

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

И.Г. Переверзев, Е.П. Чубарь

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ЗАЩИТА ОТ НИХ

Учебно-методическое пособие
к лабораторным работам

Ростов-на-Дону
2017

УДК 658.3(07) + 06

Рецензент – кандидат технических наук, доцент Т.А. Финоченко

Переверзев, И.Г.

Электромагнитные поля и защита от них: учебно-методическое пособие к лабораторным работам / И.Г. Переверзев, Е.П. Чубарь; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 51 с.: ил. – Библиогр.: с. 37.

Приведены основные теоретические сведения об электромагнитных полях и излучениях, создаваемых антропогенными источниками, данные об измерительных приборах и методиках, применяемых при исследованиях и оценке электромагнитной обстановки вокруг источников различных частотных диапазонов. Приводится подход, используемый при оценке соответствия измеренных параметров гигиеническим нормативам.

Предназначено для проведения лабораторных работ по дисциплине «Электромагнитные поля и защита от них».

Одобрено к изданию кафедрой «Безопасность жизнедеятельности».

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие указания к выполнению лабораторных работ	4
Меры безопасности при выполнении лабораторных работ	4
Краткие сведения об электромагнитных полях и излучениях	5
1 Исследование электромагнитной обстановки вокруг ПЭВМ	10
2 Исследование напряженности электростатического поля	16
3 Исследование содержания аэроионов в воздухе помещений	21
4 Исследование электромагнитных излучений от источников радиочастот ..	25
5 Определение параметров электромагнитных полей промышленной частоты	31
Библиографический список	37
Приложение	38

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Выполнению лабораторной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентами теоретического материала по данной теме.

Студенты допускаются к выполнению лабораторной работы после сдачи коллоквиума по теоретическому материалу и порядку выполнения работы.

Результаты выполнения работы оформляются отчетом, который представляется на проверку преподавателю.

Отчет должен содержать следующие данные:

- название лабораторной работы, Ф.И.О. и номер группы студента;
- цель работы;
- схема экспериментальной установки с подрисуночными подписями;
- таблица с результатами измерений, расчеты, графики;
- выводы по работе с обязательными ссылками на нормативные документы, на основании которых сделан вывод.

Результаты экспериментов оформляются на специальных бланках, форма которых дана в приложении.

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ. ОБЩИЕ ПРАВИЛА

1 Лабораторные работы следует выполнять в соответствии с методическим руководством, внимательно и аккуратно, так как нарушение дисциплины во время занятий может привести к несчастному случаю.

2 В лаборатории не следует выполнять никаких работ, не связанных с выполнением порученного задания.

3 В лаборатории следует аккуратно обращаться с приборами и оборудованием.

4 Перед началом занятия средства связи выключить или установить беззвучный режим их работы.

5 При включении и выключении электроприборов вилку держать за корпус, а не за шнур. Включать приборы и установки только на время измерения.

6 Обо всех неисправностях оборудования сообщать преподавателю, проводящему занятие.

7 После окончания измерений необходимо выключить установку или приборы.

8 Привести в порядок рабочее место.

9 Измерительные приборы и методические руководства вернуть преподавателю, проводящему занятие.

10 Сделать отметку о выполнении работы у преподавателя, ведущего занятия с группой.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЯХ И ИЗЛУЧЕНИЯХ

В современных условиях научно-технического прогресса, в результате развития различных видов энергетики и промышленности, электромагнитные излучения занимают одно из ведущих мест по своей экологической и производственной значимости среди других факторов окружающей среды.

В целом общий электромагнитный фон состоит из источников излучений естественного происхождения (электрические и магнитные поля Земли, радиоизлучения Солнца и галактик) и искусственного (антропогенного) – телевизионные и радиостанции, линии электропередачи, электробытовая техника и др. Электромагнитные излучения естественного происхождения играют важную роль в организации жизненных процессов на Земле.

В условиях производства и быта применяется большое количество устройств и технологических процессов, в основе своей работы использующих электромагнитную энергию. В одних случаях их работа приводит к преднамеренному излучению электромагнитной энергии в окружающую среду, в других – эта энергия является сопутствующим фактором.

Носителями электромагнитной энергии могут быть как электромагнитные поля, так и электромагнитные излучения.

Электромагнитное поле (ЭМП) – это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между заряженными частицами. Представляет собой взаимосвязанные поля: электрическое и магнитное. Взаимная связь электрического и магнитного полей заключается в том, что всякое изменение одного поля приводит к появлению другого. Переменное электрическое поле, порождаемое ускоренно движущимися зарядами, возбуждает в смежных областях пространства переменное магнитное поле, которое, в свою очередь, возбуждает в прилегающих к нему областях пространства переменное электрическое поле, и т. д. Таким образом, электромагнитное поле распространяется от точки к точке пространства в виде электромагнитных волн, исходящих от источника.

Благодаря конечности скорости распространения электромагнитное поле может существовать автономно от породившего его источника и не исчезает с устранением источника (например, радиоволны не исчезают с прекращением тока в излучившей их антенне).

Электромагнитные волны (излучения) представляют собой электромагнитные колебания, распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью, зависящей от свойств среды. Характеризуются длиной волны λ , частотой f , единица измерения Герц (Гц).

Движение электромагнитных волн определяется как распространение возмущения в физической системе, т.е. происходит перенос энергии без переноса вещества. Термин «**излучение**» означает энергию, переданную волнами.

Международная классификация электромагнитных волн по частотам приведена в таблице 1.

Классификация электромагнитных излучений по частотам

Наименование частотного диапазона	Границы частотного диапазона	Наименование волнового диапазона	Границы Волнового диапазона
Крайние низкие, КНЧ	3–30 Гц	Декамегаметровые	100–10 Мм
Сверхнизкие, СНЧ	30–300 Гц	Мегаметровые	10–1 Мм
Инфранизкие, ИНЧ	0,3–3 кГц	Гектокилометровые	1000–100 км
Очень низкие, ОНЧ	3–30 кГц	Мириаметровые	100–10 км
Низкие частоты, НЧ	30–300 кГц	Километровые	10–1 км
Средние, СЧ	0,3–3 МГц	Гектометровые	1–0,1 км
Высокие частоты, ВЧ	3–30 МГц	Декаметровые	100–10 м
Очень высокие, ОВЧ	30–300 МГц	Метровые	10–1 м
Ультравысокие, УВЧ	0,3–3 ГГц	Дециметровые	1–0,1 м
Сверхвысокие, СВЧ	3–30 ГГц	Сантиметровые	10–1 см
Крайне высокие, КВЧ	30–300 ГГц	Миллиметровые	10–1 мм
Гипервысокие, ГВЧ	300–3000 ГГц	Децимиллиметровые	1–0,1 мм

Электромагнитные излучения промышленной частоты не являются каким-то особенным лучевым фактором, а представляют собой лишь частный случай электромагнитных излучений сверхнизкочастотного диапазона (СНЧ) – 50/60 Гц.

Электрическое поле (ЭП) представляет собой частную форму проявления электромагнитного поля. В своем проявлении это силовое поле, основным свойством которого является способность воздействовать на внесенный в него электрический заряд с силой, не зависящей от скорости заряда. Источниками электрического поля могут быть электрические заряды (движущиеся и неподвижные) и изменяющиеся во времени магнитные поля.

Основная количественная характеристика величины электрического поля – **напряженность электрического поля**, обозначение – E , единица измерения В/м (вольт-на-метр).

Магнитное поле (МП) представляет собой частную форму электромагнитного поля. В своем проявлении это силовое поле, основным свойством которого является способность воздействовать на движущиеся электрические заряды (в том числе и проводники с током), а также на магнитные тела независимо от их состояния. Источниками магнитного поля могут быть движущиеся

электрические заряды (проводники с током), намагниченные тела и изменяющиеся во времени электрические поля.

Величина магнитного поля характеризуется **напряженностью магнитного поля** H , единица измерения – А/м (ампер-на-метр). При измерении сверхнизких и крайне низких частот часто также используется понятие **магнитная индукция** B , единица измерения – Тл (Тесла), одна миллионная часть Тл соответствует 1,25 А/м.

Электромагнитные излучения радиочастотных диапазонов (ЭМИ РЧ) характеризуются тремя основными параметрами: напряженностью электрического поля, E , В/м, напряженностью магнитного поля, H , А/м и **плотностью потока энергии**, ППЭ, мкВт/см² (микроватт-на-сантиметр в квадрате). Оценка интенсивности радиочастот различных диапазонов неодинакова. В диапазоне радиочастотного излучения менее 300 МГц интенсивность излучения выражается напряженностью электрической и магнитной составляющих. В диапазоне частот свыше 300 МГц, – плотностью потока энергии (ППЭ).

Электростатическое поле – это поле, создаваемое неподвижными электрическими зарядами, характеризуемое взаимодействием между ними. Они связаны с возникновением, сохранением и релаксацией свободных зарядов на поверхности или в объеме различных материалов.

Электростатическое поле характеризуется **уровнем напряженности электростатического поля**, E , кВ/м (киловольт-на-метр).

Воздействие электромагнитных полей и излучений на человека различается в зависимости от частотного диапазона.

При длительном воздействии электромагнитных полей промышленной частоты (50–60 Гц) наблюдаются расстройства, которые субъективно выражаются жалобами на головную боль в височной и затылочной областях, вялость, расстройство сна, снижение памяти, повышенную раздражительность, апатию, боли в области сердца. У работающих с ЭМП промышленной частоты могут наблюдаться функциональные нарушения в центральной нервной и сердечно-сосудистой системах, а также изменения в составе крови.

Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона, в первую очередь, проявляются в тепловом воздействии на ткани организма человека. В связи с чем температура отдельных органов может повышаться. Это особенно вредно для тканей и органов со слаборазвитой сосудистой системой, недостаточным кровообращением и не защищенных жировыми прослойками (глаза, мозг, почки, желудок и проч.). При длительном воздействии радиоизлучений, даже умеренной интенсивности, происходят расстройства нервной системы, процессов обмена, изменение состава крови; в некоторых случаях наблюдается выпадение волос, ломкость ногтей, стойкое снижение работоспособности. Со временем в состоянии здоровья могут произойти необратимые изменения.

Электростатические заряды и поля оказывают непосредственное влияние на человека за счет стекания зарядов с его тела, протекания через него слабого тока и повышенной напряженности поля. При этом возникают болевые ощущения, электрические удары и, как их следствие, – резкие мышечные движения,

механические травмы от ударов о стоящие рядом конструкции, испуг, падение с высоты и т. д. К электростатическому полю наиболее чувствительны центральная нервная и сердечно-сосудистая системы, часто люди жалуются на раздражительность, головную боль, нарушение сна.

К воздействию электромагнитных полей (всех частотных диапазонов) наиболее чувствительны центральная нервная, сердечно-сосудистая, гормональная и репродуктивная системы.

Защита человека от неблагоприятного биологического действия ЭМП строится по следующим основным направлениям:

- организационные мероприятия;
- инженерно-технические мероприятия;
- лечебно-профилактические мероприятия.

Организационные мероприятия направлены на: обеспечение оптимальных вариантов расположения источников ЭМП и объектов, оказывающихся в зоне их воздействия; организацию труда и отдыха персонала. Цель их проведения – снижение до минимума времени пребывания человека в условиях воздействия ЭМП, предупреждение возможности попадания в зоны с интенсивностями, превышающими ПДУ. Таким образом, осуществляется защита «временем».

К организационным мероприятиям по защите от действия ЭМП, в частности, относятся:

- выбор режимов работы излучающего оборудования, обеспечивающего уровень излучения, не превышающий предельно допустимый;
- ограничение места и времени нахождения в зоне действия ЭМП (защита расстоянием и временем);
- обозначение и ограждение зон с повышенным уровнем ЭМП.

Инженерно-технические защитные мероприятия применяются в тех случаях, когда исчерпана эффективность организационных мер. Они строятся на использовании явления экранирования электромагнитных полей непосредственно в местах пребывания человека. Обычно подразумевается два типа экранирования: источников ЭМП от людей и людей от источников ЭМП.

Защитные свойства экранов основаны на эффекте ослабления напряженности и искажения электромагнитного поля в пространстве вблизи заземленного металлического предмета. На использовании явлений экранирования ЭМП строится коллективная защита персонала и разрабатываются средства индивидуальной защиты. Коллективная защита по сравнению со средствами индивидуальной защиты предпочтительнее из-за простоты обслуживания и проведения контроля за ее эффективностью. Однако ее внедрение часто осложняется высокой стоимостью и нецелесообразностью использования при проведении кратковременных работ в полях с интенсивностью выше предельно допустимых уровней. В таких случаях целесообразно использовать средства индивидуальной защиты. Они могут обеспечить как общую, так и локальную защиту человека.

Защита от электромагнитного поля промышленной частоты, создаваемого системами передачи электроэнергии, осуществляется путем установления сани-

тарно-защитных зон для линий электропередач. В жилых зданиях и в местах возможного продолжительного пребывания людей – снижением напряженности поля путем применения защитных экранов.

При экранировании ЭМП в радиочастотных диапазонах используются разнообразные радиоотражающие и радиопоглощающие материалы.

К *радиоотражающим материалам* относятся различные металлы. Чаще всего используются железо, сталь, медь, латунь, алюминий. Эти материалы используются в виде листов, сетки, либо в виде решеток и металлических трубок. Отрицательным свойством отражающих материалов является то, что они в некоторых случаях создают отраженные радиоволны, которые могут усилить облучение человека.

Более удобными материалами для экранировки являются *радиопоглощающие материалы*. Листы поглощающих материалов могут быть одно- или многослойными. Последние обеспечивают поглощение радиоволн в более широком диапазоне. Для улучшения экранирующего действия у многих типов радиопоглощающих материалов с одной стороны впрессована металлическая сетка или латунная фольга. При создании экранов эта сторона обращена в сторону, противоположную источнику излучения.

К лечебно-профилактическим мероприятиям относятся: 1) организация и проведение контроля выполнения гигиенических нормативов, режимов работы персонала, обслуживающего источники ЭМП; 2) выявление профессиональных заболеваний, обусловленных неблагоприятными факторами среды; 3) разработка мер по улучшению условий труда персонала, по повышению устойчивости организма работающих к воздействиям неблагоприятных факторов среды.

Текущий гигиенический контроль проводится в зависимости от параметров и режима работы излучающей установки, но, как правило, не реже одного раза в год. При этом определяются характеристики ЭМП в производственных помещениях, в помещениях жилых и общественных зданий и на открытой территории. Контроль интенсивности ЭМП проводится и при внесении изменений в условия и режимы работы источников ЭМП, влияющих на уровни излучения. К ним относятся: замена генераторных и излучающих элементов, рационализация технологического процесса, смена экранировки и средств защиты, увеличение мощности, изменение расположения излучающих элементов и т. д.

В целях предупреждения, ранней диагностики и лечения нарушений в состоянии здоровья работники, связанные с воздействием ЭМП, должны проходить предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в порядке, установленном соответствующим приказом Министерства здравоохранения. При обнаружении начальных проявлений клинических нарушений (астенический, астеновегетативный, гипоталамический синдромы), а также общих заболеваний, (органические заболевания центральной нервной системы, гипертоническая болезнь, болезни эндокринной системы, болезни крови и др.) должны проводиться соответствующие гигиенические и терапевтические мероприятия, направленные на оздоровление условий труда и восстановление состояния здоровья работников.

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ ВОКРУГ ПЭВМ

Цель работы:

- изучить приборы и методику определения физических характеристик электромагнитного поля вокруг ПЭВМ;
- получить практические навыки в проведении измерений физических характеристик электромагнитного поля;
- оценить соответствие измеренных значений нормам.

Общие сведения о персональных ЭВМ как источниках ЭМП

Мониторы современных ПЭВМ выполнены на основе жидких кристаллов. Принцип работы жидкокристаллических мониторов основывается на поляризационных свойствах молекул кристаллов. Эти молекулы способны пропускать исключительно ту составляющую света, вектор электромагнитной индукции которой располагается в параллельной оптической плоскости поляроида (молекулы кристалла). Другие световые спектры кристаллы не пропускают. Другими словами, цианофенилы являются световыми фильтрами, пропускающими только определенный световой спектр – один из основных цветов. Такой эффект и называется *поляризацией света*.

Благодаря тому, что длинные молекулы жидких кристаллов меняют свое расположение в зависимости от электромагнитного поля, появилась возможность управления поляризацией. То есть в зависимости от силы воздействующего электромагнитного поля на цианофенилы они меняют свое расположение и форму, тем самым меняя углы преломления света и свою поляризацию. Именно благодаря сочетанию электрооптических свойств кристаллов и способности принимать форму сосуда такие молекулы получили название *жидкие кристаллы*.

Именно на таких свойствах и основывается принцип работы ЖК-монитора. Благодаря изменению силы электромагнитного поля молекулы жидких кристаллов меняют свое положение. Таким образом формируется изображение.

ЖК-дисплеи представляют собой матрицу из жидкокристаллических элементов, и их вредное излучение обусловлено почти полностью импульсными блоками питания (сетевой адаптер, электроники, люминесцентной лампы, подсвечивающей изнутри плоский экран).

На пользователя ПЭВМ одновременно воздействуют несколько видов неионизирующих излучений и полей, которые имеют сложный спектральный состав в диапазоне частот от 0 Гц до 1000 МГц:

- электромагнитное излучение;
- ультрафиолетовое излучение;
- инфракрасное излучение;
- излучения радиочастотного диапазона;

– статическое электричество.

Их источниками являются не только дисплей, но и другие модули компьютера.

Сопутствующими факторами электромагнитной обстановки на рабочем месте с ПЭВМ являются:

- повышенное содержание положительных аэроионов в воздухе рабочей зоны;
- пониженное содержание отрицательных аэроионов в воздухе рабочей зоны.

Эксплуатация ПЭВМ должна осуществляться в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах регламентирует, предельно допустимые уровни ЭМП (табл. 2), создаваемых ПЭВМ, и методику проведения измерения параметров ЭМП от них.

Таблица 2

ПДУ электромагнитных полей на рабочих местах пользователей ПЭВМ

Нормируемые параметры		ПДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Плотность потока энергии	в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц	10 мкВт/см ²

Методика проведения измерений ЭМП на рабочем месте с ПЭВМ

1 Составить план (эскиз) размещения рабочих мест пользователей ПЭВМ в помещении.

2 Установить на экране монитора типичное для данного вида работы изображение (текст, графики и др.).

3 При проведении измерений должна быть включена вся вычислительная техника, ВДТ и другое используемое для работы электрооборудование, размещенное в данном помещении.

4 Измерение уровней ЭП, МП и ЭМП на рабочих местах пользователей стационарных и портативных ПК должны осуществляться после выведения работающего из зоны контроля при включенных ПК с периферийными устройствами и системах общего и местного освещения.

5 Измерения напряженности ЭМП ПК и ЭМП ИКТ должны осуществляться в точках наибольшего приближения пользователя к системному блоку, устройству бесперебойного питания и другим периферийным устройствам, системам местного освещения на высотах 0,5 м; 1,0 м и 1,4 м от пола.

