

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ГИГИЕНЫ ТРУДА

И. В. СКОРОБОГАТАЯ, Э. И. ЛЕОНОВИЧ

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2018

УДК 613.6(075.8)
ББК 51.24я73
С44

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве
учебно-методического пособия 21.06.2017 г., протокол № 10

Рецензенты: канд. мед. наук, доц. Т. С. Борисова; канд. мед. наук, доц.
Н. Л. Бацукова

Скоробогатая, И. В.

С44 Гигиеническая оценка электромагнитных излучений : учебно-методическое
пособие / И. В. Скоробогатая, Э. И. Леонович. – Минск : БГМУ, 2018. – 39 с.

ISBN 978-985-21-0006-9.

Содержит основные аспекты проблемы гигиенической оценки электромагнитных полей в
производственных условиях.

Предназначено для студентов 5–6-го курсов медико-профилактического факультета.

УДК 613.6(075.8)
ББК 51.24я73

ISBN 978-985-21-0006-9

© Скоробогатая И. В., Леонович Э. И., 2018
© УО «Белорусский государственный
медицинский университет», 2018

МОТИВАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМЫ

Электромагнитные излучения (ЭМИ) — важнейший физический фактор окружающей среды, влияющий на состояние здоровья населения. Контроль ЭМИ — одно из направлений деятельности государственного санитарного надзора в области коммунальной гигиены и гигиены труда.

Цель занятия: ознакомиться с существующими в природе излучениями в целом на примере их «рабочей» классификации, овладеть знаниями в области физических свойств ЭМИ, их биологического действия на организм человека, мер защиты от ЭМИ, принципов осуществления государственного санитарного надзора за ЭМИ.

Задачи занятия:

1. Изучить физические характеристики ЭМИ и особенности биологического действия на организм человека.
2. Освоить «рабочую» классификацию излучений.
3. Изучить методы гигиенической оценки ЭМИ.
4. Усвоить методику измерения параметров ЭМИ.
5. Научиться проводить гигиеническую оценку полученных результатов измерений.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного освоения темы студенту знать из курсов:

- *медицинской физики* — природу ЭМИ;
- *общей гигиены* — действие ультрафиолетового и инфракрасного излучения на организм человека.

Контрольные вопросы из смежных дисциплин:

1. Сущность электрической и магнитной составляющих ЭМИ.
2. Биологические эффекты, оказываемые ультрафиолетовым и инфракрасным излучением.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Классификация излучений.
2. Физические свойства ЭМИ.
3. Источники ЭМИ на производстве.
4. Биологическое действие ЭМИ на организм человека.
5. Гигиеническая оценка ЭМИ.
6. Методика проведения измерений ЭМИ.
7. Мероприятия по защите от воздействия ЭМИ.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА И ИХ НОРМИРОВАНИЕ

ЭМИ возникает вследствие излучения энергии от любых источников электрических токов (промышленные генераторы высокой частоты, генераторы телевизионных и радиолокационных станций, рентгеновские установки и другие источники). Это периодически переменное в пространстве электромагнитное поле (ЭМП), в котором переменные электрическое и магнитное поля тесно взаимосвязаны и любое изменение электрического поля влечет за собой изменение магнитного поля (и наоборот).

Проблема влияния на организм человека ЭМП как фактора среды обитания приобретает все большее значение, так как с каждым годом увеличиваются количество источников и мощность их излучения. ЭМП, независимо от уровня и диапазона частот, подлежат санитарно-эпидемиологическому нормированию.

Механизм продолжительного действия ЭМП, особенно малоинтенсивных излучений, на организм человека еще окончательно не изучен. Чувствительность органов и систем к радиоизлучениям определяется биофизическими параметрами (степень абсорбции и отражения, глубина проникновения), функциональным назначением органов, степенью их васкуляризации и др.

Результаты экспериментальных исследований на животных свидетельствуют, что действие ЭМП зависит от напряженности поля, продолжительности действия, частоты колебания волн. Так, с повышением частоты колебания электромагнитных волн влияние ЭМП усиливается, т. е. высокие (ВЧ) и сверхвысокие (СВЧ) частоты вызывают больший биологический эффект, чем низкие. Установлено, что электромагнитные волны миллиметрового диапазона почти полностью поглощаются кожей и действуют на ее рецепторы; сантиметрового и дециметрового — почти не поглощаются кожей, а проникают глубже и могут влиять непосредственно на структуры ткани, особенно мозга.

Наиболее изучены электромагнитные волны сантиметрового диапазона. Экспериментально доказано, что они обуславливают выраженные биологические эффекты у животных, сопровождающиеся повышением температуры тела, угнетением центральной нервной системы, необратимыми морфологическими изменениями в органах, снижением активности окислительно-восстановительных ферментов, генетическими нарушениями, дефектами развития, учащением случаев гибели. В хроническом опыте на животных получены данные, свидетельствующие об отрицательном действии ЭМП среднечастотного диапазона при напряженности 20–140 В/м, высокочастотного диапазона — при напряженности 8–50 В/м, ультравы-

сокочастотного диапазона — при напряженности 6–3 В/м и сверхвысоко-частотного импульсного прерывистого — при поверхностной плотности потока энергии (ППЭ) 10–50 мкВт/см². Указанные уровни обуславливали изменения в центральной нервной системе (начальное возбуждение сменяется процессом торможения), в сердечно-сосудистой системе (снижение частоты сердечных сокращений, изменения на электрокардиограмме и артериального давления), нарушение морфологического состава крови (уменьшение количества лейкоцитов, ретикулоцитов, ацидофильных гранулоцитов), что сопровождается нарушениями функционального состояния эндокринной системы, обменных процессов, дистрофическими процессами в тканях мозга, печени, селезенки, семенников. Таким образом, ЭМП высокого, ультравысокого и сверхвысокого частотных диапазонов могут привести к неблагоприятным изменениям в организме как подопытных животных, так и человека.

На основании обобщения результатов экспериментальных исследований были разработаны предельно допустимые уровни (ПДУ) (в зависимости от частоты или длины волны) электромагнитной энергии, которые легли в основу санитарных норм и правил.

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЙ, СУЩЕСТВУЮЩИХ В ПРИРОДЕ

Единой классификации излучений не существует, однако имеется «рабочая» классификация:

1. ЭМП неионизирующей части спектра:

- электростатическое поле (ЭСП);
- постоянное магнитное поле (ПМП);
- токи промышленной частоты;
- ЭМИ радиочастот;
- ЭМИ оптического диапазона — инфракрасное излучение, ультрафиолетовое излучение, лазерное излучение.

2. Ионизирующие излучения:

- рентгеновское;
- γ -излучение;
- α -излучение;
- β -излучение;
- нейтронное;
- позитронное и др.

3. По природе происхождения:

- а) природный естественный фон;

- б) техногенноизмененный фон:
- класс А (технологические) — это излучения, которые используются в технологических процессах, лечебно-диагностических целях;
 - класс Б (нетехнологические или паразитные) — это излучения, которые являются побочным продуктом какого-либо технологического процесса.

ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Человек подвергается постоянному воздействию ЭМИ, иными словами он находится в электромагнитной «паутине» (электромагнитном загрязнении или смоге).

Виды воздействия ЭМИ на человека:

- изолированное — от одного источника ЭМИ;
- смешанное — от двух и более источников;
- комбинированное — одновременное воздействие ЭМИ и других физических, химических и биологических факторов;
- постоянное — в течение всех 8 ч рабочего дня в производственных или в течение 24 ч в бытовых условиях;
- непостоянное — в течение определенного промежутка времени (менее 8 ч в производственных и менее 24 ч в бытовых условиях);
- локальное (местное) — воздействие на какую-либо часть тела человека;
- общее — воздействие на все тело человека.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

ЭМП — особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между заряженными частицами.

Физические причины существования ЭМП связаны с тем, что изменяющееся во времени электрическое поле порождает магнитное поле, а изменяющееся магнитное поле — вихревое электрическое поле: обе компоненты, непрерывно изменяясь, возбуждают друг друга. ЭМП неподвижных или равномерно движущихся заряженных частиц неразрывно связано с этими частицами. При ускоренном движении заряженных частиц ЭМП «отрывается» от них и существует независимо в форме электромагнитных волн, не исчезая с устранением источника (например, радиоволны не исчезают и при отсутствии тока в излучившей их антенне).

Электромагнитная энергия распространяется в воздухе в виде электромагнитных волн со скоростью, близкой к скорости света, равной 300 000 км/с.

Основными параметрами ЭМП являются:

- длина волны (λ);
- частота колебаний;
- скорость распространения.

Все три характеристики ЭМП связаны между собой. Длина волны прямо пропорциональна скорости распространения ЭМП и обратно пропорциональна частоте колебаний.

Герц — одно полное колебание в секунду. Производные: кГц — 10^3 Гц, МГц — 10^6 Гц, ГГц — 10^9 Гц.

ЭМП характеризуется совокупностью переменного электрического и неразрывно связанного с ним магнитного полей. В зоне излучения электрическое и магнитное поля математически связаны между собой определенным соотношением.

