассчитывается по уравнению:

$$T = 50 / E - 2, \quad (7)$$

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

При напряженности свыше 20 кВ/м допустимое время пребывания в электрическом поле составляет 10 мин.

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ:** Пребывание в электрическом поле с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты.

**Предельно допустимые уровни напряженности периодического магнитного поля 50 Гц.** ПДУ напряженности периодических (синусоидальных) магнитных полей устанавливаются для условий общего и локального воздействия (табл. 2).

Таблица 2

ПДУ воздействия периодического магнитного поля частотой 50 Гц

Время пребывания (ч)	Допустимые уровни магнитного поля, $H$ (А/м) / $B$ (мкТл) при воздействии:	
	общем	локальном
$\leq 1$	1600 / 2000	6400 / 8000
2	800 / 1000	3200 / 4000
4	400 / 500	1600 / 2000
8	80 / 100	800 / 1000

### **Нормирование электромагнитных полей диапазона частот 10–30 кГц**

Оценка и нормирование ЭМП осуществляется отдельно по напряженности электрического  $E$  (В/м) и магнитного  $H$  (А/м) полей в зависимости от времени воздействия. ПДУ напряженности электриче-

ского и магнитного поля при воздействии в течение всей смены составляет 500 В/м и 50 А/м, соответственно. ПДУ напряженности электрического и магнитного поля при продолжительности воздействия до двух часов за смену составляет 1000 В/м и 100 А/м, соответственно.

### Нормирование электромагнитных полей диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц

Оценка и нормирование ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц осуществляется по величине энергетической экспозиции (ЭЭ). В диапазоне частот 30 кГц – 300 МГц она рассчитывается по формулам:

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 \cdot T, \text{ (В/м)} \cdot \text{ч}, \quad (8)$$

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T, \text{ (А/м)} \cdot \text{ч}, \quad (9)$$

где  $E$  – напряжённость электрического поля (В/м);  $H$  – напряжённость магнитного поля (А/м), плотности потока энергии (Вт/м<sup>2</sup> или мкВт/см<sup>2</sup>);  $T$  – время воздействия за смену, ч.

Энергетическая экспозиция ЭЭ в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц рассчитывается по формуле:

$$\text{ЭЭ}_{ППЭ} = ППЭ \cdot T, \text{ (мкВт/см}^2\text{)} \cdot \text{ч}, \quad (10)$$

где ППЭ – плотность потока энергии (мкВт/см<sup>2</sup>).

ПДУ энергетических экспозиций (ЭЭ<sub>ПДУ</sub>) на рабочих местах за смену представлены в табл. 3. Максимальные допустимые уровни напряжённости ЭМП, плотности потока энергии ЭМП не должны превышать значений, представленных в табл. 4.

Таблица 3

ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот 30 кГц - 300 ГГц

Параметр	ЭЭ <sub>ПДУ</sub> в диапазонах частот (МГц)				
	0,03-3,00	3-30	30-50	50-300	300-300000
ЭЭ <sub>Е</sub> , (В/м) <sup>2</sup> · ч	20000	7000	800	800	–
ЭЭ <sub>Н</sub> , (А/м) <sup>2</sup> · ч	200	–	0,72	–	
ЭЭ <sub>ППЭ</sub> , (мкВт/см <sup>2</sup> ) · ч	–		–		–

Таблица 4

Максимальные ПДУ напряженности и плотности потока энергии  
ЭМП диапазона частот 30 кГц - 300 ГГц

Параметр	Максимально допустимые уровни в диапазонах частот, МГц				
	0,03-3,00	3-30	30-50	50-300	300-300000
$E$ , В/м	500	300	80	80	–
$H$ , А/м	50	–	0,3	–	
ППЭ, мкВт/см <sup>2</sup>	–		–		–

\* Для условий локального облучения кистей рук.

