

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**(ФГБОУ ВО «АмГУ»)**

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**сборник учебно-методических материалов**

для направления подготовки 20.03.01 – Техносферная безопасность

Благовещенск, 2017

*Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
инженерно-физического факультета  
Амурского государственного  
университета*

*Составитель: Аверьянов В.Н.*

Электромагнитная и радиационная безопасность: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 20.03.01 – Техносферная безопасность / АмГУ, ИФФ; - Благовещенск: Изд-во Амур.гос. ун-та, 2017. – 41 с.

© Амурский государственный университет, 2017  
©Кафедра безопасности жизнедеятельности, 2017  
©Аверьянов В.Н., составление

## СОДЕРЖАНИЕ:

1	Краткое изложение лекционного материала	4
2	Методические рекомендации (указания) к практическим занятиям	27
3	Методические рекомендации (указания) к лабораторным занятиям	29
4	Методические указания для самостоятельной работы студентов	37

## 1. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

### Раздел 1. Электромагнитные поля и человек. Электромагнитное загрязнение.

Электромагнитные поля (ЭМП) в окружающей среде за последние 50-70 лет существенно изменились за счет техногенной составляющей. В отдельных частотных диапазонах уровень электромагнитного излучения техногенного происхождения в 103–106 раз превосходит естественный уровень.

Основными количественными характеристиками, которые используют при описании ЭМП, являются: напряженность и плотность магнитного потока, или магнитная индукция, частота, форма импульса, экспозиция, локализация, градиент, вектор.

Физиологическое влияние ЭМИ на живые организмы, определяется магнитной индукцией (В), измеряемой в физических единицах Тесла (Тл).

Понятие «магнитная индукция» чаще, чем «напряженность магнитного поля», используется для описания магнитного поля, генерируемого проводами электропередачи и подстанциях.

Внешние электромагнитные поля или можно разделить на три группы: естественного происхождения, антропогенного происхождения и биологической природы.

Среди естественных электромагнитных полей можно выделить несколько компонентов, относящихся к земному, околоземному и космическому происхождению: это геомагнитное поле Земли (ГМП), электрическое поле Земли и переменные электромагнитные поля в диапазоне частот от 103 до 1012 Гц. По структуре геомагнитное поле Земли можно разделить на постоянное (период его изменения равен сотням лет) и переменное (период изменения составляет меньше года). Вертикальная компонента постоянного магнитного поля (ПМП) достигает максимального значения (67 мкТл) на магнитных полюсах и сходит к нулю на магнитном экваторе. Горизонтальная компонента максимальна (33 мкТл) на магнитном экваторе, а на магнитных полюсах равна нулю. Уровень ГМП равен примерно 50 мкТл (Бинги, 2002). Плотность потока естественных переменных магнитных полей (ПеМП) снижается приблизительно с 10-7 до 10-14 Тл, частота атмосферных электромагнитных полей возрастает примерно с 0,1 Гц до 3 кГц.

На Земле основным источником внешнего ЭМИ является Солнце. Помимо этого Земля постоянно испытывает влияние космических излучений, а также воздействие гравитационных, магнитных, электрических сил космического происхождения.

Выделяют следующие источники антропогенных электромагнитных загрязнений. Низкочастотные электромагнитные загрязнения (с частотой 0-3 кГц) вызываются системами производства, передачи и распределения электроэнергии (как ЛЭП, так и электропроводка), бытовая техника, электротранспорт и его инфраструктура (в метрополитене при отпавлении состава величина электромагнитного поля на платформе составляет 50-100 мкТл и более, самом же вагоне при этом отмечается величина магнитной индукции до 150-200 мкТл), а также автомобильный транспорт. Высокочастотные электромагнитные излучения частотой 3-300 кГц вызываются радиовещательными и телевизионными передаточными информационными устройствами, станциями сотовой связи, средствами спутниковой связи, навигационные и радиолокационные средства, СВЧ-печи, мониторы ПК и телевизоры.

Уровень антропогенных ЭМП превышает естественный электромагнитный фон в десятки тысяч раз. За последние 50 лет мощность радиоизлучений увеличилась более чем в 50000 раз. В настоящее время электромагнитные поля стали опасным экологическим фактором.

Сильные поля влияют на живой объект посредством наведенных переменных токов. Скорее всего, молекулярной мишенью электромагнитных полей являются ионные каналы. Ещё одной надёжно установленной мишенью ЭМИ протон, так как его циклотронная частота значительно отличается от частот других биологически значимых ионов. Магнитобиологические эффекты так же можно объяснить изменением скорости и механизма процесса диффузии (в том числе и через клеточную мембрану), ориентации биологических макромолекул, которые обладают магнитной восприимчивостью, вероятности протекания элементарных актов взаимодействия в биохимических реакциях, включая так же взаимодействие свободных радикалов с МП.

Можно выделить следующие эффекты действия ЭМП:

1. Электрохимическое действие – воздействие за счет энергии излучения.
2. Тепловое действие – нагрев тканей за счет токов смещения.
3. Механическое действие на диэлектрики и электростатические заряды частей тела, вызывающие вибрацию волос и рогового слоя кожи.
4. Биохимическое действие – влияние на перемещение ионов в организме.
5. Информационное действие – за счет индуцирования в организме токов смещения, которые в свою очередь создают градиенты электрического напряжения и изменяют возбудимость мембран.

Низкочастотные магнитные поля практически без помех проникает в живой организм. Все заряженные частицы живого вещества, ионы, участвующие в биофизических и биохимических процессах, являются посредниками в передаче сигналов магнитного поля на следующий биохимический уровень.

Нетермическое действие радиоволн в настоящее время объясняют следующими механизмами:

1. Наличием в биосредах «микропроцессоров», связанных с выстраиванием суспензированных частиц ряда веществ, а также лейкоцитов и эритроцитов вдоль электрических силовых линий ЭМП (так называемые «жемчужные цепочки»).

2. Поляризацией боковых цепей макромолекул и ориентацией их параллельно электрическим силовым линиям, что может приводить к разрыву внутри- и межмолекулярных связей, к коагуляции молекул и изменению их свойств.

3. Действием сил Лоренца – положительные и отрицательные ионы в тканях и электролитах перемещаются перпендикулярно магнитным (электрическим) силовым линиям, в результате чего нарушаются химический состав и электрическое равновесие тканей.

4. Резонансным поглощением ЭМП белковыми молекулами. Молекулы возбуждаются, сталкиваются с невозбужденными молекулами, передают им свою энергию, которая расходуется на химические процессы каталитического характера. Явление резонансного поглощения имеет большое значение для понимания возникающих в организме под действием радиоизлучений процессов, в частности – мутагенного действия микроволн.

## **Раздел 2. Системы защиты от электромагнитных полей.**

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.

### **Раздел 3. Нормирование 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<sup>2</sup> или производных единицах: мВт/см<sup>2</sup>, мкВт/см<sup>2</sup>.