Вокруг любого источника излучения волн ЭМП условно выделяют 3 зоны:

- 1) ближняя зона — зона индукции;
- 2) промежуточная зона — зона интерференции;
- 3) дальняя зона — волновая зона (зона излучения).

Если геометрические размеры источника излучения меньше длины волны (точечный источник), границы зон определяются следующими расстояниями (R):

- ближняя (индукции) — $R < \frac{1}{6}\lambda$;
- промежуточная (интерференции) — $\frac{1}{6}\lambda < R < 6\lambda$;
- дальняя (излучения) — $R > 6\lambda$ (рис.).

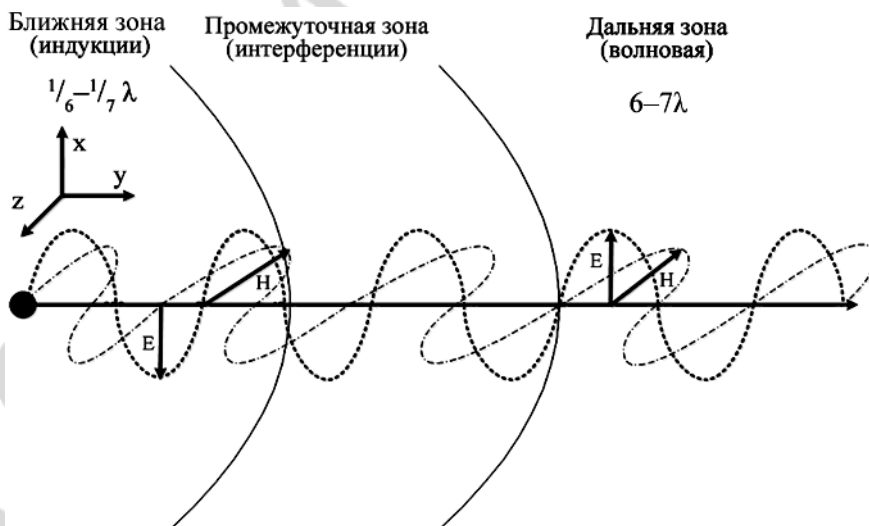


Рис. Зоны, формирующиеся вокруг точечного источника электромагнитного излучения: E — напряженность электрического поля, В/м; H — напряженность магнитного поля, А/м

Исходя из этой зависимости, в рабочем помещении источников излучения диапазона ВЧ и отчасти ультравысоких частот (УВЧ) (длинные, средние, в меньшей степени короткие и ультракороткие волны) преобладает поле индукции, а при генерировании микроволн — поле промежуточной зоны и зоны излучения.

Ориентировочные расстояния распространения поля индукции от излучателя представлены в табл. 1.

Таблица 1

Размер поля индукции для различных диапазонов волн

Диапазон волн		Размер поля индукции (ближняя зона)
ВЧ	Длинные	160–500 м
	Средние	16–160 м
	Короткие	1,6–16 м
УВЧ	Ультракороткие	16–160 см
СВЧ	Дециметровые	1,6–16 см
	Сантиметровые	0,6–1,6 см

В ближней зоне (зона индукции) между электрической и магнитной составляющими ЭМП нет определенной зависимости, и они могут отличаться друг от друга во много раз. Напряженности электрической (Е) и магнитной (Н) составляющих в зоне индукции смещены по фазе на 90°: когда одна из них достигает максимума, другая имеет минимальное значение.

В дальней зоне (зона излучения) напряженности обеих составляющих совпадают по фазе и в любой момент находятся в пропорциональной зависимости друг от друга. В этой зоне правомочна зависимость $E = 377 H$, где Е — напряженность электрического поля; Н — напряженность магнитного поля.

ЭМП по мере удаления от источника быстро ослабевают (затухают). При этом в зоне индукции напряженность электрической составляющей поля обратно пропорциональна расстоянию в третьей степени (R^3), а напряженность магнитной составляющей поля обратно пропорциональна расстоянию в квадрате (R^2).

В зоне излучения напряженности ЭМП убывают пропорционально расстоянию в первой степени (в 1, 2, 3 раза на расстоянии в 10, 20, 30 м).

Поскольку в ближней зоне (индукции) на работающих воздействуют различные по величине электрические и магнитные поля, интенсивности облучения работающих с низкими частотами, ВЧ и УВЧ оцениваются отдельно величинами напряженности электрической (в вольтах на метр) и магнитной (в амперах на метр) составляющих поля.

В дальней зоне (излучения), в которой практически находятся работающие с СВЧ, интенсивность поля оценивается по ППЭ, т. е. по количеству энергии, падающей на единицу поверхности. В таком случае ППЭ

выражается в ваттах на 1 м^2 или в производных единицах ($\text{мВт}/\text{см}^2$, $\text{мкВт}/\text{см}^2$). В гигиенической практике чаще приходится пользоваться выражением ППЭ в $\text{мВт}/\text{см}^2$ или $\text{мкВт}/\text{см}^2$ (табл. 2).

Таблица 2

Гигиеническая характеристика зон, формирующихся вокруг точечного источника электромагнитного излучения радиочастот на рабочем месте (расстояние от источника до тела работающего 0,6 м)

Название зоны	Физические процессы	Границы зоны	Гигиеническая оценка условий труда
Ближняя (индукции)	За счет действия возмущающей силы происходит преобразование электрической энергии (как правило) в электрическое поле и магнитное поле. Е и Н смещены по фазе на 90° : когда Е достигает максимума, Н становится минимальной	Пространство, ограниченное радиусом в $1/6$ длины волны	Проводится по Е (В/м) и Н (А/м)
Промежуточная (интерференции)	Происходит взаимодействие («наложение») электрического поля и магнитного поля	Пространство между радиусами от $1/6$ длины волны до 6 длин волн	Проводится по Е (В/м) и Н (А/м)
Дальняя (волновая)	Сформирована электромагнитная волна, Е и Н совпадают по фазе и соблюдается соотношение $E = 377 H$	Пространство, располагающееся далее 6 длин волн	ППЭ ($\text{Вт}/\text{м}^2$)

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ РАДИОЧАСТОТ

В понятие «электромагнитное поле радиоволн» входит весь диапазон радиочастот, ограниченный, с одной стороны, частотой 10^3 Гц (длина волны 300 км), а с другой — частотой 10^{12} Гц (длина волны 0,03 мм). Этот участок спектра электромагнитных волн применяют в радиовещании, телевидении, радиолокации, радиоастрономии, сотовой, спутниковой связи и др.

Частота колебаний ЭМИ определяется частотой колебаний возбуждающего источника и в процессе распространения радиоволн не изменяется. Скорость распространения радиоволн в пространстве составляет 300 000 км/с.

Электромагнитные волны, распространяясь в пространстве, переносят энергию на значительные расстояния.

В табл. 3 приведена номенклатура диапазонов частот (волн), для которых устанавливаются ПДУ влияния ЭМП.

Таблица 3

Номенклатура диапазонов частот (волн)

Соответствующее метрическое подразделение диапазонов	Диапазон волн	Диапазон частот	Номер диапазона
Километровые волны (низкие частоты)	От 10^4 до 10^3 м	От 30 до 300 кГц	5
Гектометрические волны (средние частоты)	От 10^3 до 10^2 м	От 300 до 3000 кГц	6
Декаметровые волны (ВЧ)	От 10^2 до 10 м	От 3 до 30 МГц	7
Метровые волны (очень высокие частоты)	От 10 до 1 м	От 30 до 300 МГц	8
Дециметровые волны (УВЧ)	От 1 до 0,1 м	От 300 до 3000 МГц	9
Сантиметровые волны (СВЧ)	От 10 до 1 см	От 3 до 30 ГГц	10
Миллиметровые волны (крайне высокие частоты)	От 1 до 0,1 см	От 30 до 300 ГГц	11

ЭМП в диапазонах частот 5–8 оценивают по напряженности электрического поля (Е), а в диапазонах 9–11 — по поверхностной ППЭ. В диапазоне километровых, гектаметровых и дециметровых волн и частично метровых волн сейчас работают станции радиовещания и радиосвязи; в диапазоне метровых волн — телецентры и телевизионные ретрансляторы; в дециметровом, сантиметровом и миллиметровом диапазонах — радиолокационные станции, системы радионавигации и радиоастрономии (табл. 4).

Таблица 4

Классификация электромагнитных излучений радиочастот

Применение	ПДУ	Длина волны	Частота
Длинноволновая связь, индукционный нагрев, физиотерапия, радионавигация	25 В/м	10–1 км	Низкая (30–300 кГц)
Радиосвязь, радиовещание, индукционный нагрев, физиотерапия	15 В/м	1–0,1 км	Средняя (300 кГц – 3 МГц)
Телевидение, радиолокация	10 В/м	100–10 м	ВЧ (3–30 МГц)
Радиотелефонная связь	3 В/м	10–1 м	Очень высокая (30–300 МГц)
Радиотелефонная связь	10 мкВт/см ²	1–0,1 м	УВЧ (300 МГц – 3 ГГц)
Сотовая и спутниковая связь, радиолокация	10 мкВт/см ²	10–1 см	СВЧ (3–30 ГГц)
Радиорелейная связь, физиотерапия	–	1–0,1 см	Крайне высокая (30–300 ГГц)

Биологическое действие ЭМП радиочастот:

– острое (ЭМИ УВЧ, СВЧ) — термический эффект: переход электромагнитной энергии в тепловую, что клинически проявляется коллапсом, в редких случаях возможен летальный исход;

– хроническое — атермический эффект или хроническая волновая болезнь: длительное воздействие ЭМИ радиочастот ведет к изменению (нарушению) биопотенциала клетки.