Для случаев облучения от устройств с перемещающейся диаграммой излучения (антенны с частотой вращения или сканирования не более 1 Гц и скважностью не менее 20) и локального облучения рук при работах с микрополосковыми устройствами предельно допустимый уровень плотности потока энергии для соответствующего времени облучения (ППЭ<sub>ПДУ</sub>) находят по выражению:

$$ППЭ_{ПДУ} = K \cdot ЭЭ_{ПДУ} / T, \quad (11)$$

где  $K$  – коэффициент снижения биологической активности воздействий. Для случаев облучения: от вращающихся и сканирующих антенн  $K = 10$ ; кистей рук (локальное)  $K = 12,5$  (при этом уровни воздействия на другие части тела не должны превышать 10 мкВт/см<sup>2</sup>).

### Оценка электромагнитных полей в быту

Многие бытовые приборы, создающие значительные уровни электромагнитных полей, защищены экранами. В общем случае на сравнительно низких частотах до 3000 Гц, в том числе и промышленных, наиболее сложно обеспечить эффективное экранирование магнитной составляющей поля, в то время как экранирование электрической составляющей не представляет особых трудностей даже при использовании перфорированных или сетчатых экранов. Поэтому для оценки ЭМП от бытовых электроприборов часто приводятся данные по магнитной индукции  $B$ . Многие специалисты считают, что безопасный уровень для ус-

ловий продолжительного облучения, не приводящий к онкологическим заболеваниям,  $B = 200$  нТл. Независимо друг от друга шведские и американские исследователи установили, что развитие заболеваний, прежде всего лейкемии, очень вероятно при продолжительном облучении человека (более года по несколько часов в день, особенно в ночные часы) полями более высоких уровней.

Что касается мобильных телефонов, то сегодня уровень безопасности принято оценивать в единицах SAR. Подробнее о вреде и способах защиты от негативного действия мобильных телефонов смотрите в приложении 2.

### **Контроль уровней электромагнитных полей**

Контроль уровней ЭМП осуществляется расчётными методами и (или) проведением измерений на рабочих местах.

Расчётные методы используются преимущественно при проектировании новых или реконструкции действующих объектов, являющихся источниками ЭМП.

Для действующих объектов контроль ЭМП осуществляется преимущественно посредством инструментальных измерений, позволяющих с достаточной степенью точности оценивать напряжённости электрических и магнитных полей или ППЭ.

Для оценки уровней ЭМП используются приборы направленного приёма (однокоординатные) и приборы ненаправленного приёма, оснащенные изотропными (трёхкоординатными) датчиками.

**Контроль уровня электромагнитного поля частотой 50 Гц на рабочих местах.** Контроль электромагнитного поля частотой 50 Гц осуществляется на рабочих местах персонала, обслуживающего электроустановки переменного тока (линии электропередачи, распределительные устройства и др.), электросварочное оборудование, высоковольтное электрооборудование промышленного, научного и медицинского назначения и др.

Контроль уровней ЭМП частотой 50 Гц осуществляется отдельно для электрических и магнитных полей. В электроустановках с однофазными источниками ЭМП контролируются действующие (эффективные) значения электрических и магнитных полей:

$$E = E_m / 2^{1/2}, H = H_m / 2^{1/2}, \quad (12)$$

где  $E_m$  и  $H_m$  – амплитудные значения изменения во времени напряжённостей электрических и магнитных полей.

В электроустановках с двух- и более фазными источниками ЭМП контролируются действующие (эффективные) значения напряжённостей  $E_{\text{макс}}$  и  $H_{\text{макс}}$ , где  $E_{\text{макс}}$  и  $H_{\text{макс}}$  – действующие значения напряжённостей по большей полуоси эллипса или эллипсоида.

Измерения напряжённости электрических и магнитных полей частотой 50 Гц проводятся на высоте 0,5; 1,5 и 1,8 м от поверхности земли, пола помещения или площадки обслуживания оборудования и на расстоянии 0,5 м от оборудования и конструкций, стен зданий и сооружений.