6 Гигиеническая оценка проводится путем сравнения наибольшего из измеренных значений с соответствующими ПДУ.

7 Измерения плотности потока энергии ЭМП в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц, создаваемых антеннами Wi-Fi-роутеров и базовых станций сотовой связи, должны проводиться на всех рабочих местах на высотах 0,5 м; 1,0 м и 1,4 м от пола. На рабочем месте, оборудованном стационарным ПК с подключенным к системному блоку USB-модемом, измерения должны проводиться в точке наибольшего приближения пользователя к этому устройству, работающему в режиме поиска и/или скачивания информации из Интернета.

8 На рабочем месте, оборудованном портативным ПК (ноутбуком) с подключенным USB-модемом измерения должны проводиться на расстоянии 0,1 м над и под этим устройством

Прибор для измерения ЭМП от ПЭВМ

Измеритель параметров электрического и магнитного полей ВЕ-МЕТР-АТ-002 (рис. 1) предназначен для контроля норм по электромагнитной безопасности видеодисплейных терминалов. Он применяется при проведении комплексного обследования помещений и рабочих мест с ПЭВМ.



Рис. 1. Измеритель параметров электрического и магнитного полей ВЕ-МЕТР-АТ-002

Технические характеристики измерителя:

- диапазон частот от 5 Гц до 400 кГц;
- полосы частот, в которых измеряется среднеквадратическое значение напряженности электрического поля и плотности магнитного потока:

полоса 1 – от 5 до 2000 Гц;

полоса 2 – от 2 до 400 кГц;

- диапазон среднеквадратических значений напряженности электрического поля:

в полосе 1 – от 8 до 100 В/м;

в полосе 2 – от 0,8 до 10 В/м;

- диапазон среднеквадратических значений плотности магнитного потока:

в полосе 1 – от 0,08 до 1 мкТл;

в полосе 2 – от 8 до 100 мкТл.

Принцип действия измерителя параметров ЭМП состоит в преобразовании колебаний электрического и магнитного полей в колебания электрического напряжения, усиления этих колебаний с последующим их обнаружением. Обнаруженный сигнал поступает на аналогово-цифровой преобразователь. Зарегистрированные колебания электрического и магнитного полей анализируются встроенным в измеритель микропроцессором. Результат измерений высвечивается на матричном жидкокристаллическом индикаторе. Регистрация электрического и магнитного полей производится одновременно по всей частотной полосе измерения. Зарегистрированный сигнал после усиления разделяется частотными фильтрами и усиливается вторично в независимых каналах регистрации. Прибор, таким образом, объединяет в одной конструкции два отдельных измерителя напряженности электрического поля и два отдельных измерителя плотности магнитного потока и микропроцессорный блок обработки и анализа результатов измерений.

Внешний вид измерителя со стороны лицевой панели изображен на рисунке 2.

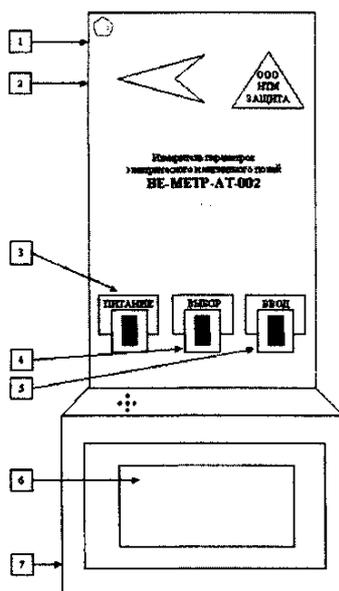


Рис. 2. Лицевая панель измерителя VE-METP-AT-002:

- 1 – корпус прибора; 2 – гнездо включения внешней антенны;
- 3 – выключатель питания; 4 – кнопка выбора режимов измерения;
- 5 – кнопка запуска измерений и ввода результатов в память процессора;
- 6 – жидкокристаллический строчный дисплей;
- 7 – гнездо подключения зарядного устройства

Измеритель может работать в двух режимах:

– «НЕПРЕРЫВНО», применяемый для общего обследования помещений, определения среднего уровня ЭМИ в них, поиска возможных источников излучения. Измеряются среднеквадратичные значения напряженности электрического поля и плотности магнитного потока.

– «АТТЕСТАТ», используемый для обследования (аттестации) рабочих мест пользователей ПЭВМ. Измеряются три компонента среднеквадратичных значений напряженности электрического поля и плотности магнитного потока и последующее вычисление их абсолютной величины.

Порядок работы с прибором и проведения измерений

1 Зарисовать эскиз размещения ПЭВМ в помещении. Наметить точки для измерения параметров ЭМП (4 точки вокруг монитора на высоте 1,5 м от пола и 2 точки на высотах 1 м и 0,5 м от уровня пола непосредственно перед экраном монитора на рабочем месте пользователя).

2 Закрепить прибор на диэлектрической штанге, входящей в комплект измерителя, держать и перемещать прибор только с ее помощью.

3 Выбрать второй режим работы прибора. Для этого при высвечивании на индикаторе надписи «Выберите режим» кнопкой «Выбор» выделить, добиваясь мигания соответствующей надписи, режим «АТТЕСТАТ». Кнопкой «Ввод» включить выбранный режим.

4 Расположить измеритель на расстоянии от экрана монитора перпендикулярно к его центру как располагается пользователь. Ориентировать прибор так, чтобы стрелка на лицевой панели была расположена горизонтально (перпендикулярно плоскости экрана монитора и параллельно рабочей поверхности стола). Нажатием кнопки «Ввод» включить измерение.

5 Дождавшись звукового сигнала, свидетельствующего о выполнении измерения, нажать «Ввод» и переориентировать прибор так, чтобы стрелка, оставаясь в горизонтальной плоскости, была ориентирована параллельно плоскости экрана монитора. Произвести измерение.

6 Дождавшись звукового сигнала, свидетельствующего о выполнении измерения, нажать «Ввод» и переориентировать прибор так, чтобы стрелка на лицевой панели была расположена вертикально (параллельно поверхности экрана монитора и перпендикулярно рабочей поверхности стола). Нажатием кнопки «Ввод» включить измерение.

7 Дождавшись звукового сигнала, свидетельствующего о выполнении измерения, нажать кнопку «Ввод». Результаты проделанных измерений будут автоматически обработаны процессором измерителя и полученные значения напряженности электрического поля и плотности магнитного потока в двух частотных диапазонах будут высвечены на индикаторе прибора.

8 Таким же образом выполнить измерения в остальных пяти намеченных точках, записывая их.

9 После окончания измерений – нажав кнопку «Питание», выключить прибор.

ВНИМАНИЕ! При записи итогов замеров учесть, что результаты измерений параметров электрического поля в диапазонах 1 и 2 выдаются в единицах В/м (вольт-на-метр), а параметров магнитного поля в диапазоне 1 – в единицах мкТл (микротесла), в диапазоне 2 – в единицах нТл (нанотесла). При пересчетах необходимо учесть, что $1 \text{ мкТл} = 1000 \text{ нТл}$.

Порядок проведения измерений и оформления результатов

1 Включить ПЭВМ, намеченную для исследования.

2 В бланке отчета (см. приложение) зарисовать эскиз помещения (вид сверху), где отобразить два рабочих места с ПЭВМ и наметить точки проведения измерений в горизонтальной плоскости.

3 Зарисовать по отдельности два рабочих места с ПЭВМ (вид сбоку) и наметить точки для замеров в вертикальной плоскости.

4 Провести измерения в намеченных точках согласно методике (см. «Порядок работы с прибором и проведения измерений») при наличии защитного заземления, предварительно установив на ЖК-мониторе наиболее часто используемую программу и провести измерения.

5 Результаты измерений занести в бланк отчета, предварительно пересчитав величины параметров магнитного поля в диапазоне 1.

6 Повторить измерения при имитации отсутствия защитного заземления (при включении ПЭВМ использовать сетевой фильтр без заземляющих контактов).

7 Провести измерения характеристик радиочастотного диапазона согласно методики (см. выше)

8 Оформить бланк отчета.

Контрольные вопросы

1 Какие физические характеристики электромагнитного поля вокруг ПЭВМ измеряются и нормируются?

2 Каким нормативным документом руководствуются при проведении измерений параметров электромагнитного поля от ПЭВМ?

3 В каких частотных диапазонах проводятся измерения электромагнитного поля от ПЭВМ?

4 Каким прибором измеряются параметры электромагнитного поля вокруг ПЭВМ?

5 Какова методика проведения измерений параметров ЭМП от ПЭВМ?

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Цель работы:

- изучить приборы и методику определения физических характеристик электростатического поля;
- получить практические навыки в проведении измерений физических характеристик электростатического поля;
- оценить соответствие измеренных значений нормам.

Общие сведения об электростатических полях

Электростатическое поле (ЭСП) – это поле, создаваемое неподвижными электрическими зарядами и осуществляющее взаимодействие между ними. Представляет собой один из видов электромагнитных явлений.

Электростатические поля возникают при трении различных материалов, способных накапливать электрические заряды: при перемотке, разрезании, разрыве материалов; при перемещении сыпучих материалов, жидкостей; при работах с синтетическими материалами; вблизи одиночных проводников с высоким электрическим напряжением, вблизи электронно-лучевых приборов (например, персональных компьютеров), копировально-множительной техники.