Хроническая волновая болезнь включает в себя:

– гематологический симптом (угнетение кроветворения);

– поражение ЦНС (нейроциркуляторная дистония);

– развитие катаракты;

– вероятностное канцерогенное действие (опухоли головного мозга).

Канцерогенное действие еще пока полностью не доказано.

Принципы гигиенической оценки воздействия ЭМИ радиочастот (30 кГц – 300 ГГц):

1) гигиеническим нормативом нормируемых параметров ЭМИ радиочастотного диапазона является ПДУ;

2) ПДУ нормируемых параметров ЭМИ радиочастотного диапазона устанавливаются с учетом:

– предельно допустимой энергетической экспозиции (ЭЭ) для данного диапазона;

– фактического времени облучения работающего;

3) нормируемые показатели ЭМИ радиочастотного диапазона устанавливаются с учетом частотного диапазона излучения:

– в диапазоне от 30 кГц до 300 МГц интенсивность ЭМИ оценивается по напряженности электрического поля (В/м) и напряженности магнитного поля (А/м);

– в диапазоне от 300 МГц до 300 ГГц интенсивность ЭМИ оценивается по ППЭ (Вт/м²);

4) оценка превышения гигиенических нормативов проводится по абсолютной разности превышения ПДУ фактическими значениями нормируемых параметров (напряженность электрического поля, напряженность магнитного поля или ППЭ).

ПДУ ЭМИ радиочастот изложены в гигиеническом нормативе «Предельно допустимые уровни электромагнитных излучений радиочастотного диапазона при их воздействии на человека».

ЭЭ ЭМИ радиочастот в диапазоне частот 30 кГц – 300 МГц является математической функцией напряженности электрического поля, напряженности магнитного поля и времени их воздействия на человека.

ЭЭ, создаваемая электрическим полем, выражается в (В/м)² · ч и рассчитывается по формуле

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 T,$$

где ЭЭ_E — ЭЭ напряженности электрического поля; E — напряженность электрического поля; T — время воздействия на человека.

ЭЭ, создаваемая магнитным полем, выражается в $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$ и рассчитывается по формуле

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 T,$$

где ЭЭ_H — ЭЭ напряженности магнитного поля; H — напряженность магнитного поля; T — время воздействия на человека.

ЭЭ ЭМИ радиочастот в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц является математической функцией ППЭ ЭМИ радиочастот и времени его воздействия на человека (T), выражается в $(\text{мкВт/см}^2) \cdot \text{ч}$ и рассчитывается по формуле

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

где $\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}}$ — ЭЭ ППЭ ЭМИ радиочастот.

ЭЭ за рабочий день (рабочую смену) для работников не должна превышать значений, установленных табл. 1 гигиенического норматива «Предельно допустимые уровни электромагнитных излучений радиочастотного диапазона при их воздействии на человека».

Таблица 5

Предельно допустимые значения энергетической экспозиции электромагнитного излучения радиочастотного диапазона в производственных условиях

Предельно допустимая ЭЭ			Диапазоны частот
По ППЭ, (мкВт/см^2) · ч	По магнитному полю, (А/м) ² · ч	По электрическому полю, (В/м) ² · ч	
–	200	20 000	30 кГц – 3 МГц
–	–	7 000	3–30 МГц
–	0,72	800	30–50 МГц
–	–	800	50–300 МГц
200	–	–	300 МГц – 300 ГГц

ПДУ интенсивности ЭМИ радиочастот ($E_{\text{ПДУ}}$, $H_{\text{ПДУ}}$, $\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}}$) в зависимости от времени воздействия в течение рабочего дня (рабочей смены) должны определяться по следующим формулам:

$$E_{\text{ПДУ}} = (\text{ЭЭ}_{E \text{ пд}} / T)^{1/2},$$

$$H_{\text{ПДУ}} = (\text{ЭЭ}_{H \text{ пд}} / T)^{1/2},$$

$$\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}} = \text{ЭЭ}_{\text{ППЭ пд}} / T,$$

где $E_{\text{ПДУ}}$ — ПДУ напряженности электрического поля; $H_{\text{ПДУ}}$ — ПДУ напряженности магнитного поля; $\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}}$ — ПДУ ППЭ ЭМИ радиочастот; $\text{ЭЭ}_{E \text{ пд}}$ — предельно допустимое значение ЭЭ напряженности электрического поля; $\text{ЭЭ}_{H \text{ пд}}$ — предельно допустимое значение ЭЭ напря-

женности магнитного поля; $\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ ПД}}$ — предельно допустимое значение ЭЭ ППЭ ЭМИ радиочастот; T — время воздействия на человека.

Допустимое время воздействия в зависимости от интенсивности ЭМИ радиочастот должно определяться по формулам:

$$T = \text{ЭЭ}_{E \text{ ПД}} / E^2,$$

$$T = \text{ЭЭ}_{H \text{ ПД}} / H^2,$$

$$T = \text{ЭЭ}_{\text{ППЭ ПД}} / \text{ППЭ},$$

где T — допустимое время воздействия на человека; $\text{ЭЭ}_{E \text{ ПД}}$ — предельно допустимое значение ЭЭ электрического поля; $\text{ЭЭ}_{H \text{ ПД}}$ — предельно допустимое значение ЭЭ магнитного поля; $\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ ПД}}$ — предельно допустимое значение ЭЭ ППЭ ЭМИ радиочастот.

Значения уровней напряженности электрического поля и магнитного поля в зависимости от продолжительности воздействия ЭМИ радиочастот не должны превышать ПДУ, установленные гигиеническим нормативом (табл. 6).

Таблица 6

Предельно допустимые уровни напряженности электрической и магнитной составляющих электромагнитного излучения в диапазоне частот 30 кГц – 300 МГц в производственных условиях в зависимости от продолжительности воздействия

Продолжительность воздействия, ч	E _{ПДУ} , В/м			H _{ПДУ} , А/м	
	0,03–3 МГц	3–30 МГц	30–300 МГц	0,03–3 МГц	30–50 МГц
8 и более	50	30	10	5	0,3
7,5	52	31	10	5	0,31
7	53	32	11	5,3	0,32
6,5	55	33	11	5,5	0,33
6	58	34	12	5,8	0,34
5,5	60	36	12	6	0,36
5	63	37	13	6,3	0,38
4,5	67	39	13	6,7	0,4
4	71	42	14	7,1	0,42
3,5	76	45	15	7,6	0,45
3	82	48	16	8,2	0,49
2,5	89	52	18	8,9	0,54
2	100	59	20	10	0,6
1,5	115	68	23	11,5	0,69
1	141	84	28	14,2	0,85
0,5	200	118	40	20	1,2
0,25	283	168	57	28,3	1,7
0,125	400	236	80	40	2,4
0,08 и менее	500	296	80	50	3

При продолжительности воздействия менее 0,08 ч дальнейшее повышение интенсивности воздействия не допускается.

Значения уровней ППЭ в зависимости от продолжительности воздействия ЭМИ радиочастот не должны превышать ПДУ, установленные гигиеническим нормативом (табл. 7).

Таблица 7

Предельно допустимые уровни плотности потока энергии в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц в производственных условиях в зависимости от продолжительности воздействия

ПДУ ППЭ, мкВт/см ²	Продолжительность воздействия, ч
25	8 и более
27	7,5
29	7
31	6,5
33	6
36	5,5
40	5
44	4,5
50	4
57	3,5
67	3
80	2,5
100	2
133	1,5
200	1
400	0,5
800	0,25
1000	0,2 и менее
5000	0,2 и менее (для случаев локального облучения кистей рук при работе с микрополосковыми сверхвысокочастотными устройствами)

При продолжительности воздействия менее 0,2 ч дальнейшее повышение интенсивности воздействия не допускается.

Для случаев облучения работников от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования с частотой не более 1 Гц и скважностью не менее 20, ПДУ воздействия должны определяться по формуле

$$ППЭ_{ПДУ} = K \cdot ЭЭ_{ППЭ_{ПД}} / T,$$

где K — коэффициент ослабления биологической активности прерывистых воздействий, равный 10; $ППЭ_{ПДУ}$ — ПДУ ППЭ ЭМИ радиочастот; $ЭЭ_{ППЭ_{ПД}}$ — предельно допустимое значение ЭЭ ППЭ ЭМИ радиочастот; T — время воздействия на человека.

Независимо от продолжительности воздействия интенсивность ЭМИ радиочастот не должна превышать максимальных значений, установленных гигиеническим нормативом.