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.

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 (Е<sub>пду</sub>) при воздействии ≤1 часа за смену устанавливается равным 60 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.

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.

Оценка и нормирование ЭМП диапазона частот  $\geq 10$  кГц–30 кГц осуществляется отдельно по напряженности электрического поля (E) в кВ/м и напряженности магнитного поля (H) 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  $\geq 30$  кГц–300 ГГц осуществляется по величине энергетической экспозиции (ЭЭ).

#### **Раздел 4. Методы инструментального контроля электромагнитных полей.**

Несмотря на большой объем информации, расчетные методы часто не могут заменить инструментальный контроль, который является единственным средством, позволяющим в условиях статистически неоднородной среды оценить биологическую опасность электромагнитных полей из-за невозможности учета в моделях излучения всего многообразия влияющих факторов. Различают два отличающихся своими целями вида инструментального контроля – это инструментальный контроль расчетного прогноза и профилактический санитарный инструментальный контроль.

Инструментальный контроль расчетного прогноза электромагнитного поля имеет своей целью оценить достоверность расчетного прогноза, при необходимости его скорректировать, выявить и обосновать неучтенные факторы в условиях реального размещения объекта.

Методики инструментального контроля расчетного прогноза разрабатываются в соответствии с методиками расчетного прогнозирования и включают в себя не только перечень и эксплуатационные требования измерительной аппаратуры, но и учитывают те особенности и предпосылки, которые заложены в основу расчета. Особой сложностью отличается инструментальный контроль в НЧ, СЧ и ВЧ диапазонах, поскольку конструктивные особенности антенн этих диапазонов и условия распространения определяют весьма сложную структуру поля вблизи излучателей. Так, например, в НЧ, СЧ и ВЧ диапазонах антенны, излучающие в дальнюю зону поле преимущественно горизонтальной поляризации, в ближней зоне имеют три составляющие электрического поля в декартовой системе координат – горизонтальные  $E_x$ ,  $E_y$  и вертикальную  $E_z$ . Антенны, излучающие в дальнюю зону поле преимущественно вертикальной поляризации, в ближней зоне имеют две составляющие в цилиндрической системе координат – вертикальную  $E_z$  и продольную  $E_r$ . Причем часто вблизи излучающих систем уровни не основных составляющих превышают уровни составляющих поля, излучаемых в дальнюю зону. Эти закономерности выявлены и подтверждены многочисленными теоретическими и экспериментальными исследованиями и учтены в методиках инструментального контроля полей в НЧ, СЧ и ВЧ диапазонах. Аналогичные исследования для технических средств телевидения заложены в основу утвержденных и принятых методик инструментального контроля.

Профилактический инструментальный контроль санитарно-гигиеническими службами имеет своей целью проверку уровней поля в любых точках, в том числе в зонах, не поддающихся расчетному прогнозированию. Сложную самостоятельную проблему составляет инструментальный

контроль электромагнитных полей вблизи переизлучающих объемов и в замкнутых объемах, к которым следует относить и помещения.

Игнорирование очевидного существования двух видов инструментального контроля приводит, как правило, с одной стороны, к недооценке и отрицанию расчетных методов электромагнитного мониторинга, с другой стороны, к гиперболизации инструментального контроля окружающей среды, неправильной трактовке результатов измерений и, как следствие, ошибочному заключению о состоянии окружающей среды по электромагнитному фактору. В качестве примера можно привести процесс электромагнитного мониторинга за техническими средствами НЧ, СЧ и ВЧ диапазонов, где результаты измерений могут в значительной степени зависеть от состояния земной поверхности (сухая, сырая, покрытая снегом и т. д.).

Подготовка к проведению инструментального электромагнитного мониторинга технических средств телекоммуникаций в обязательном порядке должна включать несколько этапов:

1. Подготовка информации об источнике излучения, в которую входят:

- состав технических средств – типы передатчиков и антенн,
- рабочие диапазоны частот,
- режимы работы технических средств (расписание работы, направления излучения, смена частот и т.д.),
- технические данные передатчиков (мощность, КПД, модуляционные характеристики),
- конструктивные особенности и технические данные антенн (диаграммы направленности, коэффициенты усиления, КПД, вид поляризации).

2. Подготовка информации о местности, где планируется проводить измерения. Это предполагает знание или измерение расстояний до источников излучений, знание рельефа местности и доступности территорий, информацию о других источниках излучений, определение объектов, которые могут в значительной степени влиять на результаты измерений. Так, например, переотражающая поверхность может увеличить результат измерения поля в два раза, а плотность потока энергии – в четыре раза. Наличие уголкового отражателя или изогнутых поверхностей может привести к еще большим погрешностям.

3. Изучение нормативной санитарно-гигиенической документации, относящейся к данному виду технических средств и диапазонов.

4. Подбор и подготовка необходимой измерительной аппаратуры.

5. Результаты расчетного прогнозирования электромагнитной обстановки. Авторы считают, что приступать к измерениям следует только после проведения расчетов ЭМП для режимов работы технических средств, обеспечиваемых во время измерений.

Приборы для измерения электрических и магнитных полей состоят из трех основных частей: зонд (измерительная антенна), соединительный кабель и измерительный прибор. Сложность критериев оценки электромагнитной обстановки и структуры полей определяют следующие требования к измерительной аппаратуре для инструментального контроля электромагнитных полей вблизи основных излучающих средств телекоммуникаций:

- приборы должны быть частотно избирательными;
- зонд должен реагировать только на электрическое или магнитное поле и не реагировать на оба одновременно;
- зонд не должен в значительной степени искажать структуру измеряемого поля;
- кабель, соединяющий зонд с измерительным прибором, не должен искажать структуру поля и иметь антенного эффекта;
- частотный диапазон зонда должен соответствовать диапазону частот измеряемых полей;
- если измерения проводятся в реактивном ближнем поле, размеры зонда должны быть меньше четверти длины волны для самой высокой имеющейся частоты;
- прибор должен обеспечивать измерение одного или нескольких следующих параметров:
  - средней плотности потока энергии ( $\text{мкВт/см}^2$ ),
  - среднего значения электрического поля ( $\text{В/м}$ ),
  - среднего значения магнитного поля ( $\text{А/м}$ ).

- прибор должен показывать корень среднеквадратического значения параметра измеряемого поля;
- для случая изменяющихся полей (радиолокационные станции, измерение ЭМП в движении) должно быть известным время быстрого действия прибора; желательно иметь время быстрого действия около 1 секунды или меньше так, чтобы поля были легко обнаруживаемыми;
- зонд должен обеспечивать раздельное измерение трех ортогональных пространственных составляющих поля; это может быть выполнено либо с помощью применения изотропной антенны или с помощью физического вращения зонда в трех ортогональных плоскостях;
- прибор в целом должен обладать достаточной помехозащищенностью для работы в мешающих полях больших уровней, работать не только в стационарных, но и полевых условиях.