Воздействие электростатического поля на человека связано с протеканием через него слабого тока (несколько миллиампер). При этом электротравм никогда не наблюдается. Однако, вследствие рефлекторной реакции на ток (резкое отстранение от заряженного тела) возможна механическая травма при ударе о рядом расположенные элементы конструкций, падении с высоты и т. д. Исследования биологических эффектов показало, что наиболее чувствительны к электростатическому полю центральная нервная и сердечно-сосудистая системы, анализаторы. Люди, работающие в зоне воздействия электростатического поля, жалуются на раздражительность, головную боль, нарушение сна и т.д. Характерны своеобразные «фобии», обусловленные страхом ожидаемого разряда, склонность к психосоматическим расстройствам с повышенной эмоциональной возбудимостью и быстрой утомляемостью, неустойчивость показателей пульса и артериального давления.

При проведении измерений электростатического поля и выборе норм руководствуются, в зависимости от источника возникновения, следующими нормативными документами:

1 СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах

2 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

3 СанПиН 2.2.2.1332-03. Гигиенические требования к организации работы на копировально-множительной технике.

Нормирование уровней электростатического поля осуществляется в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах. Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля равен 60 кВ/м в течение 1 часа воздействия. При напряженности поля менее 20 кВ/м время пребывания персонала в электростатическом поле не регламентируется. В диапазоне напряженностей электростатического поля 20–60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в электростатическом поле без средств защиты определяется по формуле

$$t_{\text{доп}} = \frac{E_{\text{пред}}^2}{E_{\text{факт}}^2},$$

где $E_{\text{пред}}$ – предельно допустимый уровень ЭСП, 60 кВ/м;

$E_{\text{факт}}$ – фактическое значение напряженности ЭСП, кВ/м.

Методика проведения измерений параметров электростатического поля

1 Измерение параметров электростатического поля от источников проводят не ранее, чем через 20 минут после их включения.

2 Измерения проводят на расстоянии 0,5 м от источника на высотах: 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.

3 Определяющим является наибольшее значение из всех зарегистрированных.

Прибор для измерения напряженности электростатического поля

Измеритель напряженности электростатического поля СТ-01 (рис. 3) применяется при проведении комплексного санитарно-гигиенического обследования помещений и рабочих мест.



Рис. 3. Измеритель напряженности электростатического поля СТ-01

Технические характеристики измерителя: диапазон измерения от 0,3 до 180 кВ/м. Время установления рабочего режима – не более одной минуты. Время установления показания измерителя при внесении преобразователя напряженности электростатического поля в исследуемое поле – не более 5 с.

Измеритель конструктивно состоит из преобразователя напряженности электростатического поля, блока управления, индикации и сетевого блока питания (рис. 4).

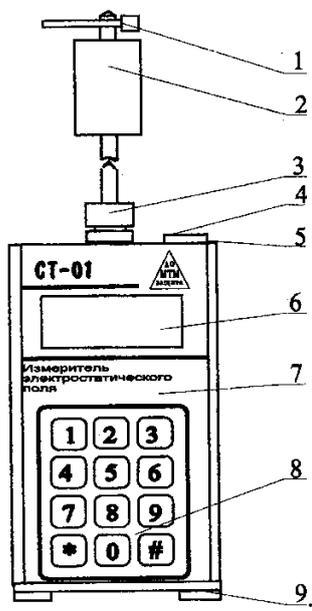


Рис. 4. Составные части измерителя СТ-01:

1 – модулятор; 2 – преобразователь напряженности электростатического поля; 3 – разъем с накидной гайкой; 4 – тумблер включения и выключения напряжения; 5 – разъем для подключения сетевого блока питания; 6 – жидкокристаллический индикатор; 7 – лицевая панель блока управления и индикации; 8 – гибкая пленочная клавиатура; 9 – крышка отсека автономного источника питания

Модулятор – металлическая пластинка, закрепленная на оси вращения микроэлектродвигателя. При ее вращении в однородном электростатическом поле переменный потенциал через скользящий контакт передается на вход предусилителя, встроенного в преобразователь. С выхода предусилителя переменное напряжение поступает на вход амплитудно-цифрового преобразователя (АЦП) и далее обрабатывается микропроцессором. Результаты обработки считываются с жидкокристаллического индикатора.

Измеритель может работать в двух режимах:

- 1 Измерение значения проекции вектора напряженности электростатического поля на плоскость вращения лепестка модулятора.
- 2 Измерение модуля напряженности электростатического поля.

Порядок работы с прибором и проведения измерений, их оформление

1 Не менее чем за 20 мин до проведения замеров включить объекты для исследования: персональные компьютеры, копировально-множительную технику и др.

2 Присоединить преобразователь напряженности электростатического поля к блоку управления и индикации с помощью разъема с накидной гайкой согласно с расположением ключа разъема.

3 Включить питание измерителя переключателем ПИТАНИЕ, поставив его в положение «1». При этом на матричном жидкокристаллическом дисплее (мониторе) появится надпись:

St – 01

Ready

00 : 00 : 00

Появление надписи сопровождается кратковременными звуковыми сигналами. Далее измеритель автоматически входит в рабочий режим. Выбор режима работы измерителя осуществляется путем нажатия одной из кнопок 1–9 на лицевой панели (см. рис. 4):

1 – первый режим работы;

2 – второй режим работы;

3 – проверка работы АЦП;

4 – контроль напряжения на аккумуляторной батарее;

5 – режим непрерывного измерения электростатического потенциала экрана монитора.

Остановка соответствующего режима работы осуществляется при вторичном нажатии выбранной кнопки.

4 Выбрать второй режим работы прибора.

5 Направить вращающийся лепесток модулятора к источнику. Провести измерения модуля напряженности электростатического поля от составных частей персональных компьютеров: мышь, клавиатура, экраны (монитор на базе ЭЛТ и жидкокристаллический); копировально-множительного аппарата.

6 Результаты измерений занести в бланк отчета (см. приложение).

7 Собрать измерительную пластину (рис. 5) и закрепить на преобразователе прибора.

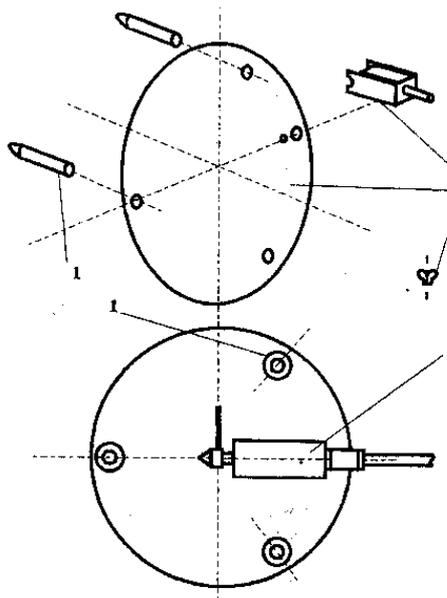


Рис. 5. Схема сборки антенны

8 Заземлить пластину, соединив ее с помощью специального провода из комплекта с клеммой заземления.

9 Установить пластину так, чтобы все стойки-изоляторы были прижаты к плоскости экрана монитора.

10 Выбрать пятый режим работы прибора и измерить электростатический потенциал экранов: монитора на базе ЭЛТ и жидкокристаллического.

11 Результаты измерений занести в бланк отчета.

12 Сделать вывод.

Контрольные вопросы

1 Что такое электростатическое поле и вследствие каких процессов оно возникает?

2 Каков механизм воздействия электростатического поля на человека?

3 Какими нормативными документами руководствуются при проведении измерений параметров электростатического поля?

4 Каким прибором измеряются параметры электростатического поля?

5 Какую методику используют для проведения измерений параметров электростатического поля?

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АЭРОИОНОВ В ВОЗДУХЕ ПОМЕЩЕНИЙ

Цель работы:

- изучить прибор и методику определения количества аэроионов в воздухе помещений;
- получить практические навыки в проведении измерений аэроионов в воздухе помещений;
- оценить соответствие измеренных значений нормам.

Общие сведения об аэроионах

Атмосферный воздух, которым мы дышим, всегда на части своих молекул, несет электрические заряды.

Ионизация – процесс образования аэроионов – является одним из условий нормального развития высокоорганизованной жизни.

Атмосферный воздух всегда содержит ионы: положительно заряженные – катионы (заряд «+») и отрицательно заряженные – анионы (заряд «-»).

Аэроионы – заряженные ионы газов, образующиеся в атмосфере под действием космического излучения, электрических разрядов и других факторов.

Деионизация – процесс лишения носителя своего заряда посредством присоединения аэроионов к аэрозолям или рекомбинации аэроионов различной полярности друг с другом, либо осаждения аэроионов на предметах (материалах), генерирующих (способных накапливать) электрический заряд (оргтехника, видеодисплейные терминалы, воздушные фильтры, воздухопроводы, системы кондиционирования воздуха и т. д.).

Отрицательно заряженные аэроионы повышают умственную и физическую работоспособность, снимают стресс, укрепляют нервную систему, благоприятно действуют на сердечно-сосудистую и дыхательные системы, повышают сопротивляемость человеческого организма инфекционным заболеваниям, способствуют излечиванию или радикальному облегчению ряда заболеваний носоглотки, дыхательных путей, улучшают настроение, увеличивают продолжительность жизни. Особенно их много в горах, у водоемов, в лесах; после дождя, грозы, снега. Ярким примером воздействия на человеческий организм отрицательных аэроионов может послужить долголетие жителей гор.

Большую опасность представляет насыщение жилых помещений и офисов, рабочих комнат компьютерной и телевизионной техникой, которая в огромном количестве производит вредоносные положительные ионы. Последние, в основном, накапливаются в воздухе помещений с наличием источников электростатического поля.

Решить эту проблему можно с помощью искусственной аэроионизации: использовать для очистки воздуха помещений от положительных ионов «ионизаторы». К настоящему времени их создано множество, в т. ч. и люстры Чижевского.