Для случаев локального облучения кистей рук при работе с микрополосковыми сверхвысокочастотными устройствами ПДУ воздействия должны определяться по формуле

$$\text{ППЭ}_{\text{пду}} = K_1 \cdot \text{ЭЭ}_{\text{ппэ пд}} / T,$$

где K_1 — коэффициент ослабления биологической эффективности, равный 12,5.

При этом независимо от продолжительности воздействия ППЭ на кистях рук не должна превышать максимального значения, установленного гигиеническим нормативом.

ПДУ ЭМИ радиочастот должны определяться исходя из того, что воздействие имеет место в течение всего рабочего дня (рабочей смены).

Сокращение продолжительности воздействия ЭМИ радиочастот должно быть подтверждено технологическими, организационно-распорядительными документами и (или) результатами хронометража рабочего дня (рабочей смены).

Предельно допустимое время работы должно вноситься в инструкции по технике безопасности и в технологические документы, а на источниках ЭМИ радиочастот или в непосредственной близости от них должны быть размещены соответствующие предупреждения, указывающие на присутствие ЭМИ.

Нахождение работников без средств индивидуальной защиты в местах, где интенсивность ЭМИ радиочастот превышает ПДУ для минимальной продолжительности воздействия, запрещено.

При одновременном облучении от нескольких источников ЭМИ радиочастот, для которых установлены одни и те же ПДУ, должны соблюдаться следующие условия:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n (E_i^2 T_i) &\leq \text{ЭЭ}_{E \text{ пд}}, & (\sum_{i=1}^n E_i^2)^{1/2} &= E_{\text{сумм}} \leq E_{\text{пду}}, \\ \sum_{i=1}^n (H_i^2 T_i) &\leq \text{ЭЭ}_{H \text{ пд}}, & (\sum_{i=1}^n H_i^2)^{1/2} &= H_{\text{сумм}} \leq H_{\text{пду}}, \\ \sum_{i=1}^n (\text{ППЭ}_i T_i) &\leq \text{ЭЭ}_{\text{ппэ пд}}, & \sum_{i=1}^n \text{ППЭ}_i &= \text{ППЭ}_{\text{сумм}} \leq \text{ППЭ}_{\text{пду}}, \end{aligned}$$

где E_i — напряженность электрического поля, создаваемая источником ЭМИ радиочастот под i -м номером; H_i — напряженность магнитного поля, создаваемая источником ЭМИ радиочастот под i -м номером; ППЭ_i — ППЭ, создаваемая источником ЭМИ радиочастот под i -м номером; $\text{ЭЭ}_{E \text{ пд}}$ — предельно допустимое значение ЭЭ напряженности электрического поля; $\text{ЭЭ}_{H \text{ пд}}$ — предельно допустимое значение ЭЭ напряженности магнитного поля; $\text{ЭЭ}_{\text{ппэ пд}}$ — предельно допустимое значение ЭЭ ППЭ ЭМИ радиочастот.

стот; $E_{\text{ПДУ}}$ — ПДУ напряженности электрического поля; $H_{\text{ПДУ}}$ — ПДУ напряженности магнитного поля; $\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}}$ — ПДУ ППЭ ЭМИ радиочастот; $E_{\text{сумм}}$ — суммарное значение напряженности электрического поля; $H_{\text{сумм}}$ — суммарное значение напряженности магнитного поля; $\text{ППЭ}_{\text{сумм}}$ — суммарное значение ППЭ; T_i — время воздействия i -го источника; n — количество источников ЭМИ радиочастот.

При одновременном облучении от нескольких источников ЭМИ радиочастот, для которых установлены разные ПДУ, должны соблюдаться следующие условия:

$$\sum_{i=1}^n (\text{ЭЭ}_i / \text{ЭЭ}_{\text{ПД}i}) \leq 1,$$

где ЭЭ_i — ЭЭ i -го нормируемого диапазона; $\text{ЭЭ}_{\text{ПД}i}$ — предельно допустимое значение ЭЭ для i -го нормируемого диапазона.

Каждый радиотехнический объект должен иметь санитарный паспорт, где в обязательном порядке в ситуационном плане указываются размеры санитарно-защитной зоны и зоны ограничения застройки, установленные расчетным путем, результаты инструментальных измерений интенсивности ЭМИ радиочастот, сведения о радиотехническом объекте и его владельце. В практике очень часто встречаются ситуации, когда в непосредственной близости друг от друга находятся несколько радиотехнических объектов. В этом случае для гигиенической оценки интенсивности поля от всех источников необходимо оценить ЭМП, создаваемое всеми работающими радиотехническими объектами.

Граница санитарно-защитной зоны определяется на высоте 2 м от поверхности земли до установленных ПДУ ЭМП соответствующего диапазона.

Граница ограничения застройки — это граница (территория), где на высоте более 2 м от поверхности земли уровни ЭМП превышают ПДУ.

В санитарно-защитной зоне и зоне ограничения застройки запрещается размещение жилых и общественных зданий, учреждений образования, лечебно-профилактических организаций, детских дошкольных и спортивных учреждений, других объектов массового пребывания населения.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ 10–30 кГц

Основными источниками ЭМП диапазона частот 10–30 кГц являются оборудование и (или) технологические процессы (операции), в которых используются электроустановки и другое оборудование, работающее в диапазоне частот 10–30 кГц.

Принципы гигиенической оценки ЭМП диапазона частот 10–30 кГц (верхний предел диапазона не включается):

1) гигиеническим нормативом нормируемых параметров ЭМИ с диапазоном частот 10–30 кГц является ПДУ;

2) нормируемыми показателями ЭМИ с диапазоном частот 10–30 кГц являются:

– напряженность электрического поля с диапазоном частот 10–30 кГц (В/м);

– напряженность магнитного поля с диапазоном частот 10–30 кГц (А/м);

3) ПДУ нормируемых параметров ЭМИ с диапазоном частот 10–30 кГц устанавливаются с учетом времени воздействия:

– при воздействии в течение всей смены ПДУ напряженности электрического поля с диапазоном частот 10–30 кГц составляет 500 В/м, ПДУ напряженности магнитного поля с диапазоном частот 10–30 кГц составляет 50 А/м;

– при продолжительности воздействия до 2 ч за смену ПДУ напряженности электрического поля с диапазоном частот 10–30 кГц составляет 1000 В/м, ПДУ напряженности магнитного поля с диапазоном частот 10–30 кГц составляет 100 А/м;

4) оценка превышения гигиенических нормативов проводится по абсолютной разности превышения ПДУ фактическими значениями нормируемых параметров (напряженность электрического поля, напряженность магнитного поля).

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ 50 Гц

Основными источниками ЭМП промышленной частоты (50 Гц) являются следующие оборудование и (или) технологические процессы (операции):

– электроустановки переменного тока (линии электропередачи, распределительные устройства и другое оборудование);

– электросварочное оборудование;

– высоковольтное электрооборудование промышленного, научного, медицинского и другого назначения.

Принципы гигиенической оценки воздействия на человека ЭМП промышленной частоты (50 Гц):

1. Гигиеническим нормативом нормируемых параметров ЭМП промышленной частоты (50 Гц) является ПДУ.

2. Нормируемыми показателями ЭМП промышленной частоты (50 Гц) являются:

– напряженность электрического поля промышленной частоты (кВ/м);

– напряженность магнитного поля промышленной частоты (А/м) или индукция магнитного поля промышленной частоты (В, мкТл).

3. ПДУ нормируемых параметров ЭМП промышленной частоты (50 Гц) устанавливаются с учетом вида магнитного поля (синусоидальное, импульсное), условий воздействия (общее или локальное) и времени воздействия:

1) для значений напряженности электрического поля промышленной частоты (кВ/м):

– ПДУ напряженности на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м. Пребывание работников в электрическом поле с уровнем напряженности, не превышающим 5 кВ/м, допускается в течение всего рабочего дня;

– при напряженностях электрического поля в интервале от 5 до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания работников без применения индивидуальных средств защиты устанавливается согласно прил. 7 санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Гигиенические требования к электромагнитным полям в производственных условиях»;

– для промежуточных значений напряженности электрического поля (50 Гц) в интервале от 5 до 20 кВ/м, не указанных в табл. 8, допустимое время пребывания работников в электрическом поле (50 Гц) без средств защиты определяется по формуле

$$T = (50 / E) - 2,$$

где T — допустимое время пребывания в электрическом поле (50 Гц) при соответствующем уровне напряженности, ч; E — напряженность электрического поля (50 Гц) в контролируемой зоне, кВ/м;

– при напряженности электрического поля от 21 до 25 кВ/м допустимое время пребывания составляет 10 мин;

– при нахождении работников в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью электрического поля (50 Гц), допустимое время пребывания в электрическом поле (50 Гц) ($T_{\text{доп}}$) вычисляется по формуле

$$T_{\text{доп}} = 8 (t_{E1} / T_{E1} + t_{E2} / T_{E2} + \dots + t_{En} / T_{En}),$$

где $t_{E1}, t_{E2}, \dots, t_{En}$ — время пребывания в контролируемых зонах с напряженностью $E1, E2, \dots, En$, ч; $T_{E1}, T_{E2}, \dots, T_{En}$ — допустимое время пребывания в электрическом поле (50 Гц) для соответствующих контролируемых зон согласно табл. 8;