В настоящее время не существует измерительных приборов, позволяющих проводить непосредственное измерение средней плотности потока энергии в ближнем поле, да и нет необходимости эту величину измерять. Плотность потока энергии измеряют только в дальней зоне либо с помощью зондов для электрического и магнитного полей, либо с помощью зондов, представляющих собой апертурные антенны.

Плотность потока энергии эквивалентной плоской волны является без сомнения удобным параметром, но в реактивном ближнем поле сначала должны измеряться напряженности электрического  $E$  и магнитного  $H$  полей, а потом их значения сравниваются с соответствующими нормами воздействия.

В реактивном ближнем поле излучателей, работающих на частотах менее 300 МГц, измерительная антенна должна иметь электрически малые размеры (не более  $0,25\lambda$ ), так как в поле имеются составляющие с большими градиентами. Увеличение размеров является критическим, большие зонды будут осуществлять пространственное усреднение измеряемой величины, и обычно рекомендуется использование изотропного зонда. По существующим рекомендациям измерения электрических и магнитных полей производится на расстояниях не ближе 20 см от металлических объектов. В таких случаях результаты согласуются с измерениями контактных токов. Неоднородности в виде экстремальных значений в распределении полей, являющиеся результатом интерференции прямой и отраженной волн, располагаются на расстояниях не меньше половины длины волны.

Размещение аппаратуры и оператора при измерениях должно осуществляться с учетом минимизации их влияния на измеряемое поле. Оператор, выполняющий измерения, должен по возможности располагаться как можно дальше от тестируемой области. Для всех объектов, которые в процессе измерений могут отражать или поглощать энергию, должна быть определена их оптимальная позиция. Необходимо соблюдать предосторожности при тестировании мощных электромагнитных полей, которые могут быть причиной радиочастотных факелов и ударов.

При правильном выборе приборов и тщательном проведении измерений может быть достигнута приемлемая погрешность результатов измерений. Значительно сложнее достичь этой точности вблизи источников поля (антенн или переизлучающих поверхностей) – на расстояниях от источника поля менее 0,2 м. Эти проблемы возникают при анализе ЭМП вблизи радиотелефонных трубок. В таком случае необходимо оценивать удельные нормы поглощения на фантомах человека с использованием дозиметрических подходов, или непосредственно измерять радиочастотный ток, протекающий через человека.

## **Раздел 5. Расчетное прогнозирование электромагнитных полей.**

Одной из важнейших проблем электромагнитной экологии является прогнозирование электромагнитной обстановки вокруг излучающих объектов. Оно должно проводиться на стадиях проектирования, строительства или реконструкции излучающих объектов и позволяет оценить электромагнитную обстановку с точки зрения выполнения действующих нормативов, наметить комплекс мероприятий организационного и градостроительного характера. Кроме того, правильный прогноз оценивает перспективы развития объектов телекоммуникаций и обосновывает ресурс энергетического потенциала технических средств с точки зрения электромагнитной безопасности, позволяет производить оптимизацию размещения антенных устройств.

Электромагнитное прогнозирование для целей электромагнитной экологии определяется широким диапазоном подходов и характеристик.

С точки зрения природы прогнозируемого объекта (ЭМП) прогнозы электромагнитной обстановки относятся к *вероятностным*, в которых фиксируются основные характеристики вероятностной системы. Отметим, что в настоящее время, несмотря на то, что природа распространения ЭМП связана с вероятностными параметрами, в мировой и отечественной гигиенической практике приняты детерминированные подходы.

По признаку масштабности электромагнитное прогнозирование может относиться, с одной стороны, к *локальным* и *суперлокальным*, когда речь идет о прогнозировании ЭМП вблизи отдельных антенн и комплексов антенн. С другой стороны, электромагнитный прогноз может быть *субглобальным* (например, карта ЭМП отдельного города) и *глобальным*, когда оценивается электромагнитная структура биосферы в целом.

По числу излучающих средств прогнозирование может быть *мультилетным* и охватывать комплексы разнодиапазонных технических средств, а также *сингулярным*, относящимся к одному объекту или излучателю.

По характеру связи с другими объектами или загрязняющими факторами электромагнитное прогнозирование является в настоящее время *безусловным*. Как нормируемый загрязняющий фактор окружающей среды, прогнозирование ЭМП не связывается с другими загрязнениями. Пока не производится гигиеническая оценка комплексного характера воздействия ЭМП и других загрязнений.

По признаку системы знаний, лежащих в основе электромагнитного прогнозирования, все прогнозы относятся к *научным*, имеющим теоретическое обоснование и определенные математические модели.

По форме представления результатов электромагнитное прогнозирование относится как к *количественным*, так и к *кописательным*.

По признаку назначения электромагнитное прогнозирование рассчитано на требования потребителей – органов санитарно-гигиенического и экологического контроля, архитектурно-планировочных организаций и органов управления народным хозяйством.

По степени осознанности и обоснованности все прогнозы в этой сфере должны по возможности относиться к *логическим*. Область применения интуитивных прогнозов должна ограничиваться рамками экспертных оценок по частным вопросам.

По способу проверки достоверности электромагнитные прогнозы в основном относятся к категории *верифицируемых* (проверяемых опытным путем).

По признаку заинтересованных областей науки прогнозы в области электромагнитной экологии могут относиться как к *естественнонаучным* и *техническим*, так к *исоциально-экономическим* и *медицинским*.

По признаку отношения к объекту прогнозирование является *активным*, предполагающим воздействие на излучающий объект. Как правило, прогнозы должны быть *конструктивными*, то есть дающими возможность изменения отдельных сторон объекта без изменения его функционального назначения. Вместе с тем в отношении некоторых излучающих технических средств, оказывающих явно неблагоприятное влияние на людей, прогнозы должны быть *деструктивными*, то есть предполагающими в перспективе перенос или даже ликвидацию объекта.

Для целей санитарно-гигиенического мониторинга расчетное прогнозирование должно производиться по достоверным, апробированным, научно обоснованным методикам. Разработка таких методик для технических средств радиосвязи, радиовещания и телевидения сложная проблема, поскольку эти технические средства работают в очень широком диапазоне частот, размещаются в различных условиях, их излучающие системы весьма разнообразны, а прогнозирование часто проводится в ближней зоне излучателей, где поле имеет сложную структуру. Такие методические указания (МУК), утверждаются Минздравом России и имеют статус Государственных методических документов.

Сложность структуры радиоволн вблизи излучателей НЧ, СЧ и ВЧ диапазонов, а также многочисленность влияющих факторов определяют трудности всестороннего решения проблемы

электромагнитного прогнозирования в этих диапазонах. Указанная сложность определяет целесообразность применения в качестве основного метода исследования математическое моделирование. Однако математическая модель, какой бы сложной она ни была, не может отражать всех физических явлений, которые проявляются в реальных условиях. Модель должна воплощать в себе наиболее существенные для решаемой научной задачи стороны явления.

