Энгельсский технологический институт

ЭТИ СГТУ имени ГАГАРИНА Ю.А.

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых
и пищевых производств»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНОСТИ ПОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Методические указания
к лабораторной работе
по курсу «Безопасность жизнедеятельности»
для студентов направлений

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
09.03.04 «Программная инженерия»
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
18.03.01 «Химическая технология»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»
29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности»

очной и заочной формы обучения

Электронное издание локального распространения

Энгельс 2025

Цель работы: ознакомиться с характеристиками электромагнитного излучения в химико-технологических процессах, нормативными требованиями к электромагнитному излучению, определить уровень напряженности электрического поля на рабочем месте в зависимости от вида источника и расстояния от источника. Оценить эффективность защиты от электромагнитного излучения с помощью экранов.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Среди различных физических факторов окружающей среды, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на человека, большую сложность представляют электромагнитные поля, так как они не видимы человеческим глазом. В химико-технологических процессах используются различные приборы и оборудование, в результате работы, которых образуются электромагнитные поля и излучения различной частоты.

Источниками электромагнитных излучений являются природные и антропогенные источники электромагнитных полей. К природным источникам электромагнитных полей относят: электромагнитное поле Земли, космические источники (Солнце, звезды и т.д.), атмосферные процессы - разряды молний и т.д. Антропогенные источники электромагнитных полей классифицируются:

1) Источники низкочастотных излучений (0 - 3 кГц) (линии электропередачи, трансформаторные подстанции, электростанции, различные кабельные системы), домашнюю и офисную электро- и электронную технику, в том числе и мониторы ПК, транспорт на электроприводе, ж/д транспорт и его инфраструктуру, а также метро, троллейбусный и трамвайный транспорт.

2) Источники высокочастотных излучений (от 3 кГц до 300 ГГц). функциональные передатчики - (радио, телевидение), радиотелефоны (авто-, радиотелефоны), направленная радиосвязь (спутниковая радиосвязь, наземные релейные станции), навигация (воздушное сообщение, судоходство, радиоточка), локаторы (воздушное сообщение, судоходство, транспортные локаторы, контроль за воздушным транспортом). Сюда же относится различное технологическое оборудование, использующее СВЧ-излучение, бытовое оборудование (СВЧ-печи).

Воздействие электромагнитных полей на организм человека

Степень биологического воздействия электромагнитных полей на организм человека зависит от частоты колебаний, напряженности и интенсивности поля, его режима (импульсное, непрерывное) и длительности воздействия. Биологическое воздействие полей разных диапазонов неодинаково. Особенно чувствительны к неблагоприятному воздействию электромагнетизма эмбрионы и дети.

Наиболее чувствительными к действию электромагнитных полей являются центральная нервная система (субъективные ощущения при этом - повышенная утомляемость, головные боли и т. п) и нейроэндокринная система. Электромагнитные поля могут оказывать воздействие на глаза, приводящее к возникновению катаракты (помутнению хрусталика).

В результате длительного пребывания в зоне действия электромагнитных полей наступают преждевременная утомляемость, сонливость или нарушение сна, появляются частые головные боли, наступает расстройство нервной системы и др. Многократные повторные облучения малой интенсивности могут приводить к стойким функциональным расстройствам центральной нервной системы, стойким нервно-психическим заболеваниям, изменению кровяного давления, замедлению пульса, трофическим явлениям (выпадению волос, ломкости ногтей и т. п.).

Основные характеристики электромагнитного поля

Электромагнитные поля - это особая форма существования материи, характеризующаяся совокупностью электрических и магнитных свойств.

Электромагнитное поле характеризуется *частотой излучения f*, измеряемой в герцах, или *длиной волны λ,* измеряемой в метрах. Электромагнитная волна распространяется

в вакууме со скоростью света (3×10^8 м/с), и связь между длиной и частотой электромагнитной волны определяется зависимостью

$$F = c / \lambda, \qquad (1)$$

где c – скорость света.

Скорость распространения волн в воздухе близка к скорости их распространения в вакууме.

Электромагнитное поле обладает энергией, а электромагнитная волна, распространяясь в пространстве, переносит эту энергию. Электромагнитное поле имеет электрическую и магнитную составляющие.

Характеристикой электрической составляющей ЭМП является *напряженность электрического поля E,* единицей измерения которой является В/м.