– допустимое время пребывания в электрическом поле (50 Гц) не должно превышать 8 ч;

2) источники постоянного магнитного поля (ПМП) такие же, как и источники электрического поля. Оценка воздействия на человека проводится аналогично, как и при электрическом поле, но нормируется не электрическая, а магнитная составляющая. ПДУ напряженности периодических магнитных полей (50 Гц) устанавливаются для общего (на все тело) и локального (на конечности) воздействия согласно табл. 9;

3) для значений напряженности (магнитной индукции) магнитного поля промышленной частоты:

а) для периодических (синусоидальных) магнитных полей промышленной частоты:

– ПДУ напряженности (магнитной индукции) устанавливаются для общего (на все тело) и локального (на конечности) воздействия согласно прил. 8 санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Гигиенические требования к электромагнитным полям в производственных условиях»;

– ПДУ напряженности магнитного поля промышленной частоты для общего воздействия в зависимости от времени пребывания работников в магнитном поле устанавливаются в соответствии с кривой интерполяции согласно прил. 9 санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Гигиенические требования к электромагнитным полям в производственных условиях»;

б) для импульсных магнитных полей ПДУ амплитудных значений напряженности магнитного поля устанавливаются согласно прил. 10 санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Гигиенические требования к электромагнитным полям в производственных условиях» в зависимости от общей продолжительности воздействия за рабочую смену и характеристики импульсных режимов генерации:

– режим I — импульсное время $t_{и} = 0,02$ с и более, $t_{п} = 2$ с и менее;

– режим II — импульсное время $t_{и}$ от 1 до 60 с включительно, $t_{п}$ более 2 с;

– режим III — импульсное время $t_{и}$ от 0,02 до 1 с включительно, $t_{п}$ более 2 с, где $t_{и}$ — длительность импульса; $t_{п}$ — длительность паузы между импульсами.

4. Оценка превышения гигиенических нормативов проводится по абсолютной разности превышения ПДУ фактическими значениями нормируемых параметров (напряженность электрического поля, напряженность магнитного поля, индукция магнитного поля).

Таблица 8

**Допустимое время пребывания работников в электрическом поле (50 Гц)
без применения индивидуальных средств защиты**

Допустимое время пребывания в электрическом поле (50 Гц) в течение суток, мин	Напряженность электрического поля (50 Гц) на рабочем месте, кВ/м
480	До 5 включительно
380	6
308	7
255	8
213	9
180	10
153	11
130	12
110	13
94	14
80	15
68	16
56	17
47	18
38	19
30	20
10	Свыше 20 до 25 включительно
Не допускается	Свыше 25

Таблица 9

**Предельно допустимые уровни напряженности магнитного поля (50 Гц)
для общего (на все тело) и локального (на конечности) воздействия**

ПДУ магнитного поля (50 Гц), Н (А/м) / В (мкТл) при воздействии		Время пребывания, ч
локальном	общем	
6400/8000	1600/2000	1 и менее
3200/4000	800/1000	2
1600/2000	400/500	4
800/1000	80/100	8

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Электростатическое поле — электрическое поле неподвижных электрических зарядов либо стационарное электрическое поле постоянного тока.

ЭСП не относится к излучениям с физической точки зрения. ЭСП — это образование и поступление в окружающую среду неподвижных электростатических разрядов, имеющих отрицательный заряд (например, молния). В отличие от электрического поля электростатические разряды не образуют волну, но по природе своего происхождения они одинаковы.

Основными источниками ЭСП являются следующее оборудование и (или) технологические процессы (операции):

- энергетические установки постоянного тока высокого напряжения;
- электростатическая сепарация руд и материалов;
- электрогазоочистка;
- электроворсование;
- электростатическое нанесение лакокрасочных и полимерных материалов;
- изготовление и обработка полимерных материалов;
- производство, обработка и транспортировка диэлектрических материалов в текстильной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, химической и других отраслях промышленности;
- изготовление и эксплуатация полупроводниковых приборов и микросхем;
- эксплуатация вычислительной, множительной техники и др.

Биологическое действие ЭСП на организм — нейроциркуляторная дистония. Данное биологическое действие ЭСП нельзя отнести к профессиональным, так как в развитии нейроциркуляторной дистонии задействован комплекс факторов, в том числе психические, физические и другие факторы: шум, вибрация и т. д.

Принципы гигиенической оценки воздействия на человека ЭСП:

1) гигиеническим нормативом нормируемых параметров ЭСП является ПДУ;

2) нормируемым показателем ЭСП является напряженность электрического поля (кВ/м);

3) ПДУ нормируемых параметров ЭСП устанавливаются с учетом времени воздействия:

– при напряженностях ЭСП менее 20 кВ/м время пребывания в ЭСП не ограничивается;

– ПДУ напряженности ЭСП при воздействии 1 ч или менее за смену устанавливается равным 60 кВ/м;

– в диапазоне напряженностей 20–60 кВ/м ПДУ устанавливается в зависимости от времени облучения без средств защиты;

– при напряженностях ЭСП, превышающих 60 кВ/м, работа без применения индивидуальных средств защиты запрещается;

4) оценка превышения гигиенических нормативов проводится по абсолютной разности превышения ПДУ фактическими значениями нормируемого параметра (напряженность электрического поля).

Напряженность ЭСП на рабочих местах регламентируется санитарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами «Гигиенические требования к электромагнитным полям в производственных условиях».

Напряженность ЭСП в производственных условиях без средств защиты должна быть не более 60 кВ/м при воздействии не более 1 ч, а ПДУ напряженности ЭСП в течение 8-часового рабочего дня — не более 20 кВ/м. При напряженностях ЭСП менее 20 кВ/м время пребывания в ЭСП не ограничивается. В диапазоне напряженности от 20 до 60 кВ/м допустимое время пребывания (Т) персонала без средств защиты определяется по формуле

$$T = (60 : \text{фактическая напряженность ЭСП})^2$$

либо определяется по табл. 10.

Таблица 10

Допустимое время пребывания работников в электростатическом поле без средств защиты в зависимости от значения напряженности электростатического поля

Напряженность ЭСП, кВ/м	Время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты, ч
60	1
53,7	1,25
49	1,5
45,4	1,75
42,4	2
40	2,25
37,9	2,5
36,2	2,75
34,6	3
33,3	3,25
32,1	3,5
31	3,75
30	4
29,1	4,25
28,3	4,5
27,5	4,75
26,8	5
26,2	5,25
25,6	5,5
25	5,75
24,5	6
24	6,25
23,5	6,5
23,1	6,75
22,7	7
22,3	7,25
21,9	7,5
21,6	7,75
21,2	8

Напряженность ЭСП, кВ/м	Время пребывания персонала в ЭСП без средств защиты, ч
21,2	8,25
20,6	8,5
20,3	8,75
20	9

Для определения ПДУ ЭСП используется формула

$$E_{\text{ПДУ}} = 60 / \overline{\text{время воздействия ЭСП}}$$

ПОСТОЯННОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Постоянное магнитное поле — поле, генерируемое постоянным электрическим током.

ПМП создается постоянным электрическим током или веществами, имеющими свойства постоянных магнитов. Электрическое поле постоянных магнитов сосредоточено в их веществе и не выходит за его пределы. ПМП используется в медицине как метод лечения (магнитная резонансная терапия).

Биологическое действие на организм переменного и постоянного магнитного поля:

- неспецифическое — нейроциркулярная дистония;
- специфическое — способствует развитию опухолей.

Основными источниками ПМП являются следующие оборудование и (или) технологические процессы (операции):

- обслуживание линий передач постоянного тока;
- электролитные ванны (гальваническое производство);
- производство и эксплуатация постоянных магнитов и электромагнитов;
- магнитогидродинамические генераторы;
- установки ядерного магнитного резонанса, электронного парамагнитного резонанса;
- реакторы термоядерного синтеза;
- сверхпроводящие магнитные системы и генераторы;
- магнитные сепараторы;
- постоянные магниты, электромагниты;
- при использовании магнитных материалов в приборостроении;
- производство алюминия, магнитов и магнитных материалов;
- сильноточные системы постоянного тока;
- физиотерапевтические аппараты и др.

Принципы гигиенической оценки воздействия на человека ПМП:

1) гигиеническим нормативом нормируемых параметров ПМП является ПДУ;

2) нормируемыми показателями ПМП являются: напряженность магнитного поля (А/м) или магнитная индукция (мТл): 1 мТл = 800 А/м; 1 А/м = 1,25 мкТл; 8 кА/м = 10 мТл;

3) ПДУ нормируемых параметров ПМП устанавливаются с учетом времени воздействия и условий воздействия (общее, локальное): ПДУ напряженности (магнитной индукции) ПМП на рабочих местах в зависимости от времени и условий воздействия устанавливаются согласно прил. 12 санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Гигиенические требования к электромагнитным полям в производственных условиях».

4) оценка превышения гигиенических нормативов проводится по разности превышения ПДУ фактическими значениями нормируемого параметра (напряженность магнитного поля или магнитная индукция).

