ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной
технический университет»
Ассоциация «Башкирская Ассоциация Экспертов»

ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ИЗЛУЧЕНИЙ НА ЧЕЛОВЕКА

Учебное пособие

Уфа – 2011

УДК 574.2:53.082.9:550.837.3

Солодовников А.В. Действие электромагнитных полей и излучений на человека. Часть 1. Изд. 1-е, – Уфа: УГНТУ, 2011. – 32 с.

В учебном пособии рассмотрены особенности воздействия электромагнитных полей (ЭМП) и излучений на человека, а также описывается ряд экспериментов позволяющих оценить количественные характеристики ЭМП. Описаны существующие источники ЭМП, а также методы и средства защиты.

Учебное пособие рекомендуются при подготовке лабораторной работы на тему «Электромагнитные поля и излучения», а также для организации работ по измерению и исследованию факторов производственной среды (уровня электромагнитных полей) на рабочих местах.

Рецензент Мухамадиев А.А., доцент, канд. техн. наук.

© Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2011

© Ассоциация «Башкирская Ассоциация Экспертов», 2011

Содержание

С.

Предисловие 5
1 Общие сведения 8
2 Источники электромагнитных полей 10
3 Виды электромагнитных полей 11
3.1 Электростатические поля 11
3.2 Электромагнитные поля радиочастот 13
3.3 Электромагнитные поля промышленной частоты 14
4 Как ЭМП влияют на организм человека? 19
4.1 Действие постоянных и медленно меняющихся электрического и магнитного полей 20
4.2 Действие радиочастотного диапазона 21
4.3 Действие электрического и магнитного полей промышленной частоты 22
5 Средства защиты от электромагнитных излучений 24
6 Предельно допустимые уровни электромагнитных полей 27
6.1 Нормирование постоянных и медленно меняющихся электрического и магнитного полей 28
6.2 Нормирование электрического и магнитного полей радиочастотного диапазона 29
6.3 Нормирование электрического и магнитного полей промышленной частоты 30
Список использованных источников 32

Список используемых сокращений

БС – базовые станции

ВЧ – высокие частоты

ГМП – геомагнитное поле

ГОСТ – государственный стандарт

ПДУ – Предельно допустимые уровни

ПК – персональный компьютер

ПМП – постоянное магнитное поле

ППЭ – плотность потока энергии

ПРЦ – передающие радиоцентры

СанПиН – Санитарные правила и нормы

СВЧ – сверхвысокие частоты

СИ – система интернациональная

СИЗ – средства индивидуальной защиты

СЭ – статическое электричество

УВЧ – ультравысокие частоты

ЭМП – электромагнитное поле

ЭП – электрическое поле

ЭСП – электростатическое поле

Предисловие

Для сохранения здоровья трудящихся и в целях определения реальных условий труда, согласно Трудового Кодекса РФ [1], работодатель обязан организовывать проведение работ по измерению и исследованию факторов производственной среды на рабочих местах [8], в том числе:

- воздуха рабочей зоны на содержание в нем вредных химических веществ и пыли;
- оценку физических параметров:
  - шума;
  - инфразвука;
  - ультразвука;
  - вибрации;
  - освещенности;
  - электромагнитных полей на рабочем месте пользователей ЭВМ;
  - электромагнитных полей 50 Гц;
  - электромагнитных полей радиочастотного диапазона;
  - электромагнитных излучений оптического диапазона (УФ-излучений);
  - лазерного излучения;
- оценку микроклимата:
  - скорость движения воздуха;
  - относительная влажность воздуха;
  - температура воздуха;
  - температура поверхностей;
  - тепловое излучение;
- оценку ионизирующего излучения;
- оценку биологического фактора;
- определение показателей тяжести и напряженности трудового процесса;
- обследование рабочих мест по фактору травмобезопасности;
- оценку обеспечения рабочих мест средствами индивидуальной защиты;
- определение льгот и компенсаций: бесплатное молоко, доплаты за вредные условия труда, дополнительный отпуск и сокращённый рабочий день, льготное пенсионное обеспечение;
- разработку плана мероприятий по оздоровлению условий труда.

По результатам проведенных измерений и исследований определяется класс условий труда [4] по степени вредности и опасности, и в зависимости от класса условий труда, устанавливаются/отменяются льготы и компенсации за вредные условия труда.

Реально ЭМП представляют собой лишь один из физических факторов, воздействующих на людей как в условиях закрытых помещений (жилье, рабочие места), так и на открытых территориях (улицы и площади городов, сады и парки). В населенных пунктах ведущими физическими факторами, воздействующими на население, являются акустический шум, вибрация, ЭМП. Структура объектов-источников физических факторов на территории населенных мест представлена на рисунке 1.

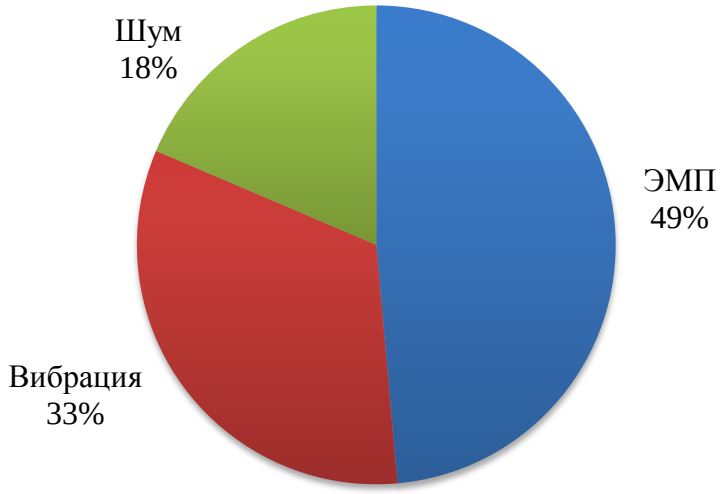


Рисунок 1 - Относительная роль отдельных физических факторов на открытых территориях населенных пунктов [7]

Таким образом, ЭМП представляет собой второй (после акустического шума) по значимости физический фактор, воздействующий на людей на открытых территориях. Наиболее значимыми в санитарно-эпидемиологическом отношении являются такие объекты как:

- радио (теле) передающие центры с общей мощностью более 1000 Вт;
- высоковольтные линии электропередач;
- трамвайные линии и железнодорожные магистрали с электрической тягой.

Наиболее быстрорастущим является вклад в общее ЭМП от мощных радио (теле) передающих центров, так как многие из них находятся в черте жилой застройки. Процесс увеличения суммарной мощности передатчиков этих объектов происходит во все большем числе субъектов Федерации. Этот рост в основном связан с развитием мобильной связи (сотовой телефонной связи, транковой связи, спутниковой и радиорелейной связи), появлением новых станций радио- и телевещания.

Во многих населенных пунктах России высоковольтные линии электропередач проходят через территорию жилой застройки. Часто они проходят в непосредственной близости от жилых зданий, над жилыми, общественными, хозяйственными постройками. Уровни электрических полей зачастую превышают допустимые значения в 1–2 раза. Это вызывает жалобы населения.

Исследования трансформаторных подстанций, также размещаемых в жилой застройке городов и поселков, показали, что уровни ЭМП превышают допустимые в среднем в одном из десяти замеров.

Несколько иная картина наблюдается для производственных условий. Структура источников физических факторов представлена на рисунке 2.