Характеристикой магнитной составляющей ЭМП является *напряженность магнитного поля H* (А/м).

Энергию электромагнитной волны принято характеризовать *плотностью потока энергии (ППЭ)* — энергией, переносимой электромагнитной волной в единицу времени через единичную площадь. Единицей измерения ППЭ является Вт/м^2.

Классификация электромагнитных полей. В настоящее время наиболее широкое применение в различных отраслях находит электромагнитная энергия неионизирующей части спектра. Электромагнитные поля классифицируются по частотным диапазонам или длине волны. Большую часть спектра неионизирующих электромагнитных излучений (ЭМИ) составляют *радиоволны* (3 Гц...3000 ГГц), меньшую часть - колебания оптического диапазона (инфракрасное, видимое, ультрафиолетовое излучение).

Классификация волн, определяемая длиной (или частотой) волны, представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Классификация электромагнитных волн

Вид ЭМП	Частотный диапазон	Длина волн
Неионизирующие излучения		
Радиочастотные		
Крайненизкочастотные КНЧ	3-30 Гц	100-10 Мм
Средненизкочастотные СНЧ	30-300 Гц	10-1 Мм
Инфранизкочастотные ИНЧ	0,3-3 кГц	1000-100 км
Очень низкие ОНЧ	3-30 кГц	100-10 км
Низкочастотные НЧ	30-300 кГц	10-1 км
Среднечастотные СЧ	0,3-3 МГц	1-0,1 км
Высокочастотные ВЧ	3-30 МГц	100-10 м
Очень выскочастотные ОВЧ	30-300 МГц	10-1 м
Ультравысокочастотные УВЧ	0,3-3 ГГц	1-0,1 м
Сверхвысокочастотные СВЧ	3-30 ГГц	10-1 см
Крайневысокочастотные КВЧ	30-300 ГГц	10-1 мм
Гипервысокочастотные ГВЧ	300-3000 ГГц	1-0,1 мм
Оптические		
Инфракрасные (тепловое излучение)	$0.75 \cdot 10^{12}$ - $395 \cdot 10^{12}$ Гц	$0.4 \cdot 10^{-3}$ – 0.76 мкм
Световые волны	$395 \cdot 10^{12}$ - $750 \cdot 10^{12}$ Гц	0.76 - 0.4 мкм
Ультрафиолетовые лучи	$750 \cdot 10^{12}$ – $1.5 \cdot 10^{17}$ Гц	0.4 – 20 Å
Ионизирующие излучения		
Рентгеновские	$1.5 \cdot 10^{17}$ - $5 \cdot 10^{19}$ Гц	20 – 0.06 Å
γ - лучи	более $5 \cdot 10^{19}$ Гц	менее 0.06 Å

Электромагнитное излучение (поле) промышленной частоты и радиочастотного диапазона.

Электромагнитные поля промышленной частоты относятся к сверхчастотному диапазону радиочастотного спектра и широко распространены в химическом производстве. К ним относятся линии электропередач (ЛЭП) напряженностью до 1150 кВ, открытые распределительные устройства, включающие коммуникационные аппараты, устройства защиты и автоматики, измерительные приборы. Они являются источниками электрических и магнитных полей промышленной частоты (50Гц).

Источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона являются линии питания высокочастотной энергией, высокочастотные трансформаторы, генераторные установки, радиолокационные станции, радиопередатчики, установки высокочастотной термообработки и т.д.

Нормирование электромагнитных излучений (ЭМИ) промышленной частоты (50 Гц) в рабочей зоне осуществляется по предельно-допустимым уровням напряженности электрического и магнитных полей частой 50 Гц, в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируются ГОСТ 12.1.002-84 «Электрические поля (ЭМП) промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах», а СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 «Гипогеомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях» и СанПиН 1.2.3685-21 ««Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Присутствие персонала на рабочем месте в течение 8 часов допускается при напряженности электрического поля не превышающей 5 кВ/м.

Допустимое время пребывания, обслуживающего персонала установки промышленной частоты при напряженности электрического поля Е = 5-20 кВ/м определяется по формуле:

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

где T - допустимое время нахождения в зоне с напряженностью электрического поля E в часах; E - напряженность электрического поля в кВ/м.