ПДУ напряженности (магнитной индукции) ПМП на рабочих местах устанавливаются согласно табл. 11.

Таблица 11

Предельно допустимые уровни напряженности (магнитной индукции) постоянного магнитного поля на рабочих местах

Условия воздействия				Время воздействия за рабочий день, мин
Локальное		Общее		
ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	
50	40	30	24	0–10
30	24	20	16	11–60
15	12	10	8	61–480

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Контроль уровней ЭМП производится расчетными методами и (или) проведением измерений на рабочих местах. Расчетные методы могут использоваться при проектировании новых или реконструкции действующих объектов, являющихся источниками ЭМП. Для уже действующих источников контроль уровней ЭМП осуществляется посредством инструментальных измерений с использованием средств измерений направленного приема (однокоординатных) и приборов ненаправленного приема, оснащенных изотропными (трехкоординатными) антенными

преобразователями (антеннами, датчиками). Допускается для действующих источником ЭМП осуществлять контроль расчетными методами.

Измерения выполняются при работе источника ЭМП с наибольшей используемой мощностью, в том числе с максимальной. Измерения уровней ЭМП на рабочих местах должны осуществляться после выведения работника из зоны контроля.

Контроль уровней ЭМП должен осуществляться средствами измерений, прошедшими метрологическую аттестацию и имеющими свидетельство о метрологической аттестации. Гигиеническая оценка результатов измерений должна осуществляться с учетом погрешности используемого средства измерения. Запрещается проведение измерений при наличии атмосферных осадков, а также при температуре и влажности воздуха, выходящих за предельные рабочие параметры средств измерений.

Результаты измерений следует оформлять в виде протокола и (или) карты распределения уровней ЭМП, совмещенной с планом размещения оборудования или помещения. Оценка результатов проводится по санитарным нормам, правилам и гигиеническим нормативам «Гигиенические требования к электромагнитным полям в производственных условиях», а также санитарным нормам и правилам «Требования к электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона при их воздействии на человека» и гигиеническому нормативу «Предельно допустимые уровни электромагнитных излучений радиочастотного диапазона при их воздействии на человека».

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерение нормируемых показателей ЭМИ *радиочастотного диапазона (30 кГц – 300 ГГц)* на производстве должно проводиться при работе всех источников излучения в характерном режиме. Если в производственном помещении находятся и одновременно работают источники ЭМИ радиочастот, излучающие в диапазоне частот с разными гигиеническими нормативами, то измерение проводится отдельно в каждом диапазоне частот. Если при работе источников ЭМИ применяются защитные экраны, то измерения также должны проводиться с применением защитных экранов. При проведении измерений между источником излучения и приемной антенной прибора не должны находиться люди.

Измерения нормируемых параметров проводятся на постоянных рабочих местах. Измерения также проводятся в местах возможного нахождения персонала в процессе работы. При отсутствии постоянных рабочих мест для проведения замеров выбирают несколько точек в пределах рабочей зоны, где работник проводит не менее 50 % рабочего времени.

При проведении измерений в диапазоне от 30 кГц до 300 МГц применяются измерители ближнего поля типа NFM-1, ПЗ-16, позволяющие измерить напряженность электрического поля и напряженность магнитного поля. При проведении измерений на частотах от 300 МГц до 300 ГГц применяются измерители ППЭ типа ПЗ-13, ПЗ-9Г. Приборы должны быть поверены (иметь действующее свидетельство о поверке) и откалиброваны. Приборы используются в соответствии с инструкциями по их эксплуатации.

В каждой точке измерения проводят не менее 3 замеров на высотах 0,5; 1 и 1,7 м от пола или опорной поверхности, при этом регистрируют максимальные значения нормируемых показателей.

При проведении измерений предпочтение отдают приборам с изотропными антеннами, позволяющими сразу определять суммарную величину напряженности электрического или магнитного поля по трем ортогональным осям X, Y и Z. Если антенна в приборе не изотропная, следует проводить измерения в каждой выбранной точке по ортогональным осям пространства (X, Y, Z) и фиксировать максимальное значение, после чего напряженность электрического и магнитного полей определяют по формулам

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2};$$

$$H = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2}.$$

Результаты измерений оформляются в виде протокола, оцениваются в соответствии с санитарными нормами и правилами «Требования к электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона при их воздействии на человека» и гигиеническим нормативом «Предельно допустимые уровни электромагнитных излучений радиочастотного диапазона при их воздействии на человека».

Измерения интенсивности ЭМИ радиочастот не проводятся при отсутствии сведений о диапазоне рабочих частот, режимах работы, неизвестности источника.

При проведении измерений уровней ЭМП диапазона частот 10–30 кГц верхний предел диапазона (30 кГц) не включается в проведение измерений. Для измерения интенсивности ЭМП в данном диапазоне используют средства измерений, предназначенные для определения среднеквадратического значения напряженности электрического и (или) магнитного полей с установленной допустимой относительной погрешностью.

Измерения уровней ЭМП должны проводиться для всех рабочих режимов установок при наибольшей используемой мощности, в том числе максимальной. В случае измерений при неполной излучаемой мощно-

сти делается перерасчет до уровней максимального значения путем умножения измеренных значений на соотношение W_{\max} / W , где W_{\max} — максимальное значение мощности, W — мощность при проведении измерений.

Измерение уровней ЭМП промышленной частоты (50 Гц) осуществляется на рабочих местах работников, обслуживающих:

- электроустановки переменного тока — линии электропередачи, распределительные устройства и другое оборудование;
- электросварочное оборудование, высоковольтное электрооборудование промышленного, научного, медицинского и другого назначения.

При оценке ЭМП промышленной частоты (50 Гц) измеряется напряженность электрического поля и магнитного поля. Измерения электрического поля проводят средствами измерений ненаправленного приема с трехкоординатной емкостной антенной, автоматически определяющей максимальную напряженность электрического поля при любом положении в пространстве. При применении средств измерений направленного приема антенну необходимо располагать по осям так, чтоб зарегистрировать максимальные показания прибора.

Измерения напряженности магнитного поля проводят средствами измерений с трехкоординатной индукционной антенной, обеспечивающей автоматическое измерение напряженности магнитного поля при любой ориентации датчика в пространстве. При применении средств измерений направленного приема (преобразователь Холла и др.) необходимо регистрировать максимальные показания путем ориентации антенны в каждой выбранной точке пространства по ортогональным осям (X, Y, Z).

Измерения и расчет напряженности (индукции) магнитного поля должны производиться при максимальном рабочем токе электроустановки, или измеренные значения должны пересчитываться на максимальный рабочий ток (I_{\max}) путем умножения измеренных значений на отношение I_{\max} / I , где I — ток электроустановки при измерениях.

На стадии проектирования определение уровней электрического и магнитного полей промышленной частоты может осуществляться расчетными способами с учетом технических характеристик источника ЭМП по методикам (программам), обеспечивающим получение результатов с определенной установленной погрешностью, а также по результатам измерений на аналогичном оборудовании.

Количество зон и точек измерения определяется перепадом уровней напряженности электрического поля на рабочем месте: разница между зонами — 1 кВ/м и более. Измерение уровней электрического поля и магнитного поля проводят во всех зонах возможного нахождения работающего при выполнении им работ, связанных с эксплуатацией или ремонтом электроустановок.

Измерения напряженности электрического поля и магнитного поля должны проводиться на высоте 0,5; 1,5 и 1,8 м от пола и на расстоянии 0,5 м от оборудования и конструкций, стен зданий и сооружений.

Контроль за ЭМП на рабочих местах должен осуществляться:

- при проектировании, приемке в эксплуатацию, изменении конструкции источников ЭМП, технологического и другого оборудования с источниками ЭМП;
- при организации новых рабочих мест;
- при аттестации рабочих мест;
- в порядке государственного санитарного надзора за действующими источниками ЭМП.

Периодичность контроля уровней ЭМП — не реже 1 раза в год в порядке текущего контроля при внесении в условия и режим работы источников ЭМП изменений, влияющих на уровни излучений, после ремонта источников ЭМП, при вводе в эксплуатацию оборудования с источниками ЭМП и не реже 1 раза в 3 года — в порядке государственного санитарного надзора.

Контроль уровней ЭСП должен осуществляться на рабочих местах работников:

- обслуживающих оборудование для электростатической сепарации руд и материалов, электрогазоочистки, электростатического нанесения лакокрасочных и полимерных материалов и др.;
- обеспечивающих производство, обработку и транспортировку диэлектрических материалов в текстильной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, химической и других отраслях промышленности;
- эксплуатирующих энергосистемы постоянного тока высокого напряжения.

Контроль напряженности ЭСП должен осуществляться на постоянных рабочих местах работников или, в случае отсутствия постоянного рабочего места, в нескольких точках рабочей зоны, расположенных на разных расстояниях от источника ЭСП, в отсутствие работника.

Контроль напряженности ЭСП должен осуществляться на рабочих местах путем покомпонентного измерения полного вектора напряженности в пространстве или измерения модуля этого вектора.

Измерения напряженности ЭСП проводятся на 3 уровнях от опорной поверхности с учетом рабочей позы:

- 0,5; 1 и 1,4 м — в позе сидя;
- 0,5; 1 и 1,7 м — в позе стоя.