**Контроль уровня электромагнитного поля диапазона частот 10 кГц – 300 ГГц на рабочих местах.** Контроль электромагнитных полей диапазона частот 10–30 кГц осуществляется на рабочих местах персонала, обслуживающего производственные установки, генерирующее, передающее и излучающее оборудование, радио- и телевизионных центров, радиолокационных станций, физиотерапевтические аппараты и пр.

Измерения проводят на высоте 0,5; 1,0 и 1,7 м (рабочая поза «стоя») и 0,5; 0,8 и 1,4 м (рабочая поза «сидя») от опорной поверхности с определением максимального значения  $E$  и  $H$  или  $ППЭ$  для каждого рабочего места. Контроль интенсивности ЭМП в случае локального облучения рук персонала дополнительно проводят на уровне кистей, середины предплечья.

В диапазонах частот 30 кГц – 3 МГц и 30–50 МГц учитываются электрические энергии, создаваемые как электрическим ( $\mathcal{E}\mathcal{E}_E$ ), так и магнитным полями ( $\mathcal{E}\mathcal{E}_H$ ):

$$\mathcal{E}\mathcal{E}_E / \mathcal{E}\mathcal{E}_{\text{Елду}} + \mathcal{E}\mathcal{E}_H / \mathcal{E}\mathcal{E}_{\text{Нлду}} \leq 1. \quad (13)$$

## ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА

Исходя из степени отклонения фактических уровней факторов рабочей среды и трудового процесса от гигиенических нормативов, условия труда по степени вредности и опасности условно подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные [3]:

**Оптимальные условия труда (1 класс)** – условия, при которых сохраняется здоровье работника и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы факторов рабочей среды установлены для микроклиматических параметров и факторов трудовой нагрузки. Для других факторов за оптимальные условно принимают такие условия труда, при которых вредные факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

**Допустимые условия труда (2 класс)** характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не оказывают неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работников и их потомство. Допустимые условия труда условно относят к безопасным.

**Вредные условия труда (3 класс)** характеризуются наличием вредных факторов, уровни которых превышают гигиенические нормативы и оказывают неблагоприятное действие на организм работника или его потомство. Вредные условия труда по степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работников условно разделяют на 4 степени вредности:

**1 степень 3 класса (3.1)** – условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном (чем к началу сле-

дующей смены) прерывании контакта с вредными факторами, и увеличивают риск повреждения здоровья;

**2 степень 3 класса (3.2)** – условия труда характеризуются такими уровнями вредных факторов, которые вызывают стойкие функциональные изменения, приводят в большинстве случаев к увеличению профессионально обусловленной заболеваемости (что может проявляться в повышении уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности и, в первую очередь, теми болезнями, которые отражают состояние наиболее уязвимых для данных факторов органов и систем), появлению начальных признаков или легких форм профессиональных заболеваний (без потери профессиональной трудоспособности), возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 и более лет);

**3 степень 3 класса (3.3)** – условия труда, характеризующиеся такими уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых приводит к развитию, как правило, профессиональных болезней легкой и средней степеней тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, росту хронической (профессионально обусловленной) патологии;

**4 степень 3 класса (3.4)** – условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), отмечаются значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

**Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс)** характеризуются уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в том числе и тяжелых форм.

Отнесение условий труда к тому или иному классу вредности и опасности при воздействии неионизирующих электромагнитных полей и излучений осуществляется в соответствии с табл. 7.

Таблица 7

Классы условий труда при действии неионизирующих  
электромагнитных полей и излучений