Следует отметить, что в практике проектирования излучающих объектов имели место попытки создания математических моделей на основании ряда допущений, приближений и упрощений, верных только для дальней зоны излучения, не учитывающих полупроводящих свойств земной поверхности и ориентированных на ручные методы расчета. Приближенные математические модели были применимы для частных случаев, давали результаты оценочного характера и неприменимы для комплексов антенн.

Практика проектирования антенных устройств, при которой разработчик оперирует с приближенными математическими моделями объекта, приводит к невозможности на этапе проектирования учесть все многообразие свойств объекта и к большому объему экспериментальных исследований. Решение вопроса – отказ от «грубых» моделей и использование алгоритмов, основанных на неупрощенных краевых задачах для уравнений Максвелла. Наряду с высоким уровнем адекватности такие математические модели универсальны, то есть пригодны для многих объектов. В настоящее время неупрощенные электродинамические модели составляют основу систем автоматизированного проектирования антенных устройств и систем телекоммуникаций.

Применение в качестве метода исследования математического моделирования и ориентация расчетных методик на широкое применение компьютеров предопределили необходимость получения удобных для этих целей решений соответствующих задач электродинамики.

В практике санитарно-гигиенической и экологической экспертизы излучающих объектов ОВЧ и УВЧ диапазонов чаще всего приходится иметь дело с расчетом электромагнитной обстановки в дальней зоне излучения. Исключения составляют случаи, когда приходится прогнозировать обстановку в непосредственной близости от антенн – на крышах зданий и мачтах, где установлены антенны, и где предполагается нахождение обслуживающего персонала.

Для дальней зоны возможен расчет электромагнитной обстановки по паспортным параметрам антенн. Анализ опыта проведения электромагнитной экспертизы показывает, что часто техническая документация на излучающие технические средства не имеет необходимого набора данных по направленным свойствам антенн (диаграммы направленности и коэффициент усиления), а также данных по антенно-фидерному тракту. В таких случаях прогнозирование становится весьма затруднительным и даже практически невозможным. Такая ситуация возникает при проведении электромагнитного прогнозирования вблизи технических средств, поставляемых зарубежными фирмами, специальных технических средств, технических средств, оборудованных нестандартными антеннами и т. д.

Сложность анализа ЭМП апертурных антенн, которые используются в УВЧ и СВЧ диапазонах, связана с необходимостью расчета полей в ближней зоне, в том числе дифракционного поля за апертурой, при многообразии амплитудно-фазовых распределений, особенностях конструкций антенн и необходимости учета излучения облучателя.

Излучаемому ЭМП характерно наличие различных зон излучения. Область вблизи источника ЭМП называется *ближней зоной*. В ближней зоне можно выделить две подобласти: область реактивного ближнего поля и область излучаемого ближнего поля. Область пространства, окружающая антенну, в которой преобладают реактивные компоненты, известна как область реактивного ближнего поля. Иногда эту зону называют зоной индукции, где поле слабо зависит от расстояния. В области излучаемого ближнего поля модель излучения изменяется с расстоянием от антенны. Ближние поля быстро изменяются с расстоянием и математические выражения для поля обычно содержат составляющие, пропорциональные  $1/r$ ,  $1/r^2$ , ...  $1/r^n$ , где  $r$  – расстояние от источника до точки, в которой определяется поле. На больших расстояниях от источника составляющие, пропорциональные  $1/r^2$ ,  $1/r^3$  и более высоких порядков, являются малыми величинами в сравнении с составляющей, пропорциональной  $1/r$ , и поля носят название полей дальней зоны. Эти поля пред-

ставляют собой сферические волны, которые в ограниченной области пространства могут быть аппроксимированы плоскими волнами.

Измерения и вычисления полей в дальней зоне обычно более просты, чем в ближней.

## Раздел 6. Элементы электробезопасности.

Характер воздействия на человека токов разного значения

**Ощутимый ток.** Электрический ток, вызывающий при прохождении через организм ощутимые раздражения называется ощутимым. Человек начинает ощущать воздействие проходящего через него малого тока: в среднем около 1,1 мА при переменном токе частотой 50 Гц и около 6 мА при постоянном токе. Это воздействие ограничивается при переменном токе слабым зудом и пощипыванием, а при постоянном токе – ощущением нагрева кожи на участке, касающемся токоведущей части.

**Неотпускающий ток.** Электрический ток, вызывающий при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки в которой зажат проводник называется неотпускающим. При постоянном токе неотпускающих токов нет, но в момент отрыва ощущается боль.

Ток, при котором человек может самостоятельно оторвать руки от электродов (когда можно выдержать боль) принят за порог неотпускающих токов и составляет примерно 50-80 мА.

**Фибрилляционный ток.** Электрический ток, вызывающий при прохождении через организм фибрилляцию сердца, называется фибрилляционным, а наименьшее его значение – пороговым фибрилляционным током.

При частоте 50 Гц фибрилляционными являются токи в пределах от 50 мА до 5 А, а среднее значение порогового фибрилляционного тока – примерно 100 мА. При постоянном токе средним значением порогового фибрилляционного тока можно считать 300 мА, а верхним пределом – 5 А.

Критерии безопасности электрического тока

Критерии электробезопасности приведены в ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

Стандарт устанавливает предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, предназначенные для проектирования способов и средств защиты людей, при взаимодействии их с электроустановками производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц.

Предельно допустимые значения (ПДУ) напряжений прикосновения и токов установлены для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам.

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в табл.1.

Таблица 1 – ПДУ напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки

Род тока	$U$ , В	$I$ , мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

В таблице 1 напряжения прикосновения и токи приведены при продолжительности воздействий не более 10 мин в сутки и установлены, исходя из реакции ощущения. Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 25°C) и влажности (относительная влажность более 75%), должны быть уменьшены в три раза.

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения при аварийном режиме производственных электроустановок с частотой тока 50 Гц, напряжением выше 1000 В, с глухим заземлением нейтрали не должны превышать значений, указанных в табл.2.

Таблица 2 – ПДУ напряжений прикосновения при аварийном режиме производственных электроустановок с частотой тока 50 Гц, напряжением выше 1000 В, с глухим заземлением нейтрали

Продолжительность воздействия $t$ , с	Предельно допустимое значение напряжения прикосновения $U$ , в
До 0,1	500
0,2	400
0,5	200
0,7	130
1,0	100
Св. 1,0 до 5,0	65

### **Защитное заземление**

1. Назначение, принцип действия и выполнение заземляющих устройств;
2. Расчет защитного заземления;
3. Эксплуатация заземляющих устройств.

Материал изложен в учебном пособии Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергия, 1979. – С. 182 – 225.