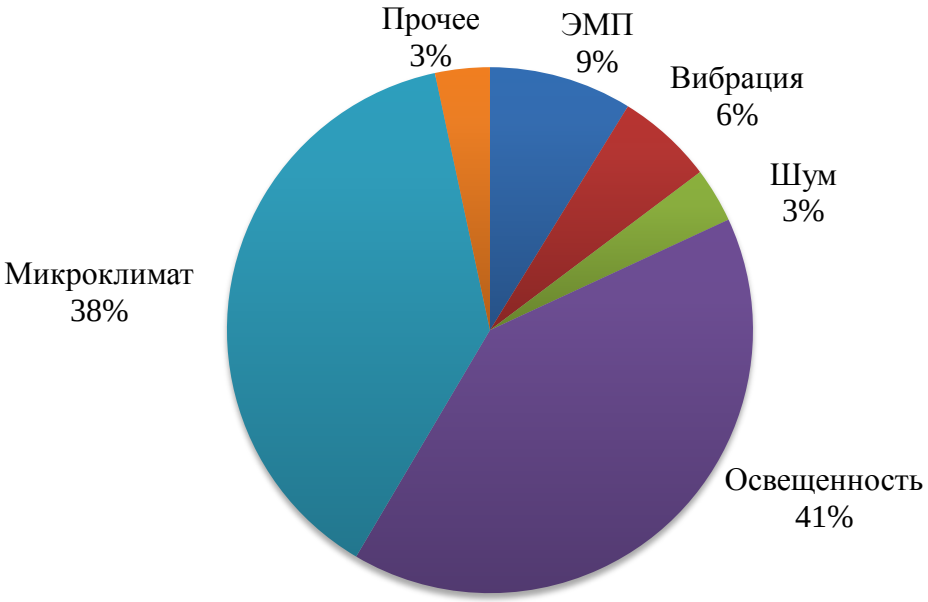


Рисунок 2 - Структура объектов-источников потенциально опасных физических факторов в производственных условиях (на рабочих местах) [7]

Наиболее выраженное неблагоприятное воздействие физических факторов наблюдается в тяжелом машиностроении, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, черной металлургии и деревообрабатывающей промышленности и промышленности строительных материалов, строительной промышленности, тракторной и химической промышленности, полиграфической промышленности, на транспорте.

Гигиеническими нормативами РФ установлены предельно допустимая напряженность электромагнитного поля и время нахождения человека в зоне действия поля.

1 Общие сведения

В последние годы наблюдался беспрецедентный рост количества разнообразных источников электромагнитных полей (ЭМП), используемых в быту, промышленности и в коммерческих целях. В то же время применение устройств («источников ЭМП») вызывает озабоченность в связи с тем, что они могут представлять угрозу для здоровья человека. В-первую очередь, это связано с тем, что электромагнитная волна, распространяясь от источника электрических и магнитных полей в неограниченном пространстве со скоростью света, создает электромагнитное поле, способное негативно воздействовать на человека.

На практике при характеристике электромагнитной обстановки используют термины **«электромагнитное поле», «электрическое поле»** и **«магнитное поле».** Рассмотрим подробнее данные понятия.

Электромагнитное поле — это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрическими заряженными частицами. Физические причины существования электромагнитного поля связаны с тем, что изменяющееся во времени электрическое поле Е (В/м) порождает магнитное поле Н (А/м), а изменяющееся Н — вихревое электрическое поле: обе компоненты Е и Н, непрерывно изменяясь, возбуждают друг друга.

Величины Е и Н – векторные, их колебания происходят во взаимоперпендикулярных плоскостях (рисунок 3). Измеряется, как правило, только Е. В российской практике санитарно-гигиенического надзора на частотах выше 300 МГц в дальней зоне излучения обычно измеряется плотность потока электромагнитной энергии (ППЭ), или вектор Пойтинга. За рубежом ППЭ обычно измеряется для частот выше 1 ГГц. Обозначается как S, единица измерения Вт/м^2. ППЭ характеризует количество энергии, переносимой электромагнитной волной в единицу времени через единицу поверхности, перпендикулярной направлению распространения волны.

Электромагнитные волны характеризуются длиной волны, обозначение – λ. Источник, генерирующий излучение, а по сути создающий электромагнитные колебания, характеризуются понятием частота, обозначение – f.

Спектр электромагнитных колебаний по частоте охватывает свыше 20 порядков (таблица 1). В зависимости от энергии фотонов его подразделяют на область неионизирующих и ионизирующих излучений. В гигиенической практике к неионизирующим излучениям относят также электрические и магнитные поля.

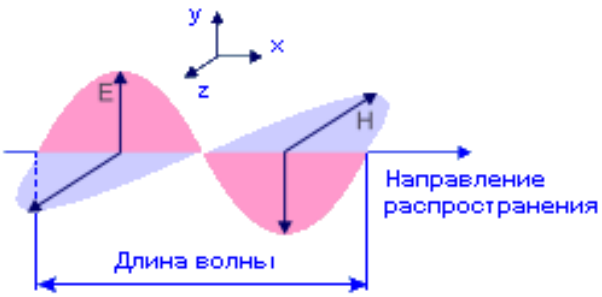


Рисунок 3 - Направление распространения E и H

Таблица 1 - Спектр электромагнитных колебаний по частоте

Название электромагнитных колебаний		f, Гц	λ, м
Статические	Постоянные ЭМП	0	-
Низкочастотные	Крайне и сверхнизкие	$3\cdot(10^{0}\text{-}10^{4})$	$10^{8}\text{-}10^{4}$
Радиочастотные	Длинные волны (ДВ)	$3\cdot(10^{4}\text{-}10^{5})$	$10^{4}\text{-}10^{3}$
	Средние волны (СВ)	$3\cdot(10^{5}\text{-}10^{6})$	$10^{3}\text{-}10^{2}$
	Короткие волны (КВ)	$3\cdot(10^{6}\text{-}10^{7})$	$10^{2}\text{-}10^{1}$
	Ультракороткие волны (УКВ)	$3\cdot(10^{7}\text{-}10^{8})$	$10^{1}\text{-}10^{0}$
	Микроволны (СВЧ)	$3\cdot(10^{8}\text{-}10^{11})$	$10^{0}\text{-}10^{-3}$
Оптические	Инфракрасные	$3\cdot(10^{12}\text{-}10^{14})$	$10^{-4}\text{-}10^{-6}$
	Видимые	$3\cdot10^{14}$	$(0{,}39\text{-}0{,}76)\times10^{-6}$
	Ультрафиолетовые	$3\cdot(10^{14}\text{-}10^{16})$	$10^{-6}\text{-}10^{-8}$
Ионизирующие	Рентгеновское излучение	$3\cdot(10^{17}\text{-}10^{19})$	$10^{-9}\text{-}10^{-11}$
	Гамма-излучение	$3\cdot(10^{20}\text{-}10^{22})$	$10^{-12}\text{-}10^{-14}$

Электрическое поле - частная форма проявления электромагнитного поля; создается электрическими зарядами или переменным магнитным полем и характеризуется напряженностью.

– это физическая величина, равная отношению силы, с которой электрическое поле действует на точечный электрический заряд, к значению этого заряда. Электрическое поле не действует на органы чувств (его мы не видим).

Напряжённость электрического поля измеряется в системе СИ — в Ньютонах на Кулон или в Вольтах на метр (*В/м*).

Магнитное поле - одна из форм электромагнитного поля, создается движущимися электрическим зарядами и спиновыми магнитными моментами атомных носителей магнетизма (электронов, протонов и др.).