Фактор	Класс условий труда																							
	Оптимальный	Допустимый	Вредный				Опасный																	
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4																	
	Превышение ПДУ (раз)																							
Геоманнитное поле (ослабление)	Естественный фон	≤ ВДУ	≤ 5	> 5	-	-	-																	
Электростатическое поле		≤ ПДУ						≤ 5	> 5	-	-	-												
Постоянное магнитное поле													≤ ПДУ	≤ 5	> 5	-	-	-						
Электрические поля промышленной частоты (50 Гц)																			≤ ПДУ	≤ 5	> 5	-	-	-
Магнитные поля промышленной частоты (50 Гц)																								
Электромагнитные поля на рабочем месте пользователя ПЭВМ	-	≤ ВДУ	> ВДУ	-	-	-																		
Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона																								
0,01–0,03 МГц	Естественный фон	≤ ПДУ	≤ 5	≤ 10	> 10	-	-																	
0,03–3,0 МГц			≤ 5	≤ 10	> 10	-	-																	
3,0–30,0 МГц			≤ 5	≤ 10	> 10	-	-																	
30,0–300,0 МГц			≤ 3	≤ 5	≤ 10	> 10	> 100*																	
300,0–3·105 МГц			≤ 3	≤ 5	≤ 10	> 10	> 100*																	
Широкополосный электромагнитный импульс	-	≤ ПДУ	≤ 5	> 5			> 50**																	
* Превышение максимального ПДУ для кратковременного воздействия.																								
** Превышение ПДУ напряжённости электрического поля для количества электромагнитных импульсов не более пяти в течение рабочего дня.																								



## ОПИСАНИЕ ПРИБОРОВ И ПОРЯДОК РАБОТЫ

### Измеритель электрического поля ИЭП-05

#### Диапазон частот пропускания:

- полоса I        5 Гц – 2 кГц;
- полоса II        2–400 кГц.

Диапазон измеряемых значений напряженности электрического поля приведен в табл. 8.

Таблица 8

Диапазон измеряемых значений напряженностей электрического поля

В полосе:	без делителя, В/м	с делителем, В/м
I	7–199	70–1990
II	0,7–19,9	7–199

**Органы управления и индикации.** На лицевой панели индикаторного блока (см. рисунок в приложении 3) расположены:

- кнопочный переключатель диапазонов «5–2000 Гц», «2–400 кГц»;
- кнопка включения питания "ВКЛ";
- цифровой трёхразрядный индикатор для индикации величины напряжённости переменного электрического поля.

#### Общие указания по эксплуатации

- При измерениях прибор удерживается в руках или размещается на любой подставке из диэлектрического материала.
- На время измерения все массивные металлические конструкции в радиусе до 1 м от прибора должны быть удалены, а также выключены все посторонние источники электрических полей.
- Прибор должен размещаться таким образом, чтобы антенна была направлена в сторону источника поля.
- При считывании с цифрового индикатора результатов измерения следует учитывать, что время установления показаний прибора около пяти секунд.
- Максимальное показание индикатора 199 В/м при измерении в полосе I и 19,9 В/м при измерении в полосе II.
- При напряжённости электрического поля, превышающем указан-

ные значения, на индикаторе загорается «1» старшего разряда. Остальные цифры при этом гаснут.

- При измерении с делителем показания прибора умножают на 10.
- Дисковый пробник<sup>2</sup> переменного электрического поля должен быть направлен в сторону источника поля и заземлён.
- Работа прибора с дисковым пробником требует **обязательного** его заземления при проведении измерений.

#### ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

1. Располагать кабель питания прибора и провод заземления дискового пробника в области между прибором и тестируемым техническим средством.
2. Прикасаться руками к диполям антенны во избежание выхода из строя прибора.

#### Подготовка прибора к работе.

1. Включить прибор. При этом должны загореться цифры на цифровом индикаторе.

**Внимание!** В случае если в младшем (крайнем правом) разряде индикатора высвечивается знак «U», батареи питания (или одна из них) разряжены и требуют замены.

2. Порядок работы с антенной. Подсоединить антенну к разъёму на торцевой стенке индикаторного блока. Выбрать полосу частот, установив в соответствующее положение кнопочный переключатель на передней панели индикаторного блока. Включить прибор. Через одну минуту прибор готов к работе.