### **Зануление**

При изучении этой темы необходимо обратить внимание на следующие вопросы:

1. Назначение и принцип действия зануления;
2. Назначение отдельных элементов схемы зануления;
3. Расчет зануления;
4. Контроль исправности зануления.

Материал изложен в учебном пособии Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергия, 1979. – С. 225 – 248.

### **Защитное отключение**

При изучении этой темы необходимо обратить внимание на следующие вопросы:

1. Назначение защитного отключения;
2. Основные элементы устройств защитного отключения;
3. Основные требования к устройствам защитного отключения;
4. Область применения устройств защитного отключения;
5. Типы устройств защитного отключения.

Материал изложен в учебном пособии Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергия, 1979. – С. 250 – 276.

### **Электротехнические защитные средства и предохранительные приспособления**

При работе в электроустановках используются:

- средства защиты от поражения электрическим током (электрозащитные средства);
- средства защиты от электрических полей повышенной напряженности, коллективные и индивидуальные (в электроустановках напряжением 330 кВ и выше);
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) в соответствии с государственным стандартом (средства защиты головы, глаз и лица, рук, органов дыхания, от падения с высоты, одежда специальная защитная).

К электрозащитным средствам относятся:

- изолирующие штанги всех видов;
- изолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- сигнализаторы наличия напряжения индивидуальные и стационарные;

- устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, клещи электроизмерительные, устройства для прокола кабеля);

- диэлектрические перчатки, галоши, боты;

- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;

- защитные ограждения (щиты и ширмы);

- изолирующие накладки и колпаки;

- ручной изолирующий инструмент;

- переносные заземления;

- плакаты и знаки безопасности;

- специальные средства защиты, устройства и приспособления изолирующие для работ под напряжением в электроустановках напряжением 110 кВ и выше;

- гибкие изолирующие покрытия и накладки для работ под напряжением в электроустановках напряжением до 1000 В;

- лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые.

Изолирующие электротехнические средства делятся на основные и дополнительные.

К основным изолирующим электротехническим средствам для электроустановок напряжением выше 1000 В относятся:

- изолирующие штанги всех видов;

- изолирующие клещи;

- указатели напряжения;

- устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, клещи электроизмерительные, устройства для прокола кабеля и т.п.);

- специальные средства защиты, устройства и приспособления изолирующие для работ под напряжением в электроустановках напряжением 110 кВ и выше (кроме штанг для переноса и выравнивания потенциала).

К дополнительным изолирующим электротехническим средствам для электроустановок напряжением выше 1000 В относятся:

- диэлектрические перчатки и боты;

- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;

- изолирующие колпаки и накладки;

- штанги для переноса и выравнивания потенциала;

- лестницы приставные, стремянки изолирующие стеклопластиковые.

К основным изолирующим электротехническим средствам для электроустановок напряжением до 1000 В относятся:

- изолирующие штанги всех видов;

- изолирующие клещи;

- указатели напряжения;

- электроизмерительные клещи;

- диэлектрические перчатки;

- ручной изолирующий инструмент.

К дополнительным изолирующим электротехническим средствам для электроустановок напряжением до 1000 В относятся:

- диэлектрические галоши;

- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;

- изолирующие колпаки, покрытия и накладки;

- лестницы приставные, стремянки изолирующие стеклопластиковые.

К средствам защиты от электрических полей повышенной напряженности относятся комплекты индивидуальные экранирующие для работ на потенциале провода воздушной линии электропередачи (ВЛ) и на потенциале земли в открытом распределительном устройстве (ОРУ) и на ВЛ, а также съемные и переносные экранирующие устройства и плакаты безопасности.

Кроме перечисленных средств защиты, в электроустановках применяются следующие средства индивидуальной защиты:

- средства защиты головы (каска защитные);
- средства защиты глаз и лица (очки и щитки защитные);
- средства защиты органов дыхания (противогазы и респираторы);
- средства защиты рук (рукавицы);
- средства защиты от падения с высоты (пояса предохранительные и канаты – страховочные);
- одежда специальная защитная (комплекты для защиты от электрической дуги).

Выбор необходимых электротехнических средств, средств защиты от электрических полей повышенной напряженности и средств индивидуальной защиты регламентируется инструкцией по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках, Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок, санитарными нормами и правилами выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты, руководящими указаниями по защите персонала от воздействия электрического поля и другими соответствующими нормативно-техническими документами с учетом местных условий.

При выборе конкретных видов СИЗ следует пользоваться соответствующими каталогами и рекомендациями по их применению.

При использовании основных изолирующих электротехнических средств достаточно применение одного дополнительного, за исключением особо оговоренных случаев.

При необходимости защитить работающего от напряжения шага диэлектрические боты или галоши могут использоваться без основных средств защиты.

## **Раздел 7. Ионизирующие излучения. Источники ионизирующих излучений и способы ослабления их влияния.**

Ионизирующее излучение – поток заряженных или нейтральных частиц и квантов электромагнитного излучения, прохождение которых через вещество приводит к ионизации и возбуждению атомов или молекул среды.

Все ионизирующие излучения по своей природе делятся на фотонные (гамма-излучение, тормозное излучение, характеристическое излучение и рентгеновское излучение) и корпускулярные (альфа-излучение, электронное, протонное, нейтронное и мезонное излучения).

Гамма-лучи, альфа- и бета-частицы обладают различной проникающей способностью. Пролет альфа-частицы в воздухе не превышает нескольких сантиметров; бета-частицы могут пройти в воздухе несколько метров, а гамма-кванты – десятки, сотни метров. Поэтому при внешнем облучении человека альфа-частицы полностью задерживаются поверхностным слоем кожи; бета-частицы не могут проникнуть в глубь человеческого организма больше, чем на несколько миллиметров; гамма-кванты способны вызвать облучение всего тела.

### **Клинические аспекты действия малых доз ионизирующего излучения на человека**

Нарушение здоровья тесно связано с ростом числа общесоматических заболеваний. Рассмотрим клинические проявления, которые возникают у практически здорового человека при действии малых доз ионизирующего излучения на примере исследований заболеваемости ликвидаторов аварии на ЧАЭС. Показатели заболеваемости среди ликвидаторов превышают таковые для населения России. Клинические данные об изменениях в основных регуляторных системах организма при действии ионизирующего излучения в дозах, не вызывающих острую или хроническую лучевую болезнь, указывают на то, что функциональные изменения деятельности основных физиологических систем чаще всего носят полисиндромный характер. Это проявляется в первичных функциональных отклонениях на уровне многих физиологических систем организма, переходящих с ростом дозы к клинической патологии. Как показывает анализ заболеваемости ликвидаторов аварии на ЧАЭС, при дозах более 5 сГр через четыре года имеет место достоверный рост заболеваний по следующим классам болезней: болезни нервной системы, психические расстройства, болезни крови и кроветворных органов, болезни органов пищеварения. По другим классам болезней различия в показателях заболеваемости не выявлены. В структуре неврологической заболеваемости особое место занимает синдром вегетативной дистонии.