Расчет по формуле допускается в пределах от 0,5 до 8,0 ч.

При напряженности электрического поля 20 – 25 кВ/м время пребывания персонала в зоне излучения не должно превышать 10 мин.

Нормирование ЭМИ радиочастотного диапазона осуществляется в соответствии с «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Электромагнитные поля в диапазоне 30 кГц - 30 МГц оцениваются по напряженности электрической (Е) и магнитной (Н) составляющих, а в диапазоне 30 МГц – 300 ГГц по поверхностной плотности потока энергии (ППЭ):

$$E = \sqrt{\frac{ЭН_E}{T}}; \qquad \textbf{(3)}$$

$$H = \sqrt{\frac{ЭН_H}{T}}; \qquad \textbf{(4)}$$

$$ППЭ = \frac{КЭН_{ППЭ}}{T} \qquad \textbf{(5)}$$

где ЭН – энергетическая нагрузка, представляющая собой суммарный поток энергии, приходящийся на единицу облучаемой поверхности за время облучения Т, К- коэффициент

ослабления биологической активности, равный 1 – для всех случаев воздействия; 10 – для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн.

Предельно допустимые значения энергетической нагрузки за рабочий день для работающих в условиях электромагнитных излучений представлены в табл.2.

Таблица 2 – Предельно допустимые значения энергетической нагрузки

Параметр, единица измерения	Диапазон частот, МГц			
	0,003…3,0	3-30	30-300	300-300000
$ЭН_E$, (В/(м^2·ч)	20000	7000	800	-
$ЭН_H$, А/(м^2·ч)	200	-	-	-
$ЭН_{ППЭ}$, $\left(\frac{мкВт}{см^2}\right)\cdot ч$	-	-	-	200

Все измерения проводятся на расстоянии 0,5 м от источника электромагнитного излучения (табл. 3).

Таблица 3 – Требования к параметрам излучения

Наименование параметров	**Значение по СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»**
Напряженность ЭМИ в 50 см от источника по электрической составляющей, не более (В/м):	
В диапазоне частот 5Гц-2кГц	25
В диапазоне частот 2 – 400 кГц	2,5
Плотность магнитного потока в 50 см, не более (нТл)	
В диапазоне частот 5Гц-2кГц	250
В диапазоне частот 2 – 400 кГц	25

Методы защиты человека от электромагнитных излучений.

Средства и методы защиты от ЭМП делятся на следующие группы:

- *Организационные мероприятия* предусматривают предотвращение попадания людей в зоны с высокой напряженностью ЭМП, создание санитарно-защитных зон вокруг антенных сооружений различного назначения.
- *Инженерно-технические мероприятия*. Общие принципы, положенные в основу инженерно-технической защиты, сводятся к следующему: электрогерметизация элементов схем, блоков, узлов установки в целом с целью снижения или устранения электромагнитного излучения; зашита рабочего места от облучения или удаление его на безопасное расстояние от источника излучения. Для *экранирования рабочего места используют различные типы экранов: отражающие и поглощающие.*
- *Индивидуальные средства защиты*. В качестве средств индивидуальной защиты рекомендуется специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани, и защитные очки.

Лечебно-профилактические мероприятия должны быть направлены прежде всего на раннее выявление нарушений в состоянии здоровья работающих. Для этой цели предусмотрены предварительные и периодические медицинские осмотры лиц, работающих в

условиях воздействия СВЧ — 1 раз в 12 месяцев, УВЧ и ВЧ-диапазона — 1 раз в 24 месяца.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Описание установки

Принцип работы измерителя электрического поля ИЭП-05 заключается в преобразовании энергии электромагнитного поля с помощью антенны в напряжение, пропорциональное напряженности этого поля.

Измеритель электрического поля ИЭП-05 состоит из индикаторного блока в пластмассовом корпусе, двух датчиков переменного электрического поля (дипольной антенны и дискового пробника) и делителя 1:10. (рис.2)

Рабочий диапазон частот:

- полоса 1: 5 Гц ... 2000 Гц;
- полоса 2: 2 кГц ... 400 кГц.