Так как напряжённость электрического поля величина векторная, то для определения её в выбранной точке пространства нужно измерить три взаимно-ортогональные составляющие этого вектора  $E_{\text{ИЗМ}(X)}$ ,  $E_{\text{ИЗМ}(Y)}$ ,  $E_{\text{ИЗМ}(Z)}$ , а затем определить напряжённость  $E_{\text{ИЗМ}}$  по формуле:

$$E_{\text{ИЗМ}} = [(E_{\text{ИЗМ}(X)})^2 + (E_{\text{ИЗМ}(Y)})^2 + (E_{\text{ИЗМ}(Z)})^2]^{1/2}. \quad (19)$$

---

<sup>2</sup> Используется при измерении электрического поля дисплеев.

Для измерения каждой составляющей вектора напряжённости установить антенну прибора так, чтобы её измерительная ось, проходящая через центры диполей, совпадала с выбранной ортогональной осью координат. Точка пересечения оси симметрии антенны с измерительной осью должна находиться в выбранной точке пространства.

Зафиксировать показания индикатора прибора, соответствующие выбранной составляющей  $E_{\text{Инд}(x,y,z)}$ .

Вычислить измеренное значение напряжённости поля  $E_{\text{Изм}}$  по уравнению:

$$E_{\text{Изм}(x,y,z)} = E_{\text{Инд}(x,y,z)} \cdot K_{\Pi}, \quad (20)$$

где:  $K_{\Pi}$  – частотно-зависимый коэффициент.

Если поле монохроматично и частота его известна, то  $K_{\Pi}$  определяется по графикам для полосы I ( $K_{\Pi 1}$ ) или II ( $K_{\Pi 2}$ ), приведенным в паспорте на прибор. В противном случае, коэффициент  $K_{\Pi}$  принимается равным единице.

При необходимости проведения измерений с делителем включить его между индикаторным блоком и антенной. Показания прибора умножаются на 10.

**Порядок работы с дисковым пробником.** Подсоединить дисковый пробник к разъёму на торцевой стенке индикаторного блока. Заземлить дисковый пробник с помощью заземляющего провода, закреплённого на нём. Выбрать полосу частот, установив в соответствующее положение кнопочный переключатель на передней панели индикаторного блока. Установить прибор таким образом, чтобы он был направлен дисковым пробником в сторону тестируемого технического средства, а центр дискового пробника находился в выбранной точке пространства. Включить прибор, через одну минуту он готов к работе. Зафиксировать показания  $E_{\text{Инд}}$  на индикаторе прибора. Вычислить измеренное значение напряженности поля  $E_{\text{Изм}}$ :

$$E_{\text{Изм}} = E \cdot K_{\Pi}, \quad (21)$$

где:  $K_{\Pi}$  – частотно-зависимый коэффициент.

Если поле монохроматично и частота его известна, то  $K_{\Pi}$  определяется по графикам для полосы I ( $K_{\Pi 3}$ ) или II ( $K_{\Pi 4}$ ), приведенным в

паспорте на прибор. В противном случае, коэффициент  $K_{\Pi}$  принимается равным единице.

### Измеритель магнитного поля ИМП-05

#### Диапазон частот пропускания:

полоса I      5 Гц – 2 кГц      (измерительный блок ИМП-05/1);  
полоса II      2–400 кГц      (измерительный блок ИМП-05/2).

#### Диапазон измеряемых значений магнитной индукции:

в полосе I      70–1990 нТл      (0,054–1,54 А/м)      (ИМП-05/1);  
в полосе II      7–199 нТл      (0,0054–0,153 А/м)      (ИМП-05/2).

**Органы управления и индикации.** На лицевой панели блоков прибора (рис. П.6) расположены выключатель питания и цифровой жидкокристаллический индикатор (четырёхзначный для полосы I и трёхзначный для полосы II). При включении прибора должны загореться цифры на цифровом индикаторе.