При исследовании периферической крови лиц, работавших в 30 км зоне ЧАЭС, в 11 % случаев выявлена преходящая и стойкая лейкопения при поглощенной дозе порядка 36 - 72 сГр. Однако после прекращения контакта с радиационным фактором показатели морфологического состава периферической крови восстанавливались до исходного уровня в течение 5 - 10 лет.

Уровень воздействия с эффективной дозой, равной 30 - 60 сГр, характеризуется изменениями в кроветворной, иммунной и нейроэндокринной системах. Таким образом, эффективная доза, равная 30 сГр, является пороговой, начиная с которой радиационный фактор выступает как причина развития и роста общесоматических заболеваний.

Особый интерес представляет вопрос о длительной потере трудоспособности в результате общесоматических заболеваний при радиационном воздействии на человека. При облучении (однократно и кратковременно) практически здорового трудоспособного человека ионизирующим излучением в дозе менее 30 сГр опасность длительной потери трудоспособности отсутствует. При хроническом воздействии в течение года такой вывод справедлив для дозы менее 1 Гр.

#### **Воздействие различных видов излучения малых мощностей на человека.**

Радиация, электромагнитные поля СВЧ и КВЧ диапазонов, ультразвук и экраны дисплеев, имеющие широкий спектр излучений – все эти факторы широко представлены в нашей повседневной жизни. Это телевизоры, компьютеры, печи СВЧ, сотовые телефоны, а также проживание вблизи линий высоковольтной передачи, теле - и ретрансляционных башен, объектов, использующих радиационные материалы.

Люди, работающие на персональных компьютерах (ПК), часто жалуются на головные боли, повышенную утомляемость и ухудшение зрения. Но влияние ПК характеризуется не только этими симптомами. Экран дисплея ПК является источником широкого спектра излучения малой интенсивности. Проводились обследования людей, работающих на ПК от 2 до 6 лет по 3-6 часов в день. *У 64% были обнаружены отклонения характеристик.*

Таким образом, центральная нервная система (ЦНС) человека является тонко реагирующим датчиком на различные внешние воздействия. Эта система управляет не только мышцами человека, но и другими органами. Различные изменения ЦНС могут найти свое отражение в различного рода вегетативных нарушениях, состоянии здоровья человека. Сейчас разработан метод компьютерной обработки сигналов электрической активности мышц, который может использоваться для мониторинга состояния населения, живущего в экологически неблагоприятных районах, а также людей профессионально связанных с различными ионизирующими и неионизирующими воздействиями. Ранее выявление реакции позволит своевременно принять профилактические меры для уменьшения риска заболевания.

#### **Меры защиты от внешнего и внутреннего облучения**

Характер радиационного поражения организма определяется не только видом излучения, но и в значительной степени зависит от того было ли облучение внешним или внутренним. Внешнее облучение – если радиоактивные вещества находятся вне организма. Если же они оказываются в воздухе, которым дышит человек, в пище или в воде и попадают внутрь организма, то происходит внутреннее облучение тканей. В среднем примерно две трети эффективной эквивалентной дозы облучения, которую человек получает от естественных источников радиации это внутреннее облучение. Радиоактивные вещества, выпадающие на поверхность земли, включаются в биологический круговорот веществ, прежде всего через растения. Среди различных продуктов деления особенно большое значение имеет включение в биологический круговорот веществ радионуклидов стронция и прежде всего  $^{90}\text{Sr}$ , обладающим длительным периодом полураспада. Поскольку  $^{90}\text{Sr}$  концентрируется, как правило, в верхнем слое почвы толщиной около 5 см (до 70% - 80%), его можно перевести глубокой вспашкой в нижние слои почвенного слоя, до которых не доходит корневая система растений. Необходимо также принять меры, предотвращающие поступление в организм радиоактивных веществ с продовольствием и водой. Запасы продовольствия и воды следует хранить в пыле- водонепроницаемых емкостях. Если запасы продовольствия оказались зараженными и возникла необходимость потребления зараженных продуктов, то их необходимо подверг-

нуть дезактивации. Например, достаточно многие свежие фрукты и овощи обмыть или снять с них кожуру. Плохо дезактивируются продукты, имеющие пористую поверхность, они подлежат уничтожению или отлеживанию. Молоко от коров, находящихся в зоне радиоактивного заражения, в связи с наличием в нем радиоактивного йода, возможно, окажется непригодным для употребления в пищу, так как радиоактивность молока может сохраняться в течении нескольких недель. При заражении водоемов радиоактивные вещества могут поступать в организм человека по биологическим цепочкам вода - водоросли, планктон - рыба - человек или, если водоем служит для питьевого водоснабжения непосредственно по цепочке вода - человек. На водопроводных станциях питьевая вода, забираемая из подземных источников, может быть очищена от радиоактивных веществ осаждением коллоидных частиц с последующей фильтрацией. Питьевая вода, получаемая из подземных скважин либо хранящаяся в герметических емкостях, обычно не подвергается заражению радиоактивными веществами. Среди мероприятий по сокращению поступления активных веществ в организм человека важное место отводится использованию средств защиты органов дыхания. Для этой цели пригодны в первую очередь респираторы различных типов (Р-2, Р-2д, "Лепесток", "Астра" и другие). При отсутствии респираторов могут быть использованы противогазы и простейшие средства защиты органов дыхания, такие, как противопыльная тканевая маска, ватно-марлевая повязка и другие. Применяются эти средства в период выпадения радиоактивных веществ и в течение нескольких последующих суток, когда радиоактивные вещества могут попадать в воздух в результате вторичного пылеобразования, обладая при этом высокой активностью.

Основными положениями, определяющими характер защиты от  $\gamma$ -излучения на загрязненной территории являются:

- Мощность дозы  $\gamma$  - излучения наиболее высока в первое время после выпадения радиоактивных осадков, поэтому защиту от  $\gamma$  - излучения необходимо осуществлять буквально с первого часа, даже с первых минут выпадения радиоактивных осадков. Начало выпадения проявляется резким повышением уровня радиации.

- - Пребывание в любом здании или сооружении снижает дозу  $\gamma$  - облучения, т.к. радиоактивные осадки, загрязнившие местность, пропорциональны коэффициенту ослабления  $\gamma$  - излучения, свойственного строению этого типа.

- - Вследствие того, что мощность дозы  $\gamma$  - излучения снижается быстрее вначале, укрытие человека в сооружениях с определенным коэффициентом ослабления на один и тот же срок не всегда равноценно. В первые сутки после выпадения радиоактивных осадков укрытие избавляет человека от действия излучения в значительно большей дозе, чем во вторые и тем более в последующие сутки.