Требования к содержанию аэроионов в воздухе помещений устанавливаются санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами: СанПиН 2.2.4.1294-03. Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений. Нормируемые показатели аэроионного состава воздуха отражены в табл. 3.

Таблица 3

Допустимые нормы аэроионов в воздухе помещений

Нормируемые показатели	Концентрация n^+ (ион/см ³)	Концентрация n^- (ион/см ³)	Коэффициент униполярности U^*
Минимально допустимые	$n^+ \geq 400$	$n^- \geq 400$	0,4 = U <math>< 1,0</math>
Максимально допустимые	$n^+ < 50000$	$n^- < 50000$	

*Коэффициент униполярности – это отношение концентрации положительных аэроионов к отрицательным.

Прибор для измерения концентрации аэроионов в воздухе помещений

Счетчик аэроионов «Сапфир-3к» (рис. 6) предназначен для отдельного и одновременного измерения концентрации положительных и отрицательных аэроионов, содержащихся в 1 см³ исследуемого воздуха.



Рис. 6. Счетчик аэроионов «Сапфир-3к»: 1 – входное отверстие; 2 – дисплей; 3 – панель управления



Рис. 7. Передняя панель прибора

Технические характеристики прибора:

- диапазон измерений от $2 \cdot 10^2$ до $2 \cdot 10^5$ см⁻³ концентрации аэроионов обоих зарядов в воздухе. Этот диапазон делится на три поддиапазона. Выбор необходимого для измерения диапазона производится автоматически;
- индикация результатов измерения концентрации аэроионов – цифровая;
- питание прибора от сети переменного тока напряжением 220 В с частотой 50 Гц;
- время прогрева счетчика – 5 мин.;
- время непрерывной работы прибора не должно превышать 8 часов.

Конструктивно счетчик состоит из аспирационной камеры, через которую с помощью вентилятора прокачивается воздух. Объемный расход прокачиваемого воздуха 230 ± 23 л/мин. В камере, при прокачивании воздуха, идет преобразование информации о концентрации аэроионов в воздухе в электрический сигнал при помощи электронных плат. Результаты измерений отражаются на индикаторном табло.

Порядок работы с прибором и проведения измерений

1 Поставить прибор в зону измерения и подключить к электросети.

2 Снять заглушку с входного отверстия счетчика аэроионов.

3 Включить счетчик установкой тумблера в положение «ВКЛ.» При этом автоматически устанавливается режим «КАЛИБР.» (калибровка). В этом режиме производится прогрев счетчика в течение 5 мин.

4 Осуществить проверку нуля, нажав клавишу «ПРОВ. 0» (проверка нуля). После 5 мин работы в этом режиме показания на табло должны быть не более: «-0,03» и «+ 0,03».

5 Нажать клавишу «РАБ». Выдержать счетчик в этом режиме 5 мин, после появления устойчивых значений снять 10–20 показаний с индикаторного табло. Затем, отбросив крайнее минимальное и максимальное значения, найти среднее арифметическое отдельно для количества отрицательных и положительных ионов. Полученные значения и являются результатами измерения.

6 Сравнить результаты с нормативными значениями и сделать вывод.

Порядок проведения измерений и оформление результатов

1 Зарисовать в бланк отчета (см. приложение) эскизы двух помещений: с наличием ПЭВМ и без них.

2 Поставить счетчик в непроветриваемое помещение без ПЭВМ. Включить прибор и произвести измерения согласно приведенному выше порядку. Занести полученные данные в таблицу бланка отчета, предварительно произвести необходимые расчеты. Открыть окно для проветривания.

3 Перенести счетчик аэроионов в помещение с ПЭВМ. К этому моменту компьютеры должны работать не менее 20 мин и помещение не должно проветриваться.

4 Включить прибор и произвести измерения согласно приведенному выше порядку. Занести полученные данные в таблицу бланка отчета, предварительно произвести необходимые расчеты. Включить люстру Чижевского.

5 Перенести счетчик в проветриваемое помещение без ПЭВМ. Включить прибор и произвести измерения согласно приведенному выше порядку. Занести полученные данные в таблицу бланка отчета, предварительно произвести необходимые расчеты.

6 Перенести счетчик в помещение с ПЭВМ, где включена люстра Чижевского. Включить прибор и произвести измерения согласно приведенному выше порядку. Занести полученные данные в таблицу бланка отчета, предварительно произвести необходимые расчеты.

7 Вычислить коэффициенты униполярности, разделив концентрацию аэроионов положительной полярности на концентрацию аэроионов отрицательной полярности.

8 Сравнить полученные результаты с нормами.

9 Сделать вывод.

Контрольные вопросы

1 Что такое аэроионы?

2 Какое воздействие аэроионы оказывают на организм человека?

3 Какой нормативный документ устанавливает требования к содержанию аэроионов в воздухе помещений?

4 Какие показатели характеризуют аэроионный состав воздуха производственных и общественных помещений?

5 Какой прибор используется для измерения концентрации аэроионов в воздухе помещений?

6 Какова методика проведения измерений концентрации аэроионов в воздухе помещений?

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ОТ ИСТОЧНИКОВ РАДИОЧАСТОТ

Цель работы:

- изучить методику измерения электромагнитных излучений радиочастот;
- получить практические навыки в проведении измерений;
- оценить соответствие измеренных значений нормам.

Общие сведения об источниках ЭМИ радиочастот

Источниками электромагнитных излучений радиочастот (ЭМИ РЧ) и сверхвысоких частот (СВЧ) являются технические средства и изделия, которые предназначены для применения в различных сферах человеческой деятельности. В основе их функционирования используются физические свойства радиочастотных излучений: распространение в пространстве, нагрев материалов и т. д.

Свойство ЭМИ РЧ распространяться в пространстве и отражаться от границы двух сред используется в связи, (радио- и телестанции, ретрансляторы, радио- и сотовые телефоны), радиолокации (радиолокационные комплексы различного функционального назначения, навигационное оборудование).

Способность ЭМИ РЧ (в т. ч. СВЧ-излучение) нагревать различные материалы используется в различных технологиях по обработке материалов, полупроводников, сварки синтетических материалов, в приготовлении пищевых продуктов (микроволновые печи), в медицине (физиотерапевтическая аппаратура).

Одними из наиболее типичных и широко распространенных в настоящее время источников ЭМИ РЧ являются микроволновые печи и системы сотовой связи. В микроволновой печи (СВЧ-печь) используется для разогрева и приготовления пищи микроволновое излучение (СВЧ-излучение). Рабочая частота СВЧ-излучения микроволновых печей составляет 2,45 ГГц. Часть этого излучения через отверстия и щели проникает наружу, особенно интенсивно, как правило, в районе правого нижнего угла дверцы и вблизи непосредственного источника излучения – магнетрона.

Основными элементами системы сотовой связи являются базовые станции (БС), которые поддерживают радиосвязь с мобильными радиотелефонами (МРТ) и работают в режиме приема-передачи сигнала. БС и МРТ – источники электромагнитного излучения в УВЧ-диапазоне.

В зависимости от стандарта, БС излучают электромагнитную энергию в диапазоне частот от 463 до 1880 МГц. Антенны БС устанавливаются на высоте 15–100 м от поверхности земли на уже существующих постройках или на специально сооруженных мачтах.

Основная энергия излучения передающих и приемопередающих антенн (более 90 %) сосредоточена в довольно узком «луче». Он всегда направлен в сторону от сооружений, на которых находятся антенны БС, и выше прилегаю-

щих построек, что является необходимым условием для нормального функционирования системы сотовой связи. Среди установленных в одном месте антенн БС имеются как передающие, так и приемные антенны, которые не являются источниками ЭМИ.

Мобильный радиотелефон (МРТ) представляет собой малогабаритный приемопередатчик. В зависимости от стандарта связи, используемого телефона, передача ведется в диапазоне частот 453–1785 МГц. Мощность излучения МРТ переменна и в значительной степени зависит от состояния канала связи с БС: чем выше уровень сигнала БС в месте приема, тем меньше мощность излучения МРТ. Максимальная мощность находится в границах от 0,125 до 1 Вт, но в реальной обстановке обычно не превышает 0,05–0,2 Вт [3].

При проведении измерений электромагнитных излучений от радиочастотных источников и выборе норм руководствуются, в зависимости от источника возникновения, следующими нормативными документами:

1 СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи.

2 СН № 2666-83. Предельно допустимые уровни плотности потока энергии, создаваемой микроволновыми печами.

3 ГН 2.1.8/2.2.4.019-94. Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия электромагнитных излучений, создаваемых системами сотовой радиосвязи.

4 СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

Прибор для измерения электромагнитных излучений радиочастотного диапазона

Измеритель электромагнитных излучений ПЗ-40 (рис. 8) обеспечивает измерение напряженности, E , В/м и плотности потока энергии, ППЭ, $\text{мкВт}/\text{см}^2$ в диапазоне частот от 30 кГц до 40 ГГц для целей контроля норм по электромагнитной безопасности.