2 Источники электромагнитных полей

Источники электромагнитных полей могут быть **естественные** и **искусственные** (антропогенные).

ЭМП естественного происхождения создается электрическими и магнитными полями Земли, атмосферным электричеством и радиоизлучением Солнца и Галактики.

Атмосферное электричество обладает интенсивностью, зависящей от грозовой деятельности. Максимум грозовой деятельности отмечается на экваторе.

Радиоизлучение Солнца и Галактик характеризуется интенсивностью, зависящей от активности Солнца, и лежит в высокочастотном диапазоне.

Искусственные (антропогенные) ЭМП создаются источниками, широко распространенными в различных отраслях народного хозяйства, в быту, радиосвязи, медицине и т.п.

Сюда относятся антенные системы, генераторы СВЧ–энергии, высокочастотные трансформаторы, конденсаторы, линии электропередач высокого напряжения, лазерные установки, микроволновые печи, мониторы, компьютеры и др. Совершенно очевидно, что эти технические средства более всего беспокоят ученых и население, так как они расположены в непосредственной близости от человека.

ЭМП также можно классифицировать как **переменные**, так и **постоянные. Переменное ЭМП** характеризуется векторами напряженности электрического Е и магнитного Н полей**.** Несмотря на то, что длина электромагнитных волн и их свойства различны, все они, начиная от радиоволн и заканчивая гамма-излучением – одной физической природы. Весь спектр электромагнитных полей (от 10^3 до 10^{24} Гц) разделен на частотные диапазоны:

- постоянные ЭМП – электростатические поля, обусловленные образованием электрических зарядов;
- электромагнитные поля промышленной частоты (50 Гц);
- электромагнитные поля радиочастот (30 Гц – 300 МГц);
- электромагнитные поля сверхвысоких (СВЧ) радиочастот (300 МГц – 300 ГГц).

3 Виды электромагнитных полей

3.1 Электростатические поля

Электростатические поля (ЭСП) возникают в различных технологических процессах, а также в быту. Появление *статического электричества* связано с процессом электризации возникающего в результате контакта между двумя телами и его последующим нарушением. Статическое электричество зачастую становится причиной нарушения технологии и повышает опасность возникновения пожаров.

Величина электрического заряда зависит от строения веществ, находящихся в контакте, состояния поверхностей, от площади соприкосновения тел и от величины давления одного тела на другое, от скорости отрыва.

ЭСП характеризуется энергией и напряженностью, измеряемой в киловольтах на метр (кВ/м). Воздействие электростатического поля (ЭСП) — статического электричества — на человека связано с протеканием через него слабого тока (несколько микроампер). При этом электротравм никогда не наблюдается. Однако вследствие рефлекторной реакции на ток (резкое отстранение от заряженного тела) возможна потеря ориентации и получение механических травм при ударе о рядом расположенные элементы конструкций, падении с высоты и т. д.

При статической электризации во время технологических процессов, сопровождающихся трением, размельчением твердых частиц, пересыпанием сыпучих тел, переливанием жидкостей-диэлектриков на изолированных от земли металлических частях производственного оборудования возникает относительно земли электрическое напряжение порядка 10 кВ.

Например: при движении резиновой ленты транспортера и в устройствах ременной передачи на ленте (ремне) и на роликах (шкивах) возникают электростатические заряды противоположных знаков большей величины, а потенциалы их достигают 45 кВ. Основную роль при этом играют влажность, давление воздуха, состояние поверхностей лент (ремней) и роликов (шкивов), а также скорость относительного движения (пробуксовки).

Применяемое на электроподстанциях минеральное (трансформаторное) масло в процессе его переливания (например, слив из цистерны в бак) также подвергается электризации. В случае, если металлическая емкость или автоцистерна не заземлены, то в процессе налива они окажутся электрически заряженными. Электрические заряды на частях производственного оборудования могут взаимно нейтрализоваться при некоторой электропроводности влажного воздуха, а также стекать в землю по поверхности оборудования. Но в отдельных случаях, когда электростатические заряды велики, а влажность воздуха незначительна, может возникнуть быстрый искровой разряд между частями оборудования или разряд на землю. Энергия такой электрической искры может оказаться достаточно большой для воспламенения горючей или взрывоопасной смеси. Например,

для многих паро- и газовоздушных взрывоопасных смесей требуется сравнительно небольшая энергия воспламенения, всего лишь около $(0,2\text{-}0,5)10^{-3}$ Вт·с. Практически при напряжении 3000 В искровой разряд может вызвать воспламенение почти всех паро- и газовоздушных смесей, а при 5000 В воспламенение большей части горючих пылей и волокон.

Таким образом, возникающие в производственных условиях электростатические заряды могут служить импульсом, способным при наличии горючих смесей вызвать пожар и взрыв. Источниками постоянных магнитных полей являются: электромагниты, соленоиды, магнитопроводы в электрических машинах и аппаратах, литые и металлокерамические магниты, используемые в радиотехнике.

В качестве основных нормативных документов используются СанПиН 2.2.4.0-95 "Гигиенические требования при работе в условиях воздействия постоянных магнитных полей", СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях", ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

Нормирование уровней напряженности ЭСП осуществляют в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах. Предельно допустимый уровень напряженности ЭСП равен 60 кВ/м в течение 1 ч. При напряженности менее 20 кВ/м время пребывания в ЭСП не регламентируется. В диапазоне напряженности 20...60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты (ч).

Допустимые уровни напряженности ЭСП и плотности ионного потока для персонала подстанций и ВЛ постоянного тока ультравысокого напряжения установлены СН № 6032-91.

Оценка и нормирование постоянных магнитных полей (ПМП) осуществляется по уровню магнитного поля дифференцированно в зависимости от времени его воздействия на работника за смену для условий общего (на все тело) и локального (кисти рук, предплечье) воздействия.

Уровень ПМП оценивают в единицах напряженности магнитного поля (Н) в А/м или в единицах магнитной индукции (В) в мТл. ПДУ напряженности (индукции) ПМП на рабочих местах представлены в СанПиН 2.2.4.1191-03.

Устранение опасности возникновения электростатических зарядов достигается следующими мерами:

- заземлением производственного оборудования и емкостей для хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей;
- увеличением электропроводности поверхностей электризующихся тел путем повышения влажности воздуха или применением антистатических примесей к основному продукту (жидкости, резиновые изделия и др.);
- ионизацией воздуха с целью увеличения его электропроводности.

Каждая система аппаратов и трубопроводов, заполняемых электризуемыми жидкостями, должна быть в пределах цеха заземлена не менее чем в двух местах. Автоцистерны во время налива или слива горючих жидкостей должны быть заземлены.

Эффективным методом для устранения электризации нефтепродуктов является метод введения в основной продукт специальных антистатических веществ (присадок). Кроме того, для уменьшения статической электризации при сливе нефтепродуктов и других горючих жидкостей необходимо избегать падения и разбрызгивания струи с высоты, поэтому сливной шланг (рукав) следует опускать до самого дна цистерны или другой какой-либо емкости. Металлические наконечники этих сливных шлангов во избежание проскакивания искр на землю или заземленные части оборудования следует заземлять гибким медным проводником.

В качестве присадки для увеличения электропроводности нефтепродуктов применяют в количестве около 0,001÷0,003% олеат хрома, что практически не влияет на их физико-химические свойства. Антистатические вещества (графит, сажа) вводят и в состав резинотехнических изделий, что повышает их электропроводность. Так, резиновые шланги для налива и перекачки легковоспламеняющихся жидкостей изготовляют из маслобензостойкой электропроводящей резины, что в значительной степени снижает опасность воспламенения этих жидкостей при переливании их в передвижные емкости (автоцистерны, железнодорожные цистерны).