**Внимание!** В случае если на индикаторе высвечиваются запятыя, батарея питания разряжена и требует замены.

При измерениях обязательно учитывать, что время установления показаний прибора приблизительно равно пяти секундам. Измерения можно выполнять через одну минуту после включения прибора.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Прочитать теоретическую часть (с. 4–24), описание приборов и порядок работы с ними (с. 25–28).
2. Записать название работы, цель, задачи. Подготовить протокол.
3. Получить задание у преподавателя (источник ЭМП, экран).
4. Провести измерения электрической и магнитной составляющих в непосредственной близости к источнику излучения диапазонах частот 0,005–2 и 2–400 кГц (с. 25–28). Повторить измерения на расстоянии 0,3, 0,5 и 1,0 м.
5. Построить графики зависимости значений напряженности  $E$  и  $H$ , измеренных до экранирования, от расстояния.
6. Определить эффективность экранирования экспериментальным (14) и расчётным методами (16).
7. Выбрать норматив, соответствующий условиям проведения эксперимента (с. 16–19). Определить класс условий труда (с. 22–24). Рассчитать допустимое время воздействия ЭМП на человека в производственных условиях (17–18). Провести оценку вредности исследованных ЭМП при воздействии в быту (19–20). При необходимости предложить мероприятия по снижению негативного действия ЭМП на человека (с. 12–15).
8. Сделать выводы о проделанной работе. Сдать работу преподавателю.

### Протокол к работе

Источник ЭМП									
Диапазон частот $f$ , кГц		0,005–2				2–400			
Расстояние до источника, м		0	0,3	0,5	1,0	0	0,3	0,5	1,0
Напряженность до экранирования	E, В/м								
	H, А/м нТл								
Напряженность после экранирования	E, В/м								
	H, нТл								
Эффективность экранирования	$\mathcal{E}_E$ (эксп.)								
	A, дБ (теор.)								
Класс (степень) условий труда									
Допустимое время воздействия									

## НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

- [1] СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях".
- [2] Р 2.2.2006-05. "Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда".
- [3] ГОСТ 12.1.002-84 "Допустимые уровни напряжённости и требования к проведению контроля на рабочих местах".
- [4] ГОСТ 12.1.045-84 "Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля".
- [5] СанПиН 2.2.4.1329-03 "Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей".
- [6] СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов".
- [7] СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
- [8] СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи".
- [9] Методические указания МУК 4.3.1676-03 "Гигиеническая оценка электромагнитных полей, создаваемых радиостанциями сухопутной подвижной связи, включая абонентские терминалы спутниковой связи".
- [10] Методические указания МУК 4.3.677-97 "Определение уровней электромагнитных полей на рабочих местах радиопредприятий, технические средства которых работают в НЧ, СЧ и ВЧ диапазонах".
- [11] Методические указания МУК 4.3.679-97 "Определение уровней магнитного поля в местах размещения передающих средств радиовещания и радиосвязи кило-, гекто- и декаметрового диапазонов".
- [12] Методические указания МУК 4.3.046-96 "Определение уровней электромагнитного поля в местах размещения передающих средств и объектов сухопутной подвижной радиосвязи ОВЧ и УВЧ диапазонов".

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1. Некоторые примеры распределения магнитных полей промышленной частоты

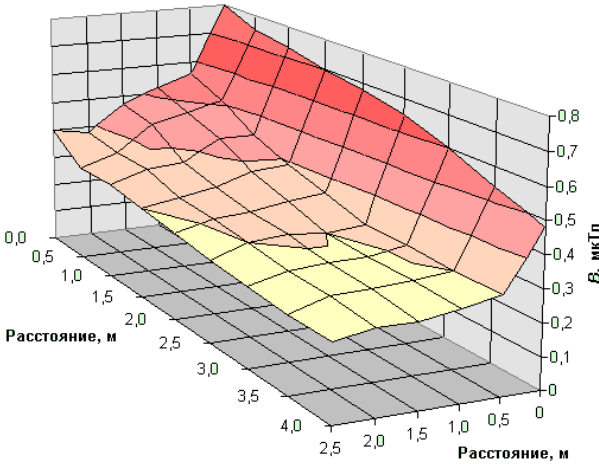


Рис. П.1. Распределения магнитного поля в жилом помещении. Источник поля – кабельная линия, проходящая в подъезде по внешней стене комнаты