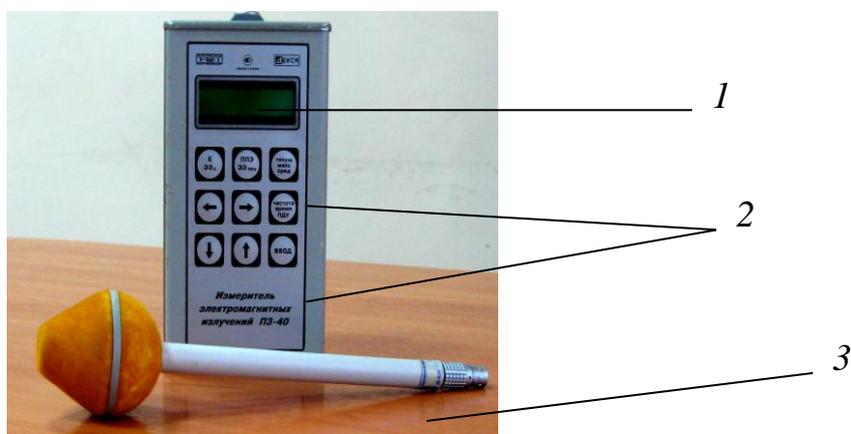


Рис. 8. Измеритель электромагнитных излучений ПЗ-40:
1 – дисплей; 2 – панель управления; 3 – антенна-преобразователь

Диапазон частот и пределы измерения прибора изменяются в зависимости от использования антенны-преобразователя определенного типа (табл. 4).

Таблица 4

Технические характеристики ПЗ-40

Тип антенны-преобразователя	Диапазон частот	Пределы измерения	
		Напряженность электрического поля, Е, В/м	Плотность потока энергии, ППЭ, мкВт/см ²
АП-1	0,3–40 ГГц	1-615	0,26-100000
АП-3	0,03-300 МГц	5-615 для частот 30–100 кГц	6,6-100000 для частот 30–100 кГц
		3-615 для частот 0,1–300 МГц	3-615 для частот 0,1–300 МГц

Питание прибора осуществляется от 4 аккумуляторных батарей, встраиваемых в батарейный отсек. Время заряда батарей в зарядном устройстве – 5 ч, время непрерывной работы в составе измерителя – 8 ч.



Рис. 9. Панель управления прибора

Виды обработки результатов измерения в измерительном устройстве:

- усреднение текущих значений ППЭ и напряженности электромагнитного излучения за истекшие 6 мин;
- выбор максимальных значений ППЭ и напряженности электромагнитного излучения из текущих значений за истекшие 6 мин;
- хранение в памяти процессора средних и максимальных значений;
- расчет экспозиции облучения за время проведения измерений.

Порядок работы с прибором

1 Установить тумблер, находящийся на торце корпуса, в положение ВКЛ. После этого на табло прибора появляется надпись АНТЕННА 1. Для начала работы необходимо набрать номер используемой антенны кнопками (стрелки вверх-вниз). После выбора номера нажать кнопку ВВОД. При этом в правом

нижнем углу табло появляется мерцающий значок «*». При включении прибора табло показывает текущее значение напряженности поля, E, В/м.

2 Нажатиями кнопки ЧАСТОТА-ВРЕМЯ-ПДУ устанавливаются частота измеряемого электромагнитного излучения, временное значение таймера, предельные значения допустимых уровней всех измеряемых параметров. В этом режиме вместо «*» появляется мерцающий курсор «_». Для установки требуемого численного значения выбранного параметра используются кнопки со стрелками влево-вправо для перемещения курсора, а стрелками вверх-вниз для увеличения или уменьшения цифры выбранной позиции. При нажатии кнопки «ВВОД» новое значение параметра заносится в память устройства, а курсор перестает мигать. Последовательное нажатие кнопки «ЧАСТОТА-ВРЕМЯ-ПДУ» дает возможность просмотра всех установленных значений.

3 Режим измерения устанавливается кнопками клавиатуры верхнего ряда.

Кнопка «E/ЭЭ_E» устанавливает режим индикации напряженности поля, E, V/m (В/м) или энергетической экспозиции в $((V/m)^2 \cdot \text{ч})$, вычисленной по формуле:

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 \cdot t,$$

где t – время с момента включения прибора, ч.

Значение энергетической экспозиции вычисляется автоматически.

Кнопка «ППЭ/ЭЭ_{ППЭ}» устанавливает режим индикации плотности потока энергии в $\mu W/cm^2$ (мкВт/см²), вычисленной по формуле:

$$\text{ППЭ} = E^2 / 3,77.$$

Повторное нажатие этой кнопки задает вывод на табло значения энергетической экспозиции в $\mu W/cm^2 \cdot \text{ч}$, вычисленной по формуле:

$$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \cdot t,$$

где t – время с момента включения прибора, час.

4 В случае измерения напряженности поля или плотности потока энергии кнопкой «ТЕКУЩ-МАКС-СРЕДН» можно установить вид измерений соответственно – текущих, максимальных, средних значений. При этом в правом верхнем углу верхней строки табло индицируется размерность измеряемого параметра, а в левом – вид измерений: «max» – максимальное за прошедшие с начала измерения 6 мин, «avg» – среднее арифметическое за тот же интервал времени, при индикации текущих измеряемых значений название не указывается.

При индикации ЭЭ_E или ЭЭ_{ППЭ} кнопка «ТЕКУЩ-МАКС-СРЕДН» не действует.

5. При превышении в процессе измерений ПДУ в середине верхней строки индицируется «*****». Если превышенные значения напряженности или плотности потока энергии снижаются до пределов ПДУ, то «*****» исчезают.

Порядок проведения измерений и оформление результатов

Объект исследования – СВЧ-печь.

1 Зарисовать в отчете (см. приложение) схему СВЧ-печи с намеченными точками для измерения.

2 Прикрепить к измерителю антенну АП-1, соответствующую по частотному диапазону рабочей частоте микроволновой печи.

3 Включить прибор, выставить рабочую частоту СВЧ-печи и ПДУ согласно порядку работы с измерителем.

4 Подключить микроволновую печь к электрической сети.

5 Открыть дверцу печи и поставить в нее стеклянную банку или чашку с водой, так как без нагрузки включать ее недопустимо. Дверцу закрыть.

6 Включить СВЧ-печь на 5 мин в режиме разогрева мощностью 100 Вт. Для этого на пульте управления печи установить переключатель в положение «5 мин» и нажать кнопку «СТАРТ».

7 Выполнить измерения в намеченных местах, располагая антенну перпендикулярно к объекту исследования в каждой точке (вплотную и на расстоянии 0,2 м), и записать полученные значения в бланк отчета.

8 Повторить измерения в других режимах работы СВЧ-печи с мощностями от минимальной к максимальной.

9 Сравнить максимальные значения при измерениях «вплотную» и на расстоянии 0,2 м для всех режимов работы СВЧ-печи с ПДУ.

10 Сделать вывод.

Объект исследования – *мобильные телефоны.*

1 Прикрепить к измерителю антенну АП-1, соответствующую по частотному диапазону рабочей частоте мобильного телефона.

2 Включить прибор ПЗ-40, выставить рабочую частоту мобильного телефона и ПДУ согласно порядку работы с измерителем.

3 Записать в таблицу название телефона и оператора связи.

4 Включить телефон в режим приема и положить на стол, расположить антенну прибора в непосредственной близости от лицевой части корпуса сотового телефона, при разговоре прилегающей к голове пользователя.

5 Записать ряд текущих измеренных значений ППЭ в таблицу бланка отчета. Максимальное значение из текущих измеренных внести в соответствующую графу.

6 Повторить измерения при других режимах работы телефона: разговор и передача.

7 Произвести аналогичные измерения для других нескольких моделей сотовых телефонов, записав измеренные значения в таблицу.

8 Начертить графики значений ППЭ для каждой модели телефона для трех режимов пользования ими.

9 Сравнить максимальные значения с ВДУ.

10 Сделать вывод.

Контрольные вопросы

1 Какие в настоящее время существуют наиболее типичные источники электромагнитных излучений радиочастотного диапазона?

2 Какими нормативными документами руководствуются при проведении измерений ЭМИ радиочастотного диапазона?

3 Каким прибором измеряются параметры электромагнитных излучений радиочастот?

4 В каких диапазонах частот проводятся измерения электромагнитного поля от мобильных телефонов и СВЧ-печей?

5 Что такое энергетическая экспозиция?

Лабораторная работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

Цель работы

- изучить приборы и методику определения физических характеристик электромагнитного поля от источников;
- получить практические навыки в проведении измерений физических характеристик электромагнитных полей;
- оценить соответствие измеренных значений нормам.

Общие сведения об источниках электромагнитных полей промышленной частоты

Основными источниками электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) являются элементы токопередающих систем различного напряжения (линии электропередач, контактная сеть, распределительные устройства, их составные части), электроприборы и аппаратура промышленного и бытового назначения, потребляющая электроэнергию.

Линия электропередачи (ЛЭП) – сооружение, состоящее из проводов и вспомогательных устройств, предназначенное для передачи или распределения электрической энергии. Линии электропередач, являясь основным звеном энергосистемы, вместе с электрическими подстанциями образуют электрические сети.

Различают воздушные линии электропередач, провода которых подвешены над землей или над водой, и подземные (подводные) ЛЭП, где используются, главным образом, силовые кабели. Воздушные линии электропередач являются одним из основных звеньев современных энергосистем. Напряжение в линии зависит от ее протяженности и передаваемой по ней мощности.

Для воздушных ЛЭП переменного тока принята следующая шкала напряжений: 35, 110, 150, 220, 330, 400, 500 и 750 кВ. Напряжение 35 кВ широко используется для создания центров питания электрических сетей (6 и 10 кВ). Распределительные сети большинства энергосистем имеют напряжение 110 кВ. Линии электропередач протяженностью порядка 100 км сооружают на напряжение 220–330 кВ. ЛЭП с напряжением 500 кВ сооружают главным образом для передачи электроэнергии на большие расстояния (свыше 100 км).

Допустимое расстояние от нижней точки провода до земли составляет в ненаселенной местности 5–7 м, а в населенной – 6–8 м.