При проведении измерений регистрируют максимальное значение напряженности ЭСП.

При гигиенической оценке напряженности ЭСП на рабочем месте с ПДУ необходимо сопоставлять наибольшее из всех зарегистрированных значений.

Измерения ЭСП проводят с помощью приборов ИЭЗ-П (измеритель электрического заряда); ИНЭП-20Д (измеритель напряженности ЭСП).

Контроль напряженности ЭСП осуществляется посредством средств измерения, позволяющих определять величину напряженности электрического поля в свободном пространстве с допустимой относительной погрешностью не более $\pm 10\%$.

Контроль уровней ПМП должен осуществляться на рабочих местах работников, обслуживающих линии передачи постоянного тока, электролитные ванны, при производстве и эксплуатации постоянных магнитов и электромагнитов, магнитогидродинамических генераторов, установок ядерного магнитного резонанса, магнитных сепараторов, при использовании магнитных материалов в приборостроении и физиотерапии и пр.

Оценить уровень ПМП можно расчетными и инструментальными методами.

Расчет уровней ПМП производится с помощью современных вычислительных методов с учетом технических характеристик источника ПМП: силы тока, характера токопроводящих контуров и т. д.

Контроль уровней ПМП должен производиться путем измерения значений магнитной индукции или напряженности магнитного поля на постоянных рабочих местах работников или, в случае отсутствия постоянного рабочего места, в нескольких точках рабочей зоны, расположенных на разных расстояниях от источника ПМП при всех режимах работы источника или только при максимальном режиме. При гигиенической оценке уровней ПМП на рабочем месте с ПДУ сопоставляется наибольшее из всех зарегистрированных значений.

Контроль уровней ПМП на рабочих местах не осуществляется при значении магнитной индукции на поверхности магнитных изделий ниже ПДУ.

Измерения уровней ПМП проводят на 3 уровнях от опорной поверхности с учетом рабочей позы:

- 0,5; 1 и 1,4 м — в позе сидя;
- 0,5; 1 и 1,7 м — в позе стоя.

Контроль уровней ПМП для условий локального воздействия должен производиться на уровне конечных фаланг пальцев кистей, середины предплечья, середины плеча.

В случае непосредственного контакта рук человека с поверхностью магнита измерения магнитной индукции ПМП производятся путем непосредственного контакта датчика средства измерения с поверхностью магнита.

При гигиенической оценке уровней ПМП на рабочем месте с ПДУ сравнивается наибольшее из всех полученных значений. Приборы для измерения — ИМИ-3, Е-133 (измеритель магнитной индукции); Ш-1 — Ш-8.

Контроль уровней ЭМП промышленной частоты (50 Гц) должен осуществляться на рабочих местах работников, обслуживающих:

- электроустановки переменного тока — линии электропередачи, распределительные устройства и другое оборудование;
- электросварочное оборудование, высоковольтное электрооборудование промышленного, научного, медицинского и другого назначения.

Контроль уровней ЭМП промышленной частоты (50 Гц) осуществляется раздельно для электрических полей (50 Гц) и магнитных полей (50 Гц).

В электроустановках с однофазными источниками ЭМП контролируются действующие (эффективные) значения электрического поля (50 Гц) и магнитного поля (50 Гц):

$$E = E_m / \sqrt{2};$$

$$H = H_m / \sqrt{2};$$

где E_m и H_m — амплитудные значения изменения во времени напряженностей электрического поля (50 Гц) и магнитного поля (50 Гц).

В электроустановках с двух- и более фазными источниками ЭМП контролируются действующие (эффективные) значения напряженностей E_{\max} и H_{\max} , где E_{\max} и H_{\max} — действующие значения напряженностей по большей полуоси эллипса или эллипсоида.

На стадии проектирования определение уровней электрического поля (50 Гц) и магнитного поля (50 Гц) может осуществляться расчетным способом с учетом технических характеристик источника ЭМП по методикам (программам), обеспечивающим получение результатов с погрешностью не более $\pm 10 \%$, а также по результатам измерений уровней ЭМП, создаваемых аналогичным оборудованием.

При проведении контроля за уровнями ЭМП промышленной частоты (50 Гц) на рабочих местах должны соблюдаться установленные требованиями безопасности при эксплуатации электроустановок предельно допустимые расстояния от оператора, проводящего измерения, и измерительного прибора до токоведущих частей, находящихся под напряжением.

Контроль уровней электрического поля (50 Гц) и магнитного поля (50 Гц) должен осуществляться во всех зонах возможного нахождения человека при выполнении им работ, связанных с эксплуатацией и ремонтом электроустановок.

Измерения напряженности электрического поля (50 Гц) и магнитного поля (50 Гц) должны проводиться на высоте 0,5; 1,5 и 1,8 м от поверхности земли, пола помещения или площадки обслуживания оборудо-

вания и на расстоянии 0,5 м от оборудования и конструкций, стен зданий и сооружений.

На рабочих местах, расположенных на уровне поверхности земли и вне зоны действия экранирующих устройств, напряженность электрического поля (50 Гц) может измеряться на высоте 1,8 м.

При расположении нового рабочего места над источником магнитного поля (50 Гц) напряженность (индукция) магнитного поля (50 Гц) должна измеряться на уровне поверхности земли, пола помещения, кабельного канала или лотка.

Измерения и расчет напряженности электрического поля (50 Гц) должны производиться при наибольшем рабочем напряжении электроустановки или измеренные значения должны пересчитываться на это напряжение путем умножения измеренного значения на отношение U_{\max} / U , где U_{\max} — наибольшее рабочее напряжение электроустановки; U — напряжение электроустановки при измерениях.

Измерения уровней электрического поля (50 Гц) следует проводить средствами измерений, не искажающими электрическое поле (50 Гц), в соответствии с инструкцией по эксплуатации средств измерений.

Измерения электрического поля (50 Гц) рекомендуется производить средствами измерений ненаправленного приема с трехкоординатным емкостным датчиком (антенной), автоматически определяющим максимальный модуль напряженности электрического поля при любом положении в пространстве. Допускается применение средств измерений направленного приема с датчиком (антенной) в виде диполя, требующих ориентации датчика (антенны), обеспечивающей совпадение направления оси диполя и максимального вектора напряженности с допустимой относительной погрешностью ± 20 %.

Измерения и расчет напряженности (индукции) магнитного поля (50 Гц) должны производиться при максимальном рабочем токе электроустановки, или измеренные значения должны пересчитываться на максимальный рабочий ток (I_{\max}) путем умножения измеренных значений на отношение I_{\max} / I , где I — ток электроустановки при измерениях.

Измеряется напряженность (индукция) магнитного поля (50 Гц) при обеспечении отсутствия его искажения находящимися вблизи рабочего места железосодержащими предметами.

Измерения напряженности магнитного поля (50 Гц) должны проводиться средствами измерений с трехкоординатным индукционным датчиком (антенной), обеспечивающим автоматическое измерение модуля напряженности магнитного поля при любой ориентации датчика в пространстве с допустимой относительной погрешностью ± 10 %.

При использовании средств измерений направленного приема (преобразователь Холла и тому подобное) необходимо осуществлять поиск

максимального регистрируемого значения путем ориентации датчика (антенны) в каждой выбранной точке пространства в ортогональных осях (X, Y, Z).

Контроль уровней ЭМП диапазона частот 10–30 кГц должен осуществляться на рабочих местах работников, обслуживающих производственные установки и другое оборудование, работающее в диапазоне частот 10–30 кГц.

Измерения уровней ЭМП должны проводиться для всех рабочих режимов установок при наибольшей используемой мощности, в том числе максимальной. В случае измерений при неполной излучаемой мощности делается перерасчет до уровней максимального значения путем умножения измеренных значений на соотношение W_{\max} / W , где W_{\max} — максимальное значение мощности, W — мощность при проведении измерений.

Для измерения интенсивности ЭМП используются средства измерений, предназначенные для определения среднеквадратического значения напряженности электрического и (или) магнитного полей с допустимой относительной погрешностью не более $\pm 30\%$.

САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

Задания для самостоятельной работы

1. Изучить основные положения технических нормативных правовых актов, используемых в практике государственного санитарного надзора, регламентирующих требования к условиям труда работников, подвергающихся воздействию ЭМИ.
2. Записать в рабочей тетради классификацию ЭМИ.
3. Зарисовать в рабочей тетради рис. «Зоны, формирующиеся вокруг точечного источника электромагнитного излучения».
4. Зарисовать в рабочей тетради табл. 4 «Классификация электромагнитных излучений радиочастот».
5. Заполнить в рабочей тетради табл. 11 и 12.

Таблица 11

Гигиеническая оценка электромагнитных излучений

Вид ЭМИ	Нормируемые параметры и единицы измерения	Факторы, определяющие величину ПДУ

Профилактика неблагоприятного действия ЭМИ

Вид ЭМИ	Источники ЭМИ на производстве	Профилактические мероприятия		
		технологические	санитарно-технические (средства индивидуальной и коллективной защиты)	медико-профилактические

6. Записать основные направления санитарно-гигиенических профилактических мероприятий по предупреждению неблагоприятного влияния ЭМИ в производственных условиях.