Средства защиты от воздействия ПМП должны изготавливаться из материалов с высокой магнитной проницаемостью, конструктивно обеспечивающих замыкание магнитных полей.

3.2 Электромагнитные поля радиочастот

На территории населенных пунктов в настоящее время размещается значительное количество передающих радиоцентров (ПРЦ), которые являются источниками ЭМП. Зону возможного неблагоприятного действия ЭМП, создаваемых ПРЦ, можно условно разделить на две части. Первая часть зоны – это собственно территория ПРЦ, где размещены все службы, обеспечивающие работу ПРЦ. Вторая часть зоны – это прилегающие к ПРЦ территории, доступ на которые не ограничен и где могут размещаться различные жилые постройки, в этом случае возникает угроза облучения населения, находящегося в этой части зоны.

В зависимости от длины волн, генерируемых источниками излучения, весь радиодиапазон электромагнитных волн разбит на поддиапазоны (см. таблицу 1).

В диапазоне частот 30–300 кГц (длинные волны) длина волны относительно большая (например, 2000 м для частоты 150 кГц). ЭМП от антенны может быть достаточно большим, например, на расстоянии 30 м от антенны передатчика мощностью 500 кВт, работающего на частоте 145 кГц, электрическое поле может быть выше 630 В/м, а магнитное выше 1,2 А/м.

Для радиостанций СВ диапазона (частоты 300 кГц–3 МГц) на расстоянии 30 м от антенны напряженность электрического поля может достигать 275 В/м. При удалении от антенны поле спадает, так что на расстоянии 100 м поле 25 В/м, а на расстоянии 200 м поле 10 В/м (приведены данные для передатчика мощностью 50 кВт).

Передатчики радиостанций КВ диапазона (частоты 3–30 МГц) имеют обычно меньшую мощность. Однако они чаще размещаются в городах и могут быть размещены даже на крышах жилых зданий на высоте 10–100 м. Например, передатчик мощностью 100 кВт на расстоянии 100 м может создавать напряженность электрического поля 44 В/м и магнитного поля 0,12 мкТл.

Телевизионные передатчики также оказывают влияние на здоровье человека. Типичные значения напряженности электрического поля от телевизионных передатчиков могут достигать 15 В/м на расстоянии 1 км от передатчика мощностью 1 МВт. В России в настоящее время проблема оценки уровня ЭМП телевизионных передатчиков особенно актуальна в связи с резким ростом числа телевизионных каналов и передающих станций.

Радары метрологические могут создавать на удалении 1 км ППЭ а100 Вт/м^2 за каждый цикл облучения. Радиолокационные станции аэропортов создают ППЭ ≈0,5 Вт/м^2 на расстоянии 60 м.

Уровни электромагнитного излучения, создаваемые объектами системы сотовой связи, нормируются в России в соответствии с [11]. Базовые станции поддерживают связь с находящимися в их зоне действия мобильными радиотелефонами и работают в режиме приема и передачи сигнала. В зависимости от стандарта, БС излучают электромагнитную энергию в диапазоне частот от 463 до 1880 МГц.

3.3 Электромагнитные поля промышленной частоты

К числу источников ЭМП промышленной частоты относятся те источники, у которых диапазон частот равняется 50 Гц (промышленная частота), это: электротранспорт, ЛЭП (рисунок 4), электротехническое оборудование зданий, персональные компьютеры, все устройства, работающие с использованием электрического тока. Из приведенного выше списка можно сказать, что почти все, что нас окружает, и при работе использует электрический ток, является источником ЭМП промышленной частоты. В соответствии с ГОСТ 12.1.002-84, ССБТ «Электромагнитные поля токов промышленной частоты. Общие требования безопасности», нормы допустимых уровней напряженности электромагнитных полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Присутствие персонала на рабочем месте в течение 8 ч допускается при напряженности, не превышающей 5 кВ/м; при значениях напряженности электромагнитного поля Е = 5...20 кВ/м время допустимого пребывания в рабочей зоне (в час).

Работа в условиях облучения электромагнитным полем с напряженностью 20...25 кВ/м должна продолжаться не более 10 мин.



Рисунок 4 – Линия электропередач (ЛЭП)

Исследования биологического действия ЭМП ПЧ, выполненные в СССР в 60-70х годах, ориентировались в основном на действие электрической составляющей, поскольку экспериментальным путем значимого биологического действия магнитной составляющей при типичных уровнях не было обнаружено. В 70-х годах для населения по ЭМП ПЧ были введены жесткие нормативы и по настоящее время являющиеся одними из самых жестких в мире. Они изложены в Санитарных нормах и правилах "Защита населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты" № 2971-84. В соответствии с этими нормами проектируются и строятся все объекты электроснабжения. В качестве предельно допустимых уровней, для данного случая, приняты следующие значения напряженности электрического поля:

− внутри жилых зданий 0,5 кВ/м;

− на территории жилой застройки 1 кВ/м;

− в населенной местности, вне зоны жилой застройки (земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа, в пределах поселковой черты этих пунктов), а также на территории огородов и садов 5 кВ/м;

− на участках пересечения воздушных линий (ВЛ) с автомобильными дорогами I—IV категории 10 кВ/м;

− в ненаселенной местности (незастроенные местности, хотя бы и частично посещаемые людьми, доступные для транспорта, и сельскохозяйственные угодья) 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.

Несмотря на то, что магнитное поле во всем мире сейчас считается наиболее опасным для здоровья, предельно допустимая величина магнитного поля для населения в России не нормируется. Большая часть ЛЭП строилась без учета этой опасности. В качестве защиты от действия электромагнитных полей промышленной частоты при строительстве новых линий электропередач (ЛЭП) предусматривают санитарно-защитные зоны или относят действующие линии на безопасное расстояние от жилых застроек.

Таблица 2 - Границы санитарно-защитных зон для ЛЭП согласно СН № 2971-84

Напряжение ЛЭП	330 кВ	500 кВ	750 кВ	1150 кВ
Размер санитарно-защитной (охранной) зоны	20 м	30 м	40 м	55 м

Основным документом, устанавливающим требования к ПДУ ЭМП бытовых приборов, являются «Межгосударственные санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях» СанПиН 001-96. Для отдельных видов товаров установлены свои нормы: «Предельно допустимые уровни плотности потока энергии, создаваемой микроволновыми печами» СН № 2666-83, «Предельно допустимые нормы напряженности электромагнитного поля, создаваемого индукционными бытовыми печами, работающими на частоте 20-22 кГц» СН № 2550-82.

В целях обеспечения безопасности здоровья пользователей ПК в Российской Федерации действуют Санитарные нормы и правила «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ» СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Цель санитарных норм – определить такие нормированные величины факторов воздействия, чтобы их вред был минимальным, а условия труда – комфортными.

Наибольший вклад в уровень электромагнитных полей в диапазоне промышленной частоты 50 Гц в жилых помещениях вносит электротехническое оборудование здания, а именно кабельные линии, подводящие электричество ко всем квартирам и другим потребителям в здании, а также распределительные щиты и трансформаторы.

Все бытовые приборы, работающие с использованием электрического тока, являются источниками электромагнитных полей. Наиболее мощными следует признать СВЧ-печи, аэрогрили, холодильники с системой «без инея», кухонные вытяжки, электроплиты, телевизоры.