Бытовые приборы – приборы, в которых электрическая энергия преобразуется либо в механическую, либо в тепловую (вентиляторы, холодильники, нагреватели.) Наиболее мощными бытовыми электроприборами (имеется в виду создаваемое ЭМП) являются различного рода электроплиты, грили, холодильники, кухонные вытяжки. Их технические характеристики: рабочая частота 50 Гц, напряжение питания 220 В, потребляемая мощность от 150 до 2000 Вт.

Допустимые уровни физических факторов (в т. ч. ЭМП), обеспечивающие безопасное и безвредное для здоровья человека применение товаров народного потребления в бытовых условиях, устанавливаются «Межгосударственными санитарными правилами и нормами МСанПиН 001-96» «Санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях».

При проведении измерений характеристик электромагнитного поля частотой 50 Гц на рабочих местах и выборе норм руководствуются СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

В соответствии с этим документом оценка электромагнитного поля осуществляется отдельно по напряженности электрического поля, E , кВ/м, напряженности магнитного поля, H , А/м или индукции магнитного поля B , мкТл. Нормирование ЭМП 50 Гц на рабочих местах дифференцировано в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле. Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м. При напряженностях больше или меньше этого значения рассчитывается допустимое время пребывания в зоне электрического поля в часах:

$$T = \frac{50}{E} - 2,$$

где T – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч;

E – напряженность воздействующего ЭП в контролируемой зоне, кВ/м.

В зависимости от вида воздействия поля на организм работника: общего (на все тело) или локального (на конечности) устанавливаются предельно допустимые уровни напряженности периодических магнитных полей, табл. 5.

Таблица 5

ПДУ воздействия периодического магнитного поля частотой 50 Гц

Время пребывания, ч	Допустимые уровни МП, Н А/м / В, мкТл при воздействии	
	общем	локальном
≤1	1600 / 2000	6400 / 8000
2	800 / 1000	3200 / 4000
4	400 / 500	1600 / 2000
8	80 / 100	800 / 1000

Применительно к населению регламентируется только величина напряженности электрического поля. В соответствии с СанПиН № 2971-84 «Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты» в качестве ПДУ приняты следующие значения:

- на территории жилой застройки – 1 кВ/м;
- в населенной местности, вне зоны жилой застройки (в т. ч. огороды и сады, курорты, пригородные зоны) – 5 кВ/м;
- на участках пересечения ЛЭП с автомобильными дорогами – 10 кВ/м;
- в ненаселенной местности, часто посещаемой людьми – 15 кВ/м;
- в труднодоступной местности (не доступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения – 20 кВ/м.

Методика проведения измерений ЭМП 50 Гц

1 При проведении измерений необходимо соблюдать расстояния от токоведущих частей электроустановок, установленные требованиями безопасности при эксплуатации.

2 Контроль уровней ЭП и МП должен осуществляться во всех зонах возможного нахождения человека при выполнении им работы вблизи электроустановок.

3 Измерения напряженности ЭП и МП должны проводиться на высотах: 0,5; 1,5 и 1,8 м от поверхности земли, пола помещения, площадки.

4 Измерения необходимо производить при наибольшем рабочем напряжении и максимальном рабочем токе электроустановки.

5 Регистрируются максимальные измеренные значения и сравниваются с нормативными.

Приборы для измерения электромагнитных полей 50 Гц

Прибор ПЗ-50 (рис. 10) предназначен для измерения напряженности электрического поля частотой 50 Гц.

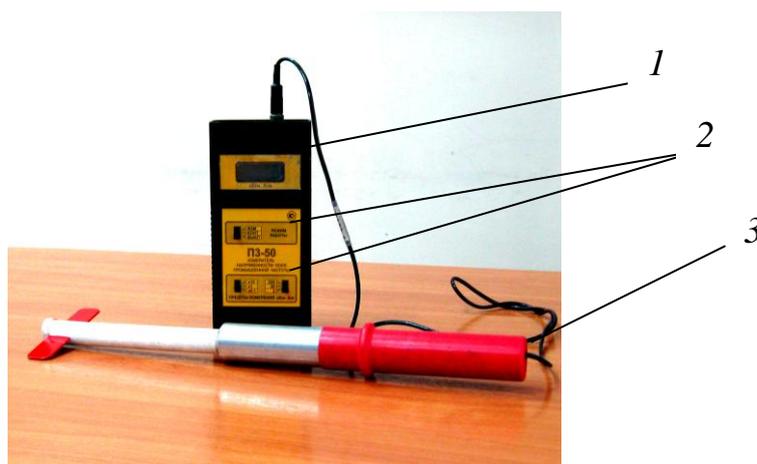


Рис. 10. Внешний вид ПЗ-50:

1 – дисплей; 2 – панель управления; 3 – антенна-преобразователь

Технические характеристики прибора:

– интервал частот от 48 до 52 Гц;

- диапазон измерения напряженности ЭП от 0,01 до 100 кВ/м;
 - время становления рабочего режима 3 мин.
- Питание измерителя осуществляется от четырех встроенных батарей.



Рис. 11. Панель управления прибора

Порядок работы с прибором

Подключить кабель КЗ-50 к разъему на хвостовой части антенны-преобразователя (АП) типа ЕЗ-50. Накрутить на нее пластмассовую ручку. Подключить разъем на свободном конце кабеля к ответной части на УОЗ-50.

Установить переключатели: ВЫКЛ/КОНТ/ИЗМ в положение КОНТ, $\times 0,1/\times 1/\times 10$ – на $\times 1$; 2/20/200 – на 200. При этом на индикаторе УОЗ-50 появится контрольное число, соответствующее напряжению питания прибора. Это число должно находиться в пределах от $-100,0$ до $+150,0$. Если контрольное число станет менее $-100,0$ или в левом верхнем углу появится символ LO BAT, значит, элементы питания полностью разряжены, необходимо их заменить. Иначе погрешность измерения будет выше допустимой.

Установить переключатель: ВЫКЛ/КОНТ/ИЗМ в положение ИЗМ, а переключателями $\times 0,1/\times 1/\times 10$ и 2/20/200 подобрать оптимальный предел измерения. Наиболее оптимальным для проведения измерений является предел, на котором можно получить максимальное количество значащих цифр.

Поместить АП в измеряемое поле. Изменяя направление АП, добиться максимального показания на индикаторе.

Прибор ВММ-3000 (рис. 12) предназначен для измерения индукции магнитного поля.

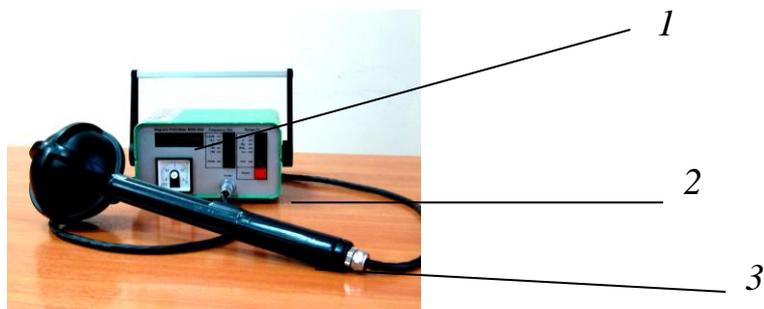


Рис. 12. Внешний вид ВММ-3000:

1 – дисплей; 2 – панель управления; 3 – антенна-преобразователь

Технические характеристики прибора:

- рабочие частоты: 2–2000, 16,7 100, 150 и 50 Гц;
- пределы измерения: 200 нТл, 2, 20, 200 мкТл и 2 мТл.

Питание прибора осуществляется от шести батарей.

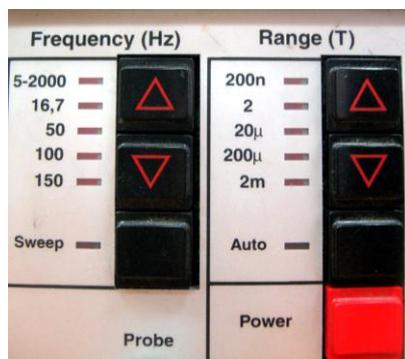


Рис. 13. Панель управления прибора

Порядок работы с прибором

- 1 Включить прибор (клавиша Power).
- 2 Выставить предел измерения (клавиши со стрелками панели Range (T)).
- 3 Переключить на частоту 50 Гц (клавиши со стрелками панели Frequency (Hz)).
- 4 Поместить антенну в измеряемое магнитное поле. Медленно вращая ее, добиться максимальных показаний.
- 5 Если на индикаторе высвечивается Overload, то значение магнитной индукции превышает выставленный предел измерений и его надо увеличить.
- 6 Символ батареи на экране прибора свидетельствует о том, что батареи надо заменить.

Порядок проведения измерений и оформления результатов

Объект исследования – *воздушная ЛЭП*.

1 На участке земли, прилегающем к воздушной ЛЭП, наметить 5 точек от проекции крайних проводов ЛЭП на землю в сторону жилой застройки. Точки для замеров должны располагаться по мере удаления от ЛЭП и расстояние между ними должно быть 1 м.

2 Измерить в каждой из намеченных точек с помощью прибора ПЗ-50 напряженность электрического поля в В/м на трех высотах: 0,5, 1,5 и 1,8 м от поверхности земли. Записать полученные данные (максимальные значения) в таблицу в бланке отчета (прил. 1).

3 Аналогично (см. п. 2) провести измерения магнитной индукции в мкТл в каждой точке, зафиксировать максимальные значения в таблице. Перевести значения магнитной индукции (мкТл) в напряженность магнитного поля (А/м), формула приведена в бланке отчета, и также записать.

4 По наибольшим результатам замеров на высоте 1,8 м построить график.