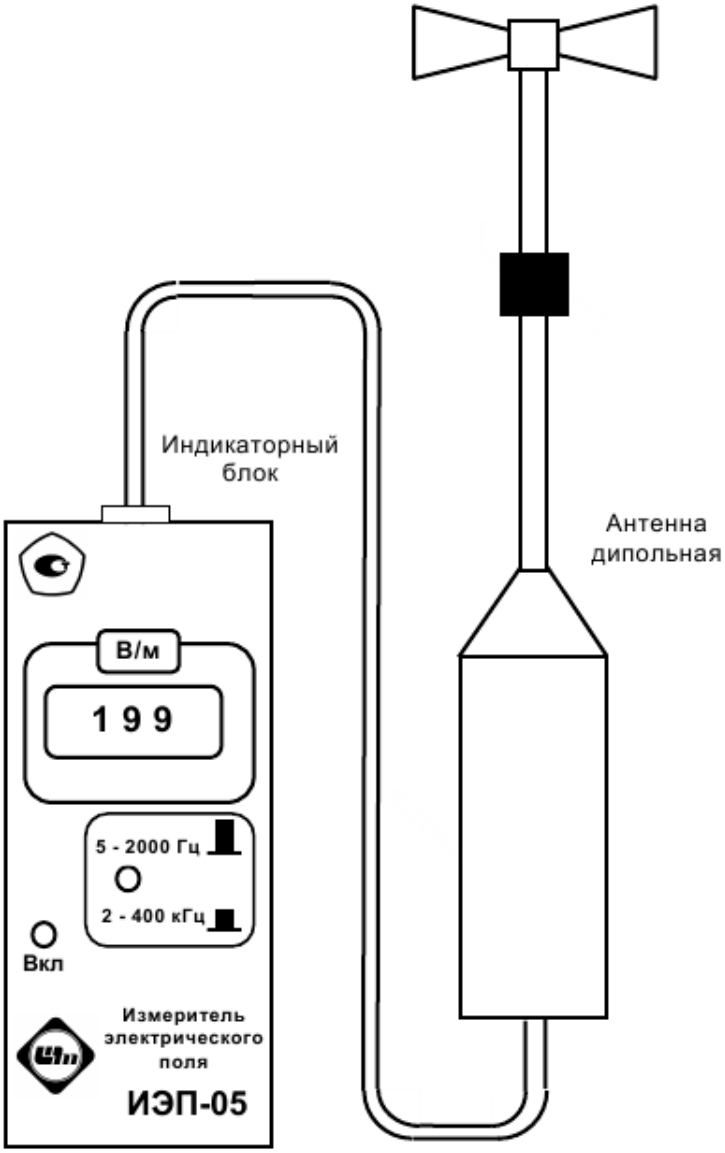


Рисунок 2 – Вид измерителя электрического поля ИЭП-05 с дипольной антенной.

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 5 с.

Максимальное показание индикатора 199 В/м при измерении в полосе 1 и 19,9 В/м при измерении в полосе 2.

При измерении с делителем показания прибора необходимо умножать на 10.

Во избежание выхода из строя прибора запрещается прикасаться руками к диполям антенны!

Порядок работы прибора

Порядок работы с прибором зависит от типа используемого датчика переменного электрического поля: антенны или дискового пробника.

Перед выполнением работы необходимо уточнить задание у преподавателя.

Порядок работы с антенной

1. Подсоедините антенну к разъему на торцевой стенке индикаторного блока.

2. Выберите полосу частот, установив в соответствующее положение кнопочный переключатель на передней панели индикаторного блока.

3. Включите прибор. Через 30 с прибор готов к работе.

4. Измерить напряженность электрического поля на разных расстояниях от источника.

5. Установите антенну прибора так, чтобы точка пересечения оси симметрии антенны с измерительной осью, проходящей через центры диполей, совпала с выбранной (измеряемой) точкой пространства.

6. Сориентируйте антенну в данной точке по максимуму показаний и зафиксируйте показания прибора Еинд. При измерениях учитывайте, что время установления показаний прибора приблизительно равно 5 с.

7. Вычислите значение напряженности поля Еизм по формуле:

$$Е_{изм} = Е_{инд} \cdot Кп \quad [В/м], \qquad (6)$$

где: Кп - частотно-зависимый коэффициент.

Если поле монохроматично и частота его известна, то Кп определяется по графикам для полосы 1 (Кп1) или 2 (Кп2) (Приложение 1). В противном случае коэффициент Кп принимается равным единице.