В таблице 3 представлены данные о расстоянии, на котором фиксируется магнитное поле промышленной частоты (50 Гц) величиной 0,2 мкТл при работе ряда бытовых приборов. Значения магнитного поля тесно связаны с мощностью прибора – чем она выше, тем выше магнитное поле при его работе.

Значения электрического поля промышленной частоты практически всех электробытовых приборов не превышают нескольких десятков В/м на расстоянии 0,5 м, что значительно меньше ПДУ 500 В/м.

Таблица 3 - Магнитное поле промышленной частоты от бытовых электрических приборов (выше уровня 0,2 мкТл)

Источник	Расстояние, на котором фиксируется величина больше 0,2 мкТл
Холодильник, оснащенный системой «No frost» (во время работы компрессора)	1,2 м от дверцы; 1,4 м от задней стенки
Холодильник обычный (во время работы компрессора)	0,1 м от мотора
Утюг (режим нагрева)	0,25 м от ручки
Телевизор 14"	1,1 м от экрана; 1,2 м от боковой стенки.
Электрорадиатор	0,3 м
Торшер с двумя лампами по 75 Вт	0,03 м (от провода)
Электродуховка	0,4 м от передней стенки
Аэрогриль	1,4 м от боковой стенки

Отдельно следует остановиться на бытовых микроволновых печах, т.к. они являются источником электромагнитных полей сложного спектрального состава, включая электромагнитное поле, называемое микроволновым (или СВЧ) излучением. Рабочая частота СВЧ-излучения микроволновых печей составляет 2,45 ГГц. Это излучение представляет собой серьезную опасность из-за большой мощности и высокой эффективности взаимодействия его с тканями организма. Однако современные микроволновые печи оборудованы достаточно совершенной защитой, которая не дает электромагнитному полю выходить за пределы рабочего объема. Вместе с тем, нельзя полагать, что поле совершенно не проникает сквозь защиту микроволновой печи. По разным причинам часть электромагнитного поля, предназначенного для разогрева продуктов, проникает наружу, особенно интенсивно, как правило, в районе правого нижнего угла дверцы.

Для обеспечения безопасности при использовании печей в быту в России действуют санитарные нормы, ограничивающие предельную величину утечки СВЧ-излучения микроволновой печи. Они сформулированы в документе [9]. Согласно этим санитарным нормам, величина плотности потока энергии электромагнитного поля не должна превышать 10 мкВт/см^2 на расстоянии 50 см от любой точки корпуса печи при нагреве 1 литра воды. Практически все новые современные микроволновые печи выдерживают это требование с большим запасом. Надо

помнить, однако, что со временем степень защиты может снижаться, в основном из-за появления микрощелей в уплотнении дверцы. Это может происходить как из-за попадания грязи, так и из-за механических повреждений. Поэтому дверца и ее уплотнение требует аккуратности в обращении и тщательного ухода.

Рассмотрим особенности неблагоприятного воздействия на здоровье от оргтехники (компьютеры, видеодисплейные терминалы). Составляющими частями персонального компьютера являются: системный блок и разнообразные устройства ввода/вывода информации: клавиатура, дисковые накопители, принтер, сканер, и т.п. Все эти элементы при работе ПК формируют сложную электромагнитную обстановку на рабочем месте пользователя (таблицы 4, 5).

Таблица 4 - ПК как источник ЭМП

Источник	Диапазон частот
ЭЛТ-мониторы	Всегда присутствует электромагнитное излучение, однако их уровень зависит от того, соответствует ли ЭЛТ какому-либо стандарту безопасности
ЖК-мониторы	Практически никаких опасных электромагнитных излучений нет.
Системный блок (процессор)	50 Гц–1000 МГц
Устройства ввода/вывода информации	0 Гц, 50 Гц
Источники бесперебойного питания	50 Гц, 20–100 кГц

Таблица 5 - Диапазон значений электромагнитных полей, измеренных на рабочих местах пользователей ПК

Наименование измеряемых параметров	Диапазон частот 5 Гц–2 кГц	Диапазон частот 2–400 кГц
Напряженность переменного электрического поля, (В/м)	1,0–35,0	0,1–1,1
Индукция переменного магнитного поля, (нТл)	6,0–770,0	1,0–32,0

Чтобы уменьшить действие электромагнитных полей и излучений от бытовых устройств, необходимо:

- находиться от источников излучения на расстоянии не менее 30 см, а спальные места оборудовать не ближе полутора метров;
- не включать одновременно несколько источников излучения;
- не делать из проводов петли и кольца (это увеличивает электромагнитные поля в несколько раз);
- по возможности пользоваться заземленной электропроводкой.

4 Как ЭМП влияют на организм человека?

Вопросами воздействия ЭМП на человека (и, шире – на биологические объекты) занимается специальная наука электромагнитобиология, вобравшая в себя основные результаты многих смежных дисциплин: классической и молекулярной биологии, биохимии, кибернетики, электродинамики и др.

Действие ЭМП на организм человека зависит от **напряженности** электрической и магнитной составляющей, **частоты колебаний** и **размеров поверхности**, на которую воздействуют колебания. Ориентировочные соотношения поля, тока и биологических эффектов приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Соотношения поля, тока и биологических эффектов

Индукция магнитного потока, мТл	Плотность индуцированного тока, мА/м^2	Биологические эффекты
0,5–5	1–10	Минимальные биологические эффекты
5–50	10–100	Наблюдаемые эффекты со стороны зрительной и нервной систем. Улучшение заживления переломов костей.
50–500	100–1000	Стимуляция возбудимой ткани, возможно появление экстрасистол. Есть вероятность опасности для здоровья.
> 500	> 1000	Острые нарушения здоровья при продолжительном облучении.

На биологическую реакцию влияют следующие параметры ЭМП:

- интенсивность ЭМП (величина);
- частота излучения;
- продолжительность облучения;
- модуляция сигнала;
-сочетание частот ЭМП;
- периодичность действия.

Перечислим наиболее общие отклонения в здоровье человека, которые были когда-нибудь достоверно доказаны:

1. Общие симптомы: нарушение концентрации внимания, головные боли, слабость, потеря работоспособности, непреходящая усталость, приступы головокружения, плохой, поверхностный

сон, потеря сил, снижение потенции, состояние внутреннего опустошения, нестабильность температуры тела, аллергические реакции.

2. Симптомы со стороны нервной системы: функциональные нарушения центральной и вегетативной нервной систем, изменения электроэнцефалограммы, неврастенические проявления, склонность к потению, легкое дрожание пальцев.

3. Симптомы со стороны сердечно-сосудистой системы: кардиоваскулярные нарушения, ваготонические нарушения сердечно-сосудистой системы, нестабильность пульса, нестабильность артериального давления.

4.1 Действие постоянных и медленно меняющихся электрического и магнитного полей

Единственный способ, которым низкочастотные поля могут воздействовать на живые организмы – это индуцирование полей и токов в тканях организмов. Однако, величина этих индуцированных полей и токов от возможных внешних низкочастотных полей значительно меньше, чем поля и токи генерирующихся в организме в процессах нормальной жизнедеятельности. Причина в том, что низкочастотное электрическое поле эффективно экранируется кожными покровами и не проникает внутрь организма.

Наличие естественных ЭМП в окружающей среде является совершенно необходимым для существования нормальной жизнедеятельности, а их отсутствие или дефицит приводит к серьезным негативным, порой даже необратимым последствиям для живого организма.