На основе вышесказанного для защиты от внешнего  $\gamma$  - излучения в первое время после выпадения радиоактивных осадков рационально рекомендовать такой режим радиационной защиты, чтобы при нем коэффициент ослабления  $\gamma$  - излучения укрытиями или средняя суточная защищенность были выше, чем в дальнейшем.

### **Защитные материалы**

Работа с радиоактивными веществами должна выполняться в отдельных специально оборудованных помещениях. Для работы с газообразными и летучими веществами используются боксы (шкафы) смонтированными в них резиновыми перчатками или механическими манипуляторами. Такие боксы имеют закрытую систему вентиляции. Работы с открытыми источниками (например, радиоактивными пробами грунта и т.п.) также проводят в боксах, либо используют индивидуальные защитные средства, такие как пневмошлемы, противогазы, резиновые перчатки и т.п. Источники большой активности, уровни дозы, превышающие предел дозы, закрывают защитными экранами. Выбор материала и толщины защитного экрана зависит от вида излучения, его энергии и активности источника. Наиболее распространенным методом расчета защиты является метод расчета по необходимой кратности ослабления. Необходимая кратность ослабления определяется отношением дозы излучения в рассматриваемой точке к пределу дозы и показывает во сколько раз необходимо понизить уровень радиации с помощью защитных средств, чтобы обеспечить безопасные условия работы. На основании расчетных и экспериментальных данных созданы таблицы и номограммы для определения толщины защиты от  $\gamma$  - излучения из различных материалов. Для

защиты от  $\gamma$  - излучения используют свинец, бетон, железо, воду, вольфрам, объединенный уран и осмий. Защита из бетона ( $\rho = 2.3 \text{ г/см}^3$ ) прочна, дешева, но весьма громоздка и тяжела. Свинец ( $\rho = 11.34 \text{ г/см}^3$ ) эффективен, но имеет плохие механические свойства. Его используют для изготовления контейнеров (в оболочках из железа) для транспортировки изотопов. Вольфрам ( $\rho = 19.3 \text{ г/см}^3$ ) и объединенный уран ( $\rho = 18.7 \text{ г/см}^3$ ) используют в особо ответственных приборах для обеспечения минимального веса защиты. Для защиты от  $\alpha$  - излучения достаточен слой воздуха в несколько сантиметров или экран из плексигласа или стекла толщиной в несколько миллиметров. При работе с  $\beta$  - излучением необходимо предусмотреть защиту непосредственно от  $\beta$  - частиц и защиту от тормозного излучения, возникающего при торможении  $\beta$  - частиц в защитном экране. Тормозное излучение представляет собой кванты энергии, аналогичные  $\gamma$ - квантам. Поэтому для защиты от  $\beta$  - частиц используют комбинированные экраны. В таком экране со стороны источника располагают слой из материалов с малой атомной массой (плексиглас, карболит и т.п.), которые дают низкоэнергетическое тормозное излучение. Толщина этого слоя должна соответствовать длине максимального пробега  $\beta$  - частиц в данном материале. За ним следует слой из материала с большой атомной массой, обеспечивающий ослабление наведенного тормозного излучения. Для защиты от нейтронного излучения применяют различные материалы в зависимости от его энергии. Нейтроны с энергией более 0.5 МэВ хорошо ослабляются в результате процессов неупругого рассеяния защитой, состоящей из железа. Нейтроны с энергией менее 0.5 МэВ эффективно ослабляются защитой, содержащей водород (вода, парафин), а также материалы, содержащие бериллий, графит. Наиболее эффективные поглотители тепловых нейтронов - кадмий, бор и железо. Процесс захвата тепловых нейтронов сопровождается испусканием  $\gamma$  - излучения. Для комбинированной защиты от нейтронного и  $\gamma$  - излучения применяют слоевые экраны из тяжелых и легких материалов.

## Раздел 8. Взаимодействие ИИ с веществом. Основные дозовые единицы. Основные принципы защиты от ИИ.

### Экспозиционная доза. Мощность экспозиционной дозы. Единицы измерения.

Экспозиционная доза ( $D_{\text{экс}}$ ) – это количественная характеристика фотонного излучения, которая основана на его ионизирующем действии в сухом атмосферном воздухе. Она определяется отношением суммарного заряда  $dQ$  всех ионов одного знака, созданных в воздухе, когда все электроны, освобожденные фотонами в элементе объема воздуха с массой  $dm$ , полностью остановились в воздухе, к массе воздуха в этом объеме:

$$D_{\text{экс}} = \frac{dQ}{dm}.$$

Понятие экспозиционной дозы рекомендовано для фотонов с энергией от 1КэВ до 3МэВ.

Единицей экспозиционной дозы в системе СИ является кулон на килограмм (Кл/кг). Это экспозиционная доза фотонного излучения, при прохождении которого через 1 кг воздуха в результате завершения всех ионизационных процессов в воздухе создаются ионы, несущие заряд в 1 кл электричества каждого знака. На практике до последнего времени использовалась внесистемная единица экспозиционной дозы – рентген (р). Рентген – это единица  $D_{\text{экс}}$  фотонного излучения, при прохождении которого через 1 см<sup>3</sup> воздуха (0,001293 г) при нормальных условиях в результате завершения всех ионизационных процессов в воздухе создаются ионы, несущие одну электростатическую единицу электричества каждого знака.

$$1 \text{ Кл/кг} = 3,876 \cdot 10^3 \text{ р}; \quad (1 \text{ р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}).$$

Экспозиционная доза не учитывает ионизацию, обусловленную тормозным излучением электронов и позитронов (обычно пренебрегают, т.к. она мала при энергии фотонов меньше 10 МэВ).

Мощностью экспозиционной дозы называют отношение приращения экспозиционной дозы  $dD_{\text{экс}}$  за интервал времени  $dt$  к величине этого интервала:

$$P_{\text{экс}} = dD_{\text{экс}}/dt.$$

Единицей мощности экспозиционной дозы в системе СИ является ампер на килограмм (А/кг), которая связана с внесистемной единицей (Р/с) следующим отношением:

$$1 \text{ А/кг} = 3,876 \cdot 10^3 \text{ Р/с};$$

### Поглощённая доза излучения. Мощность поглощённой дозы. Единицы измерения.

Поглощённая доза излучения  $D$  определяется отношением средней энергии  $dW$ , переданной ионизирующим излучением веществу в элементе объёма к массе  $dm$  вещества в этом объёме:

$$D = dW / dm;$$

Единица поглощённой дозы в СИ – джоуль на килограмм (Дж/кг), что соответствует поглощению 1 Дж энергии любого вида ионизирующего излучения в 1 кг облученного вещества. Эту единицу дозы принято называть грэй (Гр). Внесистемной единицей поглощённой дозы излучения является рад; 1 рад соответствует поглощению 100 эрг энергии любого вида ионизирующего излучения в 1 г облученного вещества. Т.о. 1 Дж/кг = 1 Гр = 100 рад.