8. Устанавливать поочередно защитные экраны. В лабораторной работе используются следующие защитные экраны:

* сетка из оцинкованной стали с ячейками 1 мм;
* лист алюминиевой фольги;
* экран из полипропилена;
* экран из резины.

9. По окончании работы выключите прибор, отсоедините антенну от индикаторного блока.

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчёт должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Основные понятия и формулы.
3. Название приборов, используемых в работе.
4. Результаты измерения интенсивности электромагнитного излучения на разных расстояниях от источника излучения при отсутствии и наличии защитных экранов, представленных в виде таблиц.
5. Кривые зависимости $E = f(l)$ по результатам измерения.
6. Вывод об эффективности использования защитных экранов.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К РАБОТЕ

ВАРИАНТ I

I. Измерить с помощью измерителя электрического поля ИЭП-05 с дипольной антенной напряженность поля при различных расстояниях до источника излучения без использования экрана и с экранами $E_{инд}$ и по формуле (6) рассчитать $E_{изм}$, данные занести в табл. 4.

Таблица 4 – Результаты испытания

Условия измерения	Напряженность поля, В/м, при следующих расстояниях до источника излучения, мм					
	0	100	200	300	400	500
При отсутствии защитных экранов						
Сетка из оцинкованной стали с ячейками 1 мм						
Лист алюминиевой фольги						
Экран из полипропилена						
Экран из резины						

2. Построить график зависимости $E_{изм} = f(1)$. Все кривые начертить на одном графике.

3. Сделать вывод об изменение напряженности поля от расстояния до источника электромагнитного излучения и эффективности использования от природы материала защитного экрана. Сравнить полученные значения напряженности электромагнитного поля с нормативными (табл. 3).

4. Рассчитать время пребывания работника (по формуле 3) возле установки при отсутствии защитных экранов и при их наличии, используя значение энергетической нагрузки в соответствующем частотном диапазоне по табл. 2.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дайте определение электромагнитным полям и назовите их источники.
2. Каков механизм воздействия ЭМП на человека?
3. Перечислите основные характеристики электромагнитного поля.
4. Как классифицируются ЭМИ по частотным диапазонам или длине волны?
5. Виды нормирования ЭМИ.
6. Назовите основные методы защиты человека от ЭМИ.
7. На чем основан принцип работы измерителя электрического поля ИЭП-05.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обязательные издания

1. Обязательные издания

1. Борисова, Н. В. Безопасность жизнедеятельности. Лабораторный практикум / Н. В. Борисова, Е. В. Бычкова. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 168 с. — ISBN 978-5-507-46610-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/351905. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Рысин, Ю. С. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / Ю. С. Рысин, С. Л. Яблочников. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2023. — 132 с. — ISBN 978-5-4497-0440-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/124636.html. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей.

3. Безопасность жизнедеятельности : учебник / под редакцией Э. А. Арустамова. — 21-е изд. — Москва : Дашков и К, 2018. — 446 с. — ISBN 978-5-394-02972-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/105582. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Л.А. Муравей [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 431 с. – Режим доступа: http:// www.iprbookshop.ru/7017. – ЭБС «IPRbooks»

2. Дополнительные издания

1. Еременко В.Д. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Еременко В.Д., Остапенко В.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Российский государственный университет правосудия, 2016.— 368 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/49600.html.— ЭБС «IPRbooks».

2. Безопасность жизнедеятельности в химической промышленности : учебник / Н.И. Акинин, Л.К. Маринина, А.Я. Васин [и др.] ; под общей редакцией Н.И. Акинина. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-3891-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/116363

3. Екимова И.А. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие / Екимова И.А. – Электрон. текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2012. – 192 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13876.— ЭБС «IPRbooks»

3. Бурашников, Ю.М. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда на предприятиях пищевых производств : учебник / Ю.М. Бурашников, А.С. Максимов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 496 с. — ISBN 978-5-8114-2497-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/93587

4. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Л.А. Муравей [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 431 с. – Режим доступа: http:// www.iprbookshop.ru/7017. – ЭБС «IPRbooks».

5. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». - М.: Стандартинформ, 2022. – 412 с.