Установлено, что при ослаблении геомагнитного поля в 2–5 раз относительно естественного магнитного поля (МП), наблюдается увеличение на 40% количества заболеваний у людей, работающих в таких условиях.

При нахождении человека в искусственных гипогеомагнитных условиях отмечаются изменения психики, появляются нестандартные идеи, образы. Результаты клинико-физиологических обследований лиц, длительное время работавших в экранированных гипогеомагнитных помещениях (при коэффициенте ослабления геомагнитного поля в 4…10 раз), свидетельствуют о развитии у них ряда функциональных изменений в ведущих системах организма. Так, со стороны центральной нервной системы выявлены признаки дисбаланса основных нервных процессов в виде преобладания торможения, дистония мозговых сосудов с наличием регуляторной межполушарной ассиметрии, удлинение времени реакции на появляющийся объект в режиме непрерывного аналогового слежения, снижение критической частоты слияния световых мельканий. Нарушения механизмов регуляции вегетативной нервной системы проявляются в развитии функциональных изменений со стороны сердечно-сосудистой

системы в виде лабильности пульса и артериального давления, нейроциркуляторной дистонии гипертензивного типа, нарушения процесса реполяризации миокарда.

Подводя итог рассмотрению биологической роли постоянных электрического и магнитного полей, можно утверждать, что возможность биологического действия постоянных ЭМП, в принципе, не вызывает сомнений. Однако, при обсуждении вопросов о физических параметрах ЭМП, определяющих это действие, о степени выраженности возможного влияния и т.п., обнаруживаются существенные расхождения во взглядах. Прежде всего, эти расхождения обусловлены отсутствием общепризнанной теории первичного, т.е. физико-химического механизма биологического действия постоянного ЭМП.

4.2 Действие радиочастотного диапазона

Наиболее ранними клиническими проявлениями последствий воздействия электромагнитного облучения на человека являются функциональные нарушения со стороны нервной системы, проявляющиеся прежде всего в виде вегетативных дисфункций неврастенического и астенического синдрома. Лица, длительное время находившиеся в зоне электромагнитного облучения, предъявляют жалобы на слабость, раздражительность, быструю утомляемость, ослабление памяти, нарушение сна. Нередко к этим симптомам присоединяются расстройства вегетативных функций. Нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы проявляются, как правило, нейроциркуляторной дистонией: лабильность пульса и артериального давления, наклонность к гипотонии, боли в области сердца и др. Отмечаются также фазовые изменения состава периферической крови (лабильность показателей) с последующим развитием умеренной лейкопении, нейропении, эритроцитопении. Изменения костного мозга носят характер реактивного компенсаторного напряжения регенерации. Обычно эти изменения возникают у лиц по роду своей работы постоянно находившихся под действием электромагнитного излучения с достаточно большой интенсивностью. Работающие с магнитным и электромагнитным полями, а также население, живущее в зоне действия мощных радиопередающих установок, жалуются на раздражительность, нетерпеливость. Через 1–3 года у некоторых появляется чувство внутренней напряженности, суетливость. Нарушаются внимание и память. Возникают жалобы на малую эффективность сна и на утомляемость.

Поля с частотой ниже 1 МГц не вызывают значительного нагревания, но приводят в образованию электрических токов в тканях. Плотность тока является основной дозиметрической величиной для полей радиочастотного диапазона.

Многие химические реакции, связанные с жизнедеятельностью человека, связаны с нормальными «фоновыми» уровнями токов, составляющими около 10 мА/м^2 (см. таблицу 7).

Индуцированные токи с плотностью более 100 мА/м^2, могут оказывать воздействие на функционирование организма и вызывать непроизвольные сокращения мышц.

Поле с частотой от 1 МГц до 10 ГГц проникают вглубь тканей и вызывают нагрев в связи с поглощением энергии в этих тканях. Глубина проникновения полей радиочастотного диапазона в ткань зависит от частоты поля: чем меньше частота, тем глубже проникновение.

Поле с частотой выше 10 ГГц поглощаются поверхностью кожи, при этом очень незначительная часть энергии проникает в подкожные ткани.

Основной дозиметрической величиной на частотах выше 10 ГГц является поток энергии поля, измеряемый как плотность мощности в ваттах на квадратный метр (Вт/м^2) или, в случае слабых полей, в милливаттах на квадратный метр (мВт/м^2) или микроваттах на квадратный метр (мкВт/м^2).

Для того, чтобы электромагнитное излучение с частотой выше 10 ГГц могло вызвать отрицательные последствия для здоровья, например, катаракты и ожоги кожи, поток энергии должен превышать 1000 Вт/м^2. Такие величины не встречаются в повседневной жизни. В то же время они наблюдаются вблизи мощных радаров. Согласно существующим нормам присутствие людей в этих зонах не допускается.

4.3 Действие электрического и магнитного полей промышленной частоты

При переходе от постоянных (и медленно меняющихся) полей к ЭМП, меняющимся с частотой в десятки Гц и более, можно отметить, что их электродинамическое действие на биообъекты гораздо сильнее. Дело в том, что переменные электрическое и магнитное поля могут проникать в поверхностные слои тела (во всяком случае – на глубину скин-слоя) и создавать в них наведенные токи. Плотность этих токов пропорциональна частоте поля, а поглощенная энергия – квадрату амплитуды воздействующего поля. Можно ожидать, что усиление электродинамического действия приведет к росту биологических эффектов.

Обобщенные данные о субъективных жалобах пользователей и возможные причины их проявления приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Субъективные жалобы пользователей персонального компьютера и возможные причины их происхождения

Субъективные жалобы	Возможные причины
резь в глазах	визуальные эргономические параметры монитора, освещение на рабочем месте и в помещении
головная боль	аэроионный состав воздуха в рабочей зоне, режим работы
повышенная нервозность	электромагнитное поле, цветовая гамма помещения, режим работы
повышенная утомляемость	электромагнитное поле, режим работы
расстройство памяти	электромагнитное поле, режим работы
нарушение сна	электромагнитное поле, режим работы
выпадение волос	электростатические поля, режим работы
прыщи и покраснение кожи	электростатические поле, аэроионный и пылевой состав воздуха в рабочей зоне
боли в животе	неправильная посадка, вызванная неправильным устройством рабочего места
боль в пояснице	неправильная посадка пользователя, вызванная устройством рабочего места, режим работы
боль в запястьях и пальцах	неправильная конфигурация рабочего места, в том числе высота стола не соответствует росту и высоте кресла; неудобная клавиатура; режим работы

5 Средства защиты от электромагнитных излучений

К мероприятиям по защите от действия ЭМП 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. Наибольшее значение при этом необходимо уделять выбору расстояния от источника излучения до рабочего места и сокращению времени пребывания человека в электромагнитном поле.

Защита временем применяется, когда нет возможности снизить интенсивность излучения в данной точке до предельно допустимого уровня. Это объясняется тем, что сокращение времени нахождения на рабочем месте под облучением практически всегда ведет к снижению производительности труда. Защита временем может осуществляться путем смены работающих, частичной автоматизацией процессов, дистанционным управлением установкой, перерывом в работе и т.д. В действующих ПДУ предусмотрена зависимость между интенсивностью плотности потока энергии и временем облучения.