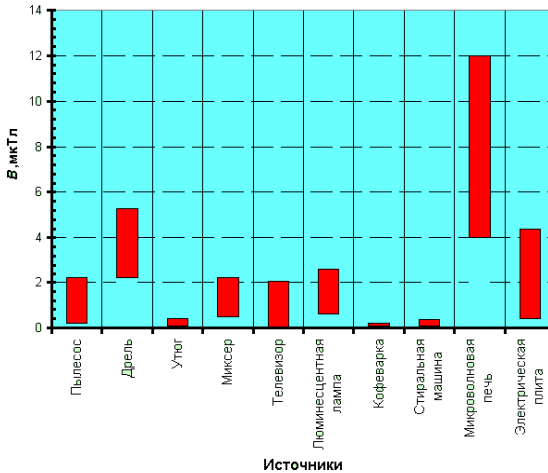


Рис. П.2. Средние уровни магнитного поля промышленной частоты бытовых электроприборов на расстоянии 0,3 м.

## Приложение 2. Воздействие сотовых телефонов на организм человека.

31 мая 2011 года Всемирная организация здравоохранения (World Health Organization) и Международное агентство по изучению рака (International Agency for Research on Cancer) отнесли электромагнитные поля радиочастотного диапазона к *возможно канцерогенным для людей* (Группа 2В) из-за увеличения риска возникновения глиомы, самой распространённой злокачественной опухоли головного мозга, в результате действия беспроводных телефонов.

Рабочая группа из 31 учёного, представляющих 14 стран, не дала количественной оценки негативного действия радиочастот. Однако, предыдущее исследование (до 2004 года) об использовании мобильных телефонов показало, что в самой многочисленной категории пользователей (разговор 30 минут в день в среднем, в течение 10 лет) риск возникновения глиомы возрастает на 40 %.

Было отмечено, что в ожидании результатов дополнительных исследований важно принять практические меры для уменьшения воздействия, например, использовать гарнитуры «hands-free» или прибегать к передаче информации с помощью текстовых сообщений.

Степень воздействия мобильного телефона зависит от многих факторов:

1. **Время разговора** по мобильному телефону должно быть как можно короче, так как наибольшее воздействие на человека имеет место во время сеанса связи. Не следует пользоваться сотовым телефоном без необходимости: дома и в офисе разговаривать по проводным телефонам или по «обычным» радиотелефонам, работающим на низких частотах (30–70 МГц);
2. **Расстояние от источника до человека.** Даже незначительное увеличение расстояние может в несколько раз снизить степень воздействия. Поэтому трубку следует держать на расстоянии от уха (хотя бы два-три сантиметра). Предпочтительно использование гарнитур «hands-free», при этом сам телефон не следует рас-



полагать в карманах брюк или рядом с сердцем. При частых разговорах в автомобиле лучше использовать внешнюю антенну.

3. **Режим работы.** При соединении мобильного телефона с базовой станцией устройство работает на максимальной мощности. Затем, при качественной связи, аппарат снижает мощность. В связи с этим рекомендуется:

- в момент установления соединения при исходящем звонке следует подносить трубку к уху только через несколько секунд после набора номера (у большинства телефонов можно определить по индикации на дисплее);
- держать телефон при разговоре следует так, чтобы не заслонять антенну рукой. В телефонах со встроенной антенной, как правило, не следует касаться рукой верхней трети корпуса;
- находясь в зоне неуверенного или сравнительно слабого приёма, следует свести продолжительность разговоров к минимуму;
- при разговоре из помещения (особенно в железобетонных конструкциях, в металлических гаражах) по возможности следует подходить к окну или к выходу.