3. Периодические издания

6. Журнал «Безопасность труда в промышленности» https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8430

7. Журнал «Охрана и экономика труда» https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32420

8. Журнал «Экология промышленного производства» https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=9263

4.Интернет-ресурсы

9.http://www.tehdoc.ru; http://www.safety.ru – нормативная документация по охране труда;

10.http://www.mintrans.ru –официальный сайт министерства транспорта РФ;

11.http://www.minzdravsoc.ru – официальный сайт Минздравсоцразвития;

12.http://www.mchs.ru/ -официальный сайт МЧС;

13.http://www.gks.ru/ -официальный сайт федеральной службы государственной статистики;

14.http://www.novtex.ru –научно-практический и учебно-методический журнал БЖД;

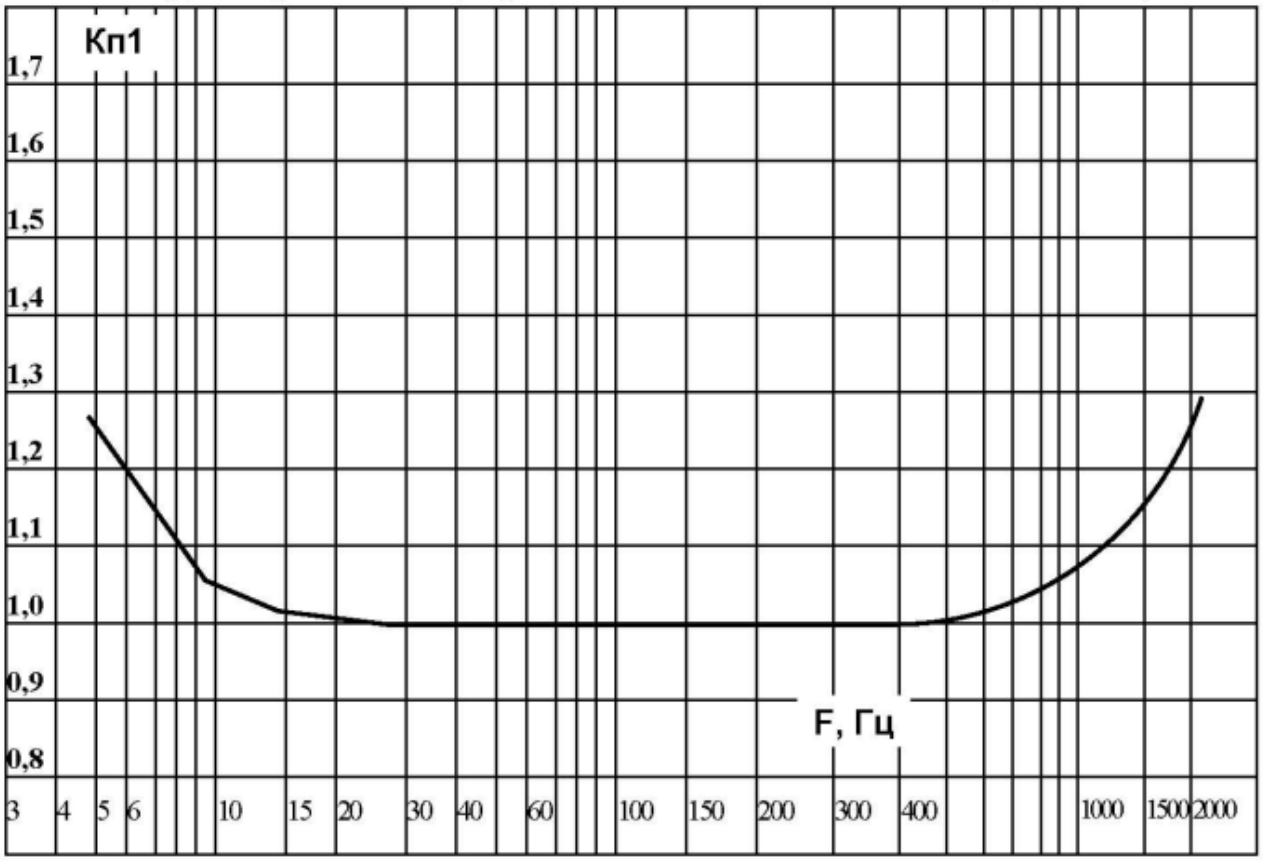
15.http://www.sci.aha.ru –web атлас по БЖД.