Защита расстоянием основывается на падении интенсивности излучения, которое обратно пропорционально квадрату расстояния и применяется, если невозможно ослабить ЭМП другими мерами, в том числе и защитой временем. Защита расстоянием положена в основу зон нормирования излучений для определения необходимого разрыва между источниками ЭМП и жилыми домами, служебными помещениями и т.п. Для каждой установки, излучающей электромагнитную энергию, должны определяться санитарно-защитные зоны, в которых интенсивность ЭМП превышает ПДУ. Границы зон определяются расчетом, для каждого конкретного случая размещения излучающей установки при работе их на максимальную мощность излучения и контролируются с помощью приборов. В соответствии с ГОСТ 12.1.026-80 зоны излучения ограждаются либо устанавливаются соответствующие предупреждающие знаки.

При всех видах работ в условиях действия ЭМП, если не выполняются требования гигиенических норм, должны применяться средства защиты от электромагнитных излучений. Все средства защиты подразделяются на технические и организационные.

*К **техническим средствам*** защиты относятся: экранирование источников ЭМП, изоляция рабочих мест кабинами, заземление установок, использование материалов для экранирования, способных отражать и поглощать электромагнитные волны.

Экраны предназначены для ослабления электромагнитного поля в направлении распространения волн. Степень ослабления зависит от конструкции экрана и параметров излучения. Существенное влияние на эффективность защиты оказывает также материал, из которого изготовлен экран. Толщину экрана, обеспечивающую необходимое ослабление, можно

рассчитать. Однако расчетная толщина экрана обычно мала, поэтому она выбирается из конструктивных соображений. Толщина экрана в основном определяется частотой и мощностью излучения и мало зависит от применяемого металла. Очень часто для экранирования применяется металлическая сетка. Экраны из сетки имеют ряд преимуществ. Они просматриваются, пропускают поток воздуха, позволяют достаточно быстро ставить и снимать экранирующие устройства. Экранированию подлежат генераторы, фидерные линии, элементы высоковольтных электроустановок, разъемы рабочих контуров, индукционные катушки, рабочие конденсаторы, смотровые окна и установки в целом. Конструкция экрана в каждом отдельном случае должна обеспечивать наибольший эффект экранирования.

Экраны могут быть стационарными или переносными. Стационарное экранирующее устройство – это:

а) составная часть электрической установки в виде козырька, навеса или перегородки из металлических канатов, прутков, сеток, предназначенная для защиты персонала в открытых распределительных устройствах при осмотре оборудования и при оперативном наблюдении за производством работ;

б) часть строительных конструкций, в качестве защитных экранов в этом случае могут применяться металлическая сетка, металлический лист или любое другое проводящее покрытие, в том числе и специально разработанные строительные материалы. В ряде случаев достаточно использования заземленной металлической сетки, помещаемой под облицовочный или штукатурный слой.

Переносные экраны, также используемые при работах по обслуживанию электроустановок, бывают в виде съемных козырьков, навесов, перегородок, палаток, щитов.

Наряду со стационарными и переносными экранирующими устройствами применяются индивидуальные экранирующие комплекты (*индивидуальными средствами защиты*). В состав комплекта входят: спецодежда, спецобувь, средства защиты головы, а также рук и лица. Составные элементы комплектов объединяются в единую электрическую цепь и через обувь или с помощью специального проводника обеспечивают качественное заземление.

Защита персонала от воздействия радиоволн применяется при всех видах работ, если условия работы не удовлетворяют требованиям норм. Эта защита осуществляется следующими способами и средствами:

- использованием согласованных нагрузок и поглотителей мощности, снижающих напряженность и плотность потока энергии;
- экранированием рабочего места и источника излучения отражающими и поглощающими экранами или увеличением расстояния от рабочего места до источника излучения;

– подбором рациональных режимов работы оборудования и режима труда персонала;
– применением средств предупредительной защиты;
– применением делителей мощности, волноводных ослабителей мощности;
– применением спецодежды.

В остальном методы защиты от воздействия радиоволн не отличаются от защиты от ЭМП промышленной частоты.

*К **организационным мероприятиям*** относятся: строгий медицинский контроль при приеме на работу лиц не моложе 18 лет, регулярные периодические медицинские осмотры, инструктаж, обучение, строгое выполнение инструкций, обеспечение индивидуальными средствами защиты и пр.

6 Предельно допустимые уровни электромагнитных полей

В волновой зоне интенсивность поля оценивается величиной ППЭ, т.е. количеством энергии, падающей на единицу площади поверхности. В этом случае ППЭ выражается в Вт/м^2 или производных единицах: мВт/см^2, мкВт/см^2.

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 на рабочих местах регламентируются:

- временные допустимые уровни (ВДУ) ослабления геомагнитного поля (ГМП),
- ПДУ электростатического поля (ЭСП),
- ПДУ постоянного магнитного поля (ПМП).

Рабочее место - место постоянного или временного пребывания работающего в процессе трудовой деятельности (ГОСТ 12.1.005-88).

Предельно допустимые уровни (ПДУ) - уровни ЭМП, воздействие которых при работе установленной продолжительности в течение трудового дня не вызывает у работающих заболеваний или отклонений в состоянии здоровья в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколения.

Контроль уровней облучения должен производиться путем измерения нормируемого параметра электромагнитного поля на рабочем месте не реже двух раз в год, а также при вводе в действие новых источников излучения при реконструкции действующих установок, после ремонтных работ; при опытных и исследовательских работах уровни облучения необходимо проверять при каждом изменении условий труда. Измерения в каждой выбранной точке производятся не менее трех раз. Результат каждого измерения фиксируется в протоколе. За уровень электромагнитного облучения в данной точке принимается среднеарифметическое трех измерений.

Текущий гигиенический контроль уровней облучения должен производиться путем измерения нормируемого параметра электромагнитного поля на рабочем месте не реже двух раз в год, а также при вводе в действие новых источников излучения при реконструкции действующих установок, после ремонтных работ; при опытных и исследовательских работах уровни облучения необходимо проверять при каждом изменении условий труда. Измерения в каждой выбранной точке производятся не менее трех раз. Результат каждого измерения фиксируется в протоколе. За уровень электромагнитного облучения в данной точке принимается среднеарифметическое трех измерений. При этом определяются характеристики ЭМП в производственных помещениях,

Для действующих производственных объектов контроль ЭМП осуществляется преимущественно посредством инструментальных измерений. Для оценки уровней ЭМП используются приборы направленного приема (однокоординатные) и приборы ненаправленного приема, оснащенные изотропными (трехкоординатными) датчиками.

Измерения уровней ЭМП на рабочих местах должны осуществляться после выведения работника из зоны контроля.

Инструментальный контроль должен осуществляться приборами, прошедшими государственную аттестацию и имеющими свидетельство о поверке.

Результаты измерений следует оформлять в виде протокола и (или) карты распределения уровней электрических, магнитных или электромагнитных полей, совмещенной с планом размещения оборудования или помещения, где производились измерения.

Периодичность контроля - 1 раз в 3 года.

6.1 Нормирование постоянных и медленно меняющихся электрического и магнитного полей

Оценка и нормирование ослабления геомагнитного поля на рабочем месте производится на основании определения его интенсивности внутри помещения, объекта, технического средства и в открытом пространстве на территории, прилегающей к месту его расположения, с последующим расчетом коэффициента ослабления ГМП.

Допустимый коэффициент ослабления интенсивности геомагнитного поля на рабочих местах персонала в помещениях (объектах, технических средствах) в течение смены не должен превышать 2.