7. Заполнить в рабочей тетради табл. 13.

**Требования к проведению измерений электромагнитных излучений
(на примере электромагнитных излучений радиочастот)**

Этапы работы	Требования технических нормативных правовых актов к выполнению работы
Выбор и подготовка средств измерений	
Гигиеническая оценка производственной обстановки	
Выбор точек измерения	
Выбор нормируемых параметров	
Проведение измерений	
Оформление результатов исследований и их гигиеническая оценка	

8. Решить ситуационные задачи с оформлением в рабочей тетради гигиенического заключения.

СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ**Задача 1**

При проведении проверки мебельной фабрики по соблюдению требований законодательства по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения было установлено, что технологический процесс производства мебели является многостадийным. На начальных этапах производства в сушильном цехе за счет энергии ЭМИ проводится сушка древесины в установках «ТВЧ-ЛЕС», рабочий диапазон излучений

индуктора — 25 МГц. Установка представляет собой комплекс оборудования, состоящий из шкафа с конденсаторами и трансформаторами, фидерных линий, которые передают преобразованные токи высокой частоты на индуктор-излучатель, размещенный непосредственно в сушильной камере. Стенки сушильной камеры экранированы, шкаф и фидерные линии частично экранированы.

Оператор сушильной установки помещает древесину в камеру, настраивает рабочий режим для сушки, проводит периодический визуальный контроль за технологическим процессом через остекленное смотровое окно (располагается на одной из боковых поверхностей камеры на высоте 1,5–1,9 м от уровня пола), после окончания операции извлекает высушенную древесину из камеры. Фактические уровни напряженности электрического поля на рабочем месте оператора у сушильной камеры на высотах 0,5; 1 и 1,7 м соответственно составили 29, 35, 48 В/м. При этом хронометражными исследованиями установлено, что фактическое время облучения оператора сушильной установки за смену составило 3,5 ч.

Задание:

1. Оценить результаты лабораторных исследований.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение с разработкой системы профилактических мероприятий.

Решение:

1. По условию задачи определяем вид ЭМИ: рабочая частота индуктора-излучателя 25 МГц, следовательно, оператор подвергается воздействию ЭМИ радиочастотного диапазона (диапазон радиочастотного излучения от 30 кГц до 300 ГГц). Измеренный нормируемый параметр для частоты 25 МГц — напряженность электрического поля. Гигиеническим нормативом для напряженности электрического поля является предельно допустимый уровень (ПДУ). Величина ПДУ зависит от времени облучения, которое фактически составило 3,5 ч. С учетом этих факторов из действующего технического нормативного правового акта в таблицу протокола (табл. 14) лабораторных исследований вносим значения ПДУ (45 В/м) для нормируемого параметра и рассчитываем превышение (по абсолютной разности).

Таблица 14

Уровни электромагнитного излучения

Место измерения	Время облучения, ч	Высота измерения, м	Напряженность электрического поля, В/м		Превышение ПДУ, В/м
			фактическая	ПДУ	
Рабочее место оператора сушильной установки	3,5	0,5	29	45	–
		1	35		–
		1,7	48		3

2. Санитарно-гигиеническое заключение: при проведении проверки мебельной фабрики по соблюдению требований законодательства по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения было установлено, что технологический процесс производства мебели является многостадийным. На начальном этапе в сушильном цехе для сушки древесины используются установки «ТВЧ-ЛЕС», рабочий диапазон излучений индуктора установки составляет 25 МГц, управление установкой осуществляет оператор, фактическое время облучения которого за смену составляет 3,5 ч. Шкаф с конденсаторами и трансформаторами, фидерные линии частично экранированы. Источником ЭМИ радиочастотного диапазона являются неэкранированные части установки и индуктор, располагающийся в сушильной камере. Результаты измерений представлены в табл. 14.

В ходе проверки выявлено следующее нарушение санитарных норм и правил/гигиенических нормативов (следует указать название и реквизиты утверждения технического нормативного правового акта): превышение ПДУ напряженности электрического поля на высоте 1,7 м на 3 В/м.

Для снижения неблагоприятного воздействия ЭМИ радиочастотного диапазона на оператора сушильной установки рекомендовано:

- полностью экранировать шкаф и фидерные линии установки;
- заменить существующее стекло смотрового окна сушильной камеры на стекло с фильтром от ЭМИ частотой 25 МГц;
- обеспечить оператора сушильной установки средствами индивидуальной защиты (специальная одежда с экранирующими свойствами, очки).

Задача 2

При осуществлении мониторинга за соблюдением законодательства по обеспечению санитарно-гигиенического благополучия на машиностроительном предприятии было установлено, что грузы в механическом цехе перемещаются с помощью электрокаров. Водитель электрокара управляет машиной сидя и подвергается воздействию ЭСП. Напряженность ЭСП на высотах 0,5; 1 и 1,4 м составляет 30, 28, 20 кВ/м соответственно. При проведении хронометража рабочего времени было установлено, что работа на электрокаре осуществляется в течении всей рабочей смены (8 ч). Водитель электрокара не обеспечен средствами индивидуальной защиты от ЭСП.

Задание:

1. Оценить результаты лабораторных исследований.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение с разработкой системы профилактических мероприятий.

Задача 3

При санитарно-гигиенической проверке термического участка было установлено, что при нагреве металлических заготовок под дальнейшую штамповку на работников данного участка воздействует ЭМП, создаваемое индукционной нагревательной установкой ПЕТРА-0501, работающей в диапазоне 18–22 кГц. При проведении лабораторных замеров на рабочем месте термиста было выявлено, что напряженность магнитного поля составила 132 А/м, а напряженность электрического поля — 1260 В/м. Согласно хронометражным исследованиям, индукционный нагрев заготовок проводится в течение 50 мин за рабочую смену.

Задание:

1. Оценить результаты лабораторных исследований.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение с разработкой системы профилактических мероприятий.

Задача 4

В центр гигиены и эпидемиологии поступило извещение об установлении диагноза хронического профессионального заболевания — катаракты правого глаза — у радиоинженера Н., работающего на радиостанции. Стаж работы заболевшего — 10 лет, возраст — 35 лет.

Врачом по гигиене труда проведено обследование условий труда с оценкой производственных операций, выполняемых инженером Н. Было установлено, что радиопередающие устройства, с которыми находится в контакте Н., работают в частотном диапазоне 30 ГГц.

Автоматическая коммутация осуществляется за пультом управления в течение 120 мин, остальные операции — у передатчиков в течении 240 мин. Результаты измерения ЭМП на радиостанции представлены в табл. 15.

Таблица 15

Результаты измерения ЭМП на радиостанции

Наименование операции/место измерения	ППЭ, мкВт/см ²			Продолжительность операции, мин
	на высоте 0,5 м	на высоте 1 м	на высоте 1,7 м	
Автоматическая коммутация/пульт управления	300	320	320	120
Перестройка и настройка передатчиков/у передатчиков	240	240	220	240

Задание:

1. Оценить результаты лабораторных исследований.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение с разработкой системы профилактических мероприятий.
3. Оцените состояние здоровья работника, установите причинно-следственную связь между условиями труда работника и состоянием его здоровья.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ***Основная***

1. *Гигиена труда* : учеб. / под ред. Н. Ф. Измерова, В. Ф. Кириллова. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. 480 с.

Дополнительная

2. *Требования к электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона при их воздействии на человека [Электронный ресурс]* : Санитарные нормы и правила : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь № 23 05.03.2015. Режим доступа : minzdrav.gov.by. Дата доступа : 20.01.2017.
3. *Предельно допустимые уровни электромагнитных излучений радиочастотного диапазона при их воздействии на человека [Электронный ресурс]* : Гигиенический норматив : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь № 23 от 05.03.2015. Режим доступа : minzdrav.gov.by. Дата доступа : 20.01.2017.
4. *Гигиенические требования к электромагнитным полям в производственных условиях [Электронный ресурс]* : Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь № 69 21.06.2010. Режим доступа : minzdrav.gov.by. Дата доступа : 20.01.2017.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Мотивационная характеристика темы.....	3
Влияние электромагнитных излучений на организм человека и их нормирование.....	4
Классификация излучений, существующих в природе	5
Виды воздействия электромагнитного излучения на организм человека	6
Электромагнитное поле	6
Электромагнитное поле радиочастот	9
Электромагнитное поле диапазона частот 10–30 кГц	16
Электромагнитное поле промышленной частоты 50 Гц	17
Электростатическое поле.....	20
Постоянное магнитное поле	23
Требования к проведению измерений	24
Самоконтроль усвоения темы	32
Список использованной литературы.....	37

Учебное издание

Скоробогатая Инна Владимировна
Леонович Эдуард Иванович

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск **И. П. Семёнов**
Старший корректор **А. В. Царь**
Компьютерная вёрстка **С. Г. Михейчик**

Подписано в печать 13.04.18. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Снегурочка».

Ризография. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,8. Тираж 70 экз. Заказ 255.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.

Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.