5. Источники ИОС

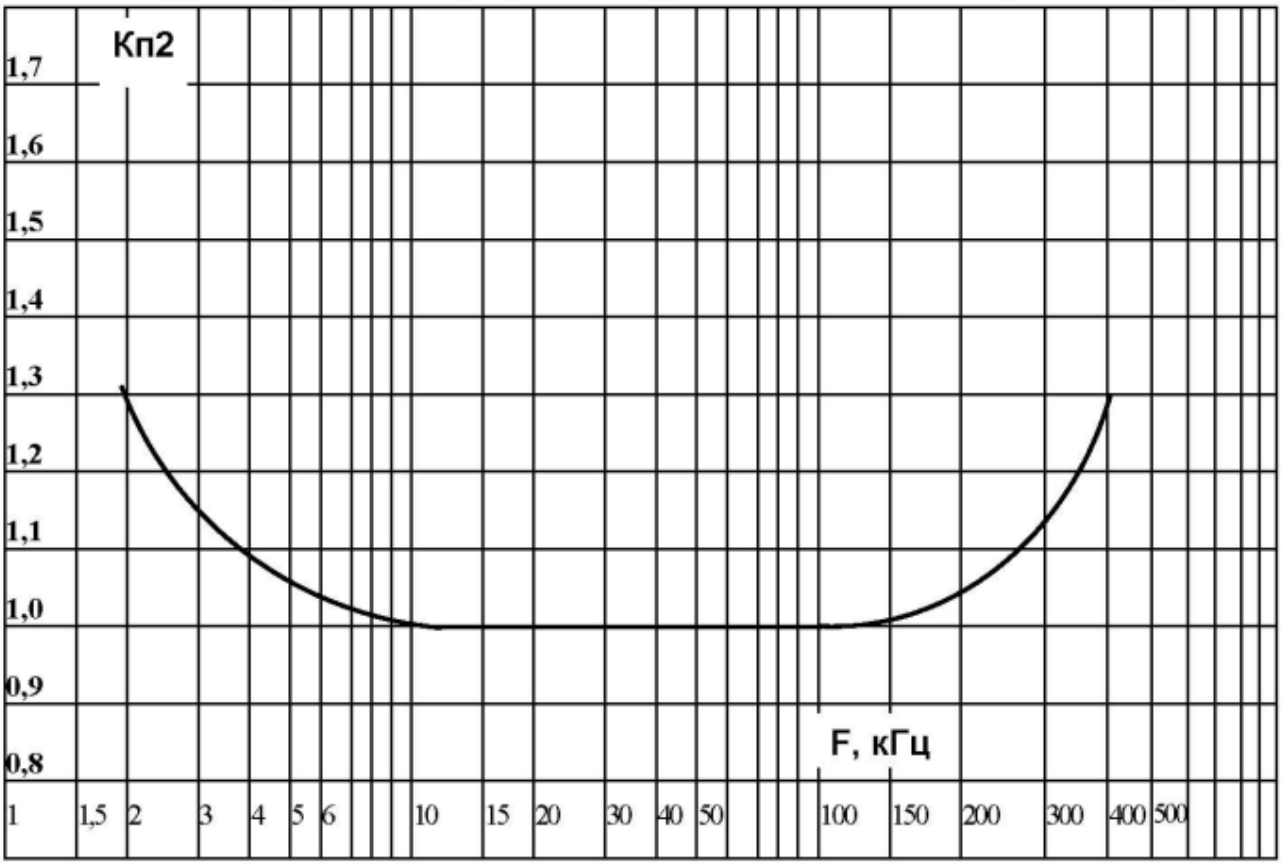
16. Безопасность жизнедеятельности
http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=1

Приложение 1

Корректировочный график Кп1 с дипольной антенной (полоса1)



Корректировочный график Кп2 с дипольной антенной (полоса2)



ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНОСТИ ПОЛЯ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

Методические указания
к лабораторной работе
по курсу «Безопасность жизнедеятельности»

Составили: Кадыкова Ю.А.
Борисова Н.В.
Сладков О.М.
Бычкова Е.В.

Рецензент

Редактор

Подписано в печать
Усл.-печ.л. 0,93 (1,0). Уч. изд.л. 0,8

Тираж 100 экз.

http://edu.trudcontrol.ru/~3d/item/vo66O2hf