Оценка и нормирование ЭСП осуществляется по уровню электрического поля дифференцированно в зависимости от времени его воздействия на работника за смену [2]. Уровень ЭСП оценивают в единицах напряженности электрического поля (Е) в кВ/м. При напряженностях ЭСП менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется.

Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля ($E_{пду}$) при воздействии ≤1 часа за смену устанавливается равным 60 кВ/м.

При воздействии ЭСП более 1 часа за смену $E_{пду}$ определяются по формуле (1):

$$E_{пду} = \frac{}{} \qquad (1)$$

где t – время воздействия (час).

В диапазоне напряженностей 20–60 кВ/м допустимое время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты ($t_{доп}$) определяется по формуле (2):

$$t = \frac{\quad}{\quad} \qquad (2)$$

где $E_{факт}$ – измеренное значение напряженности ЭСП (кВ/м).

При напряженностях ЭСП, превышающих 60 кВ/м, работа без применения средств защиты не допускается.

Оценка и нормирование постоянного магнитного поля (ПМП) осуществляется по уровню магнитного поля дифференцированно в зависимости от времени его воздействия на работника за смену для условий общего (на все тело) и локального (кисти рук, предплечье) воздействия.

ПДУ напряженности (индукции) ПМП на рабочих местах представлены в таблице 8.

Таблица 8 - ПДУ постоянного магнитного поля на рабочих местах

Время воздействия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	общее		локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0 - 10	24	30	40	50
11 - 60	16	20	24	30
61 - 480	8	10	12	15

При необходимости пребывания персонала в зонах с различной напряженностью (индукцией) ПМП общее время выполнения работ в этих зонах не должно превышать предельно допустимое для зоны с максимальной напряженностью.

Действие на персонал статического электрического поля с напряженностью от 20 до 60 кВ/м для времени пребывания от 8 часов и до одного часа в сутки вызывает у человека головные боли, раздражительность, повышенную утомляемость, нарушение сна, эмоциональную возбудимость.

6.2 Нормирование электрического и магнитного полей радиочастотного диапазона

Основным документом, регламентирующим ЭМП в производственных условиях, являются СанПиН 2.2.4.1191-03 [1]. Их требования распространяются, в частности, на работников, подвергающихся воздействию электромагнитных полей диапазона радиочастот.

Оценка и нормирование ЭМП диапазона частот ≥ 10 кГц–30 кГц осуществляется раздельно по напряженности электрического поля (Е) в кВ/м и напряженности магнитного поля (Н) в А/м. Нормирование электромагнитных полей на рабочих местах персонала дифференцированно в зависимости от времени воздействия.

ПДУ напряженности электрического и магнитного поля при воздействии в течение всей смены составляет 500 В/м и 50 А/м, соответственно.

ПДУ напряженности электрического и магнитного поля при продолжительности воздействия до 2-х часов за смену составляет 1000 В/м и 100 А/м, соответственно.

Оценка и нормирование ЭМП диапазона частот ≥ 30 кГц–300 ГГц осуществляется по величине энергетической экспозиции (ЭЭ). ПДУ энергетических экспозиций (ЭЭ_ПДУ) на рабочих местах за смену представлены в таблице 9.

Таблица 9 - ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот >= 30 кГц - 300 ГГц

Параметр	$ЭЭ_{ПДУ}$ в диапазонах частот (МГц)				
	>= 0.03-3.0	>=3.0-30.0	>=30.0-50.0	>=50.0-300.0	>=300.0-300000.0
$ЭЭ_{E}$, $(В/м)^2$ * ч	20000	7000	800	800	-
$ЭЭ_{H}$, $(А/м)^2$ * ч	200	-	0.72	-	-
$ЭЭ_{ППЭ}$, (мкВт/$см^2$) * ч	-	-	-	-	200

Максимальные допустимые уровни напряженности электрического и магнитного полей, плотности потока энергии ЭМП не должны превышать значений, представленных в таблице 10.

Таблица 10 - Максимальные ПДУ напряженности и плотности потока энергии ЭМП диапазона частот >= 30 кГц - 300 ГГц

Параметр	Максимально допустимые уровни в диапазонах частот (МГц)				
	>= 0.03-3.0	>=3.0-30.0	>=30.0-50.0	>=50.0-300.0	>=300.0-300000.0
Е, В/м	500	300	80	80	-
Н, А/м	30	-	3.0	-	-
ППЭ, мкВт/$см^2$	-	-	-	-	1000, 5000*

6.3 Нормирование электрического и магнитного полей промышленной частоты

Для полей промышленной частоты (50 Гц) основным документом, регламентирующим ЭМП в производственных условиях, являются упоминавшиеся выше СанПиН 2.2.4.1191-03.

СанПиН 2.2.4.1191-03 устанавливают, в частности, на рабочих местах ПДУ электрического и магнитного полей промышленной частоты 50 Гц (ЭП и МП ПЧ).

Оценка ЭМП ПЧ (50 Гц) осуществляется раздельно по напряженности электрического поля (Е) в кВ/м и напряженности магнитного поля (Н) в А/м или индукции магнитного поля (В), в мкТл. Нормирование электромагнитных полей 50 Гц на рабочих местах персонала дифференцированно в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле.

Электросиловые установки с питанием от однофазной сети излучают линейно поляризованные поля. Для них нормируются действующие (эффективные) значения поля, определяемые как $A_м$ / ¯ (здесь $A_м$ – амплитудные значения напряженности электрического или магнитного поля).

Если питание электроустановки трехфазное, из-за сдвига фаз токов в шинах питания, могут излучаться ЭМП поляризованные эллиптически. В этом случае нормируются сами амплитудные значения полей.

Электрическое поле. Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м. При напряженностях в интервале больше 5 до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания в ЭП Т (час) рассчитывается по формуле (3):

$$T=(50/E)-2, \quad (3)$$

где Е – напряженность ЭП в контролируемой зоне, кВ/м,

Т – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч.

При напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин.

Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

Магнитное поле. Предельно допустимые уровни напряженности периодических МП устанавливаются для условий общего (на все тело) и локального (на конечности) воздействия (таблица 11).

Таблица 11 - ПДУ воздействия периодического магнитного поля частотой 50 Гц [2]

Время пребывания (час)	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

Допустимая напряженность МП внутри временных интервалов определяется линейной интерполяцией.

Список использованных источников

1. Трудовой кодекс Российской Федерации (ТК РФ) http://www.consultant.ru/popular/tkrf.

2. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Электромагнитные поля в производственных условиях» СанПиН 2.2.4.1191-03.

3. «Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах» ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ.

4. Руководство «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» Р 2.2.2006-05.

5. Методические указания «Гигиеническая оценка электрических и магнитных полей промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях» МУК 2.2.4.2491-08.

6. Федорович Г.В. Экологический мониторинг электромагнитных полей М.: 2004 – 71 с.

7. О состоянии надзора за источниками физических факторов неионизирующей природы и деятельности профильных подразделений ЦГСЭН. Информационный сборник статистических и аналитических материалов. ФЦГСЭН, М., 2002 г.

8. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 26.04.2011 N 342н "Об утверждении Порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда".

9. Санитарные нормы «Предельно допустимые уровни плотности потока энергии, создаваемой микроволновыми печами» СН № 2666-83.

10. Санитарные правила и нормы «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)» СанПиН 2.2.4/2.1.8.005-96.

11. Гигиенические нормативы «Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия электромагнитных излучений, создаваемых системами сотовой радиосвязи» ГН 2.1.8/2.2.4.019-94.