4. **Технические характеристики мобильного телефона.** SAR (Specific Absorption Rates) – удельный коэффициент поглощения или уровень излучения, который определяет энергию электромагнитного поля, выделяющуюся в тканях тела человека за одну секунду. Таким показателем характеризуют величину вредного воздействия мобильных телефонов на человека. SAR является функцией частоты, на которой проводились измерения: величина SAR на частоте 1800 МГц может быть в несколько раз меньше значения, измеренного на частоте 900 МГц. В Европе допустимое значение излучения составляет 2 Вт/кг для 10 граммов тканей. В США используется другая система измерений – федеральная комиссия по связи (FCC) сертифицирует только те сотовые аппараты, SAR которых не превышает 1,6 Вт/кг для 1 грамма тканей. В России своя система измерения излучаемой мощности – в ваттах на квадратный сантиметр. Покупая мобильный телефон, необхо-

димо убедиться, что значение SAR минимально. SAR может отличаться в 2-3 раза для разных моделей телефонов, как правило, от 0.3 до 0.9 Вт/кг. Эти значения обязательно должны быть указаны в паспорте телефона, а иногда приводятся и на сайте производителя. Другими источниками следует пользоваться с осторожностью.

### Приложение 3. Измеритель электрического поля ИЭП-05

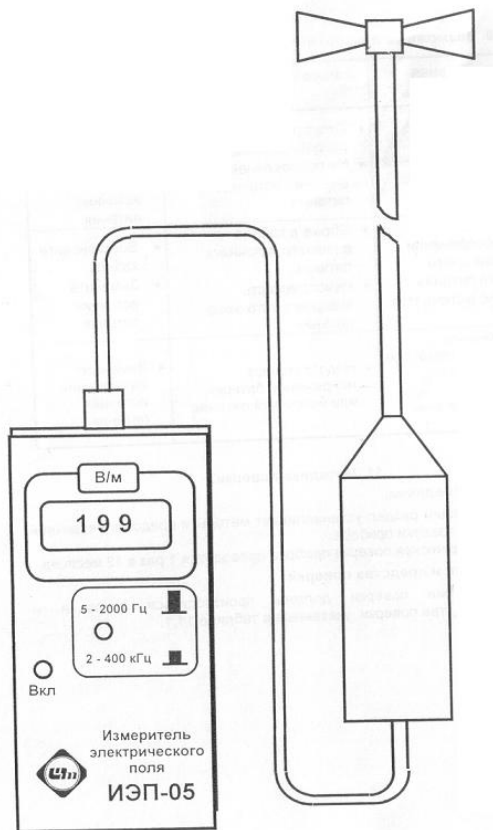


Рис. П.3. Вид измерителя электрического поля ИЭП-05 с дипольной антенной

## СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЯХ И ИЗЛУЧЕНИЯХ .....	4
ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ИЗЛУЧЕНИЙ НА ЧЕЛОВЕКА .....	5
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ .....	10
МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ .....	12
Защитные свойства экранов .....	13
Эффективность экранирования.....	15
ОЦЕНКА И НОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ .....	16
Нормирование электромагнитных полей и излучений.....	16
Нормирование электромагнитного поля промышленной частоты .....	16
Нормирование электромагнитных полей диапазона частот 10–30 кГц.....	17
Нормирование электромагнитных полей диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц.....	18
Оценка электромагнитных полей в быту .....	19
Контроль уровней электромагнитных полей.....	20
ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА .....	22
ОПИСАНИЕ ПРИБОРОВ И ПОРЯДОК РАБОТЫ .....	25
Измеритель электрического поля ИЭП-05.....	25
Измеритель магнитного поля ИМП-05 .....	28
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	29
НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ .....	30
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	31
Приложение 1. Некоторые примеры распределения магнитных полей промышленной частоты .....	31
Приложение 2. Воздействие сотовых телефонов на организм человека. ....	32
Приложение 3. Измеритель электрического поля ИЭП-05 .....	34

*Учебное издание*

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ  
ПОЛЯ И ИЗЛУЧЕНИЯ**

*Методические указания*

Составители: Терентьев Алексей Владимирович,  
Несоленов Геннадий Фёдорович,  
Варфоломеева Вера Васильевна,  
Вякин Вениамин Николаевич.

Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С. П. Королёва  
443086, Самара, Московское шоссе, 34