5 Сравнить полученные данные с нормированными значениями.

6 Сделать вывод.

Объект исследования – *бытовые приборы* (электропечь, тепловентилятор).

1 Нарисовать эскизы объектов исследования в бланк–отчета (вид сверху) с намеченными точками для измерения.

2 Измерить в каждой из намеченных точек с помощью прибора ПЗ-50 напряженность электрического поля в В/м на разных расстояниях (вплотную к поверхности и на расстоянии 0,20 м). Измерения проводить для разных режимов работы приборов по величине мощности. Записать полученные данные (максимальные значения) в таблицу (см. прил. 1).

3 Аналогично (см. п. 2) провести измерения магнитной индукции в мкТл в каждой точке, зафиксировать их максимальные значения в таблице.

4 Сделать вывод.

Контрольные вопросы

1 Какие в настоящее время существуют наиболее типичные источники электромагнитных полей промышленной частоты?

2 Каким нормативным документом руководствуются при проведении измерений электромагнитных полей промышленной частоты?

3 Каким прибором проводят измерения параметров электрического поля промышленной частоты?

4 Каким прибором измеряют параметры магнитного поля промышленной частоты?

5 Какую методику используют для проведения измерений параметров ЭМП промышленной частоты?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков [и др.] ; под общ. ред. С.В. Белова. – 6-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 2006. – 616 с. : ил.
- 2 **Шумилин, В.** ПЭВМ. Защита пользователя / В. Шумилин – М. : Ред. журнала «Охрана труда и социальное страхование», 2001. – 213 с.
- 3 **Авраамов, Ю.С.** Защита человека от электромагнитных воздействий / Ю.С. Авраамов, Н.Н. Грачев, А.Д. Шляпин – М. : МГИУ, 2002. – 232 с.
- 4 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М., 2003.
- 5 СанПиН 2.2.2.1332-03. Гигиенические требования к организации работы на копировально-множительной технике. – М., 2003.
- 6 СанПиН 2.2.4.1294-03. Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений. – М., 2003.
- 7 СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи. – М., 2003.
- 9 ГН 2.1.8/2.2.4.019-94. Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия электромагнитных излучений, создаваемых системами сотовой радиосвязи. – М., 1994.
- 10 СН № 2666-83. Предельно допустимые уровни плотности потока энергии, создаваемой микроволновыми печами. – М., 1983.
11. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 21 июня 2016 г. № 81).
12. СанПиН № 2971-84. Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты. – М., 1984.
- 13 Межгосударственные санитарные правила и нормы МСанПиН 001-96. Санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях. – М., 1996.

ФИО студента _____
Группа _____
Лабораторная работа

Исследование электромагнитной обстановки вокруг ПЭВМ

Цель работы:

Приборы:



Технические характеристики приборов:

Нормативные документы:

Эскизы рабочих мест с ПЭВМ (вид сверху и сбоку):

Результаты измерений плотности потока энергии от Wi-Fi

Наименование параметров и диапазон частот		ПДУ				
			А	Б	В	Г
ЖК-монитор (ноутбук)						
Плотность потока энергии	300 МГц – 300 ГГц	10 мкВт/см ²				

Результаты измерений плотности потока энергии от USB-модема

Наименование параметров и диапазон частот		ПДУ				
			А	Б	В	Г
ЖК-монитор (ноутбук)						
Плотность потока энергии	300 МГц – 300 ГГц	10 мкВт/см ²				

Вывод:

Выполнил:

Принял:

Дата:

ФИО студента _____

Группа _____

Лабораторная работа

Исследование напряженности электростатического поля

Цель работы:

Прибор: _____



Технические характеристики прибора

Нормативные документы:

ФИО студента _____
Группа _____

Лабораторная работа
Исследование содержания аэроионов в воздухе помещений

Цель работы:

Прибор: _____



Технические характеристики прибора:

Нормативные документы:

Результаты измерений

№	Помещение с ПЭВМ				Помещение без ПЭВМ			
	Количество ионов в воздухе							
	до вкл. люстры Чижевского		после вкл. люстры Чижевского		до проветривания		после проветривания	
	n^-	n^+	n^-	n^+	n^-	n^+	n^-	n^+
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
Σ								
Средн.арифм.								

Расчеты коэффициентов униполярности по формуле: $U = n^+ / n^-$

Помещение с ПЭВМ						Помещение без ПЭВМ						ПДУ
Средн.арифм. количество ионов в воздухе и коэффициент униполярности												
до вкл. люстры Чижевского			после вкл. люстры Чижевского			до проветривания			после проветривания			
n^-	n^+	U_1	n^-	n^+	U_2	n^-	n^+	U_3	n^-	n^+	U_4	
												$400 \leq n^- < 50\ 000$ $400 \leq n^+ < 50\ 000$ $0,4 = U \leq 1,0$

Вывод:

Выполнил:

Принял:

Дата:

ФИО студента _____
Группа _____

Лабораторная работа
Исследование электромагнитных излучений от источников радиочастот

Цель работы:

Прибор: _____



Технические характеристики прибора:

Нормативные документы:

Эскиз СВЧ-печи (вид сверху) с точками замеров:

Результаты измерений ЭМИ от СВЧ-печи

Частота, МГц	Режим, W, Вт	ППЭ _{тек.} , мкВт/см ²								ППЭ _{max} , мкВт/см ²	ПДУ, мкВт/см ²
		1		2		3		4			
		впл.	0,2	впл.	0,2	впл.	0,2	впл.	0,2		
2450	100									10	
	180										
	300										
	450										
	600										
	700										
	800										

Результаты измерения ЭМИ от сотовых телефонов

№ п/п	Модель телефо- на	Опе- ратор	Режим работы	Часто- та, МГц	ППЭ, мкВт/см ²						ВДУ, мкВт/см ²
					Текущие					max	
					1	2	3	4	5		
1			прием	900						100	
			передача								
			разговор								
2			прием							100	
			передача								
			разговор								
3			прием							100	
			передача								
			разговор								
4			прием							100	
			передача								
			разговор								
5			прием							100	
			передача								
			разговор								
6			прием							100	
			передача								
			разговор								
7			прием							100	
			передача								
			разговор								
8			прием							100	
			передача								
			разговор								
9			прием							100	
			передача								
			разговор								
10			прием							100	
			передача								
			разговор								
11			прием							100	
			передача								
			разговор								



Графики замеров ЭМИ от сотовых телефонов

Вывод:

Выполнил:

Принял:

Дата:

ФИО студента _____
Группа _____

Лабораторная работа
**Определение параметров электромагнитных полей
промышленной частоты**

Цель работы:

Приборы: _____



Технические характеристики приборов ПЗ-50 и ВММ-3000

Методика проведения измерений ЭМП 50Гц:

Нормативные документы:

Результаты измерений электромагнитного поля под ВЭЛ

Вре- мя возд., час	ПДУ раб. ме- ста/жилая застройка	Номера точек замеров по высоте, м														
		1			2			3			4			5		
		0,5	1,5	1,8	0,5	1,5	1,8	0,5	1,5	1,8	0,5	1,5	1,8	0,5	1,5	1,8
Напряженность электрического поля, E, кВ/м																
8	5/1															
4	/-															
2	/-															
1	/-															
Напряженность магнитного поля, H, А/м (В, мкТл)																
8	80(100)/-															
4	400(500)/-															
2	800(1000)/-															
1	1600(2000)/-															

Вычисление ПДУ по времени воздействия для напряженности электрического поля по формуле:

$$E = \frac{50}{T + 2},$$

где T – время пребывания в ЭП, ч.

Для $T = 4$ ч. $E =$ _____

Для $T = 2$ ч. $E =$ _____

Для $T = 1$ ч. $E =$ _____

Формула для перевода мкТл в А/м: $H = B \cdot 0,8$

E, кВ/м

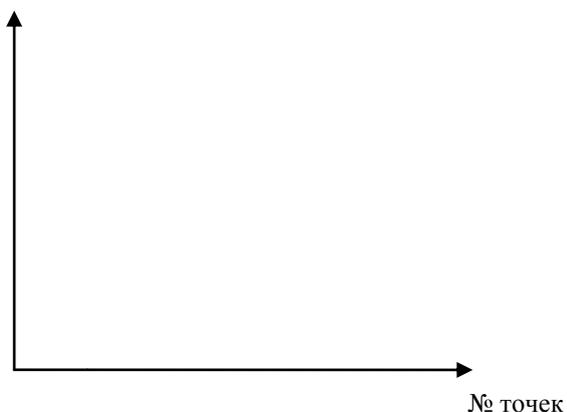


График распределения измеренных значений E, В/м от ВЭЛ

Результаты измерений электромагнитного поля от бытовых приборов

№	Хар-ка ЭМП	Режим работы (W, Вт)	ПДУ	Точки замеров							
				1		2		3		4	
				впл.	0,2м	впл.	0,2м	впл.	0,2м	впл.	0,2м
Электродуховка											
1	E, кВ/м	150	0,5								
		300									
		600									
2	B, мкТл	150									
		300									
		600									
Тепловентилятор Delongi											
1	E, кВ/м	1000	0,5								
		2000									
2	B, мкТл	1000									
		2000									

Вывод:

Выполнил:

Принял:

Дата:

Учебное издание

Переверзев Игорь Геннадьевич
Чубарь Евгения Петровна

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И ЗАЩИТА ОТ НИХ

Печатается в авторской редакции
Технический редактор Т.И. Исаева

Подписано в печать 17.10.17. Формат 60×84/16.
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 3,0.
Тираж экз. Изд. № 9065. Заказ .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС

Адрес университета: 344038, Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка
Народного Ополчения, д. 2