Энергия  $W$ , переданная веществу ионизирующим излучением в некотором его объёме, равна разности между суммой энергий ( $\sum E_{вх}$ ) всех вошедших в объём непосредственно или косвенно ионизирующих частиц (исключая энергию покоя частиц) и суммой энергий ( $\sum E_{вых}$ ) всех покидающих объём непосредственно или косвенно ионизирующих частиц (исключая энергию покоя частиц) плюс  $\sum \varepsilon$  – сумма всех выделяемых энергий в любых ядерных реакциях, превращениях и процессах с элементарными частицами, имевших место внутри объёма, за вычетом суммы всех энергий, затраченных в этих реакциях, превращениях и процессах в том же объёме.

Если в элементарном объёме за счёт превращения ядер или элементарных частиц происходит изменение массы покоя, то этот эффект учитывается соответствующим энергетическим эквивалентом в члене  $\sum \varepsilon$ , причём  $\varepsilon$  берётся со знаком плюс при уменьшении массы покоя и со знаком минус при её увеличении. Т.о.,

$$W = \sum E_{вх} - \sum E_{вых} + \sum \varepsilon .$$

Мощность поглощённой дозы  $\frac{dD}{dt} = P$  в системе СИ имеет размерность  $\frac{Гр}{с} \left( \frac{Дж}{кг \cdot с} \right)$ . Внесистемная единица  $\frac{рад}{с}$ .  $1 \frac{Гр}{с} = 100 \frac{рад}{с}$ .

Поглощённая в 1 г ткани в условиях равновесия заряженных частиц энергия при  $D_{экс} = 1р$  составляет  $96 \frac{эрг}{г} = 0,96 рад$ . В воздухе в условиях равновесия заряженных частиц энергии, соответствующей экспозиционной дозе в 1 р, отвечает поглощённая доза 0,877 рад.

Такое состояние взаимодействия фотонного излучения с веществом, при котором вносимая в некоторый объём энергия освобождённых фотонами электронов равна энергии, уносимой электронами из того же объёма, называется электронным равновесием. Условие электронного равновесия:

$$\nabla \vec{I}_{eE} = 0,$$

где  $\vec{I}_E$  – вектор энергии излучения, зависящий от координат. При этом условии по формуле

$D = K - \frac{1}{\rho} \nabla \vec{I}_{eE} - B$ , в которой  $B$  – энергия тормозного излучения,  $\rho$  – плотность,  $K$  – керма (отношение суммы первоначальной кинетической энергии  $dW_K$  всех заряженных частиц, созданных косвенно ионизирующим излучением в элементарном объёме вещества, к массе вещества  $dm$  в этом объёме:  $K = \frac{dW_K}{dm}$ , измеряется в СИ в грэях),  $D$  – поглощённая доза, определяется условие

абсолютного электронного равновесия  $D = K$ , если  $B \approx 0$ . В общем случае  $D = K(1-g)$ , где

$g = \frac{B}{K}$  – доля энергии электронов, преобразованной в энергию тормозного излучения.

**Эквивалентная доза. Относительная биологическая эффективность (ОБЭ). Коэффициент качества излучения. Единицы эквивалентной дозы.**

Для оценки биологического эффекта воздействия излучения произвольного состава потребовалось введение новой характеристики дозы. В задачах радиационной безопасности при облучении в малых дозах (меньше  $\sim 0,1$  Гр) это эквивалентная доза с единицей измерения в СИ – зиверт (Зв). Зиверт – единица эквивалентной дозы любого вида излучения в биологической ткани, которое создаёт такой же биологический эффект, как и поглощённая доза в 1 Гр образцового рентгеновского излучения (излучение с граничной энергией 200 КэВ). Внесистемная единица эквивалентной дозы – бэр (биологический эквивалент рада). Бэр – единица эквивалентной дозы любого вида излучения в биологической ткани, которое создаёт такой же биологический эффект, как и поглощённая доза в 1 рад образцового рентгеновского излучения. Т.о.,  $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$ .

Для сравнения биологических эффектов, производимых одинаковой поглощённой дозой различных видов излучения, используют понятие «относительная биологическая эффективность» (ОБЭ). Под ОБЭ излучения понимают отношение поглощённой дозы образцового рентгеновского излучения к поглощённой дозе данного рассматриваемого вида излучения, при условии, что эти дозы вызывают одинаковый биологический эффект. Регламентированные значения ОБЭ, установленные для контроля степени радиационной опасности при хроническом облучении, называют коэффициентом качества излучения  $K$ . Этот безразмерный коэффициент определяет зависимость неблагоприятных биологических последствий облучения человека в малых дозах от полной линейной передачи энергии (ЛПЭ) излучения (табл. №10)

**Табл. 10.** Зависимость коэффициента качества от ЛПЭ.

ЛПЭ, КэВ/мкм H <sub>2</sub> O	$\leq 3,5$	7	23	53	$\geq 175$
$K$	1	2	5	10	20

Для  $\gamma$ -квантов, электронов и позитронов  $K=1$ .

Если спектральный состав излучения неизвестен, рекомендуется использовать значения  $K$ , приведённые в табл. 11.

**Табл. 11.** Значения  $K$  для излучений различных видов с неизвестным спектральным составом.

Вид излучения	$K$
Рентгеновское, $\gamma$ -излучение, $\beta$ -излучение	1
Нейтроны с энергией меньше 20 КэВ	3
Нейтроны с энергией 0,1 – 10 МэВ	10
Протоны с энергией меньше 10 МэВ	10
$\alpha$ -излучение с энергией меньше 10 МэВ	20
Тяжёлые ядра отдачи	20

Для нейтронов и протонов различной энергии значения коэффициента качества приведены в табл. 12.

**Табл. 12.** Значения  $K$  для протонов и нейтронов.

Энергия нейтронов, МэВ	$K$	Энергия нейтронов, МэВ	$K$	Энергия протонов, МэВ	$K$	Энергия протонов, МэВ	$K$
$10^{-7}$	2,8	2,5	10,0	2	13,5	200	2,4
$5 \cdot 10^{-3}$	2,5	5,0	8,4	5	11,7	500	2,1
$2 \cdot 10^{-2}$	2,7	10,0	6,7	10	9,4	$10^3$	2,1
$10^{-1}$	9,0	20	8,0	20	7,0	$3 \cdot 10^3$	2,2
$5 \cdot 10^{-1}$	12,0	100	4,0	50	4,7	$10^4$	2,3
1	12,0	1000	2,5	100	3,4	$10^5$	2,4

Эквивалентная доза излучения ( $H$ ) определяется произведением поглощённой дозы ( $D$ ) излучения в ткани на коэффициент качества ( $K$ ) этого излучения:

$$H = K \cdot D.$$

Если  $D$  измеряется в Гр, то  $H$  – в зивертах, если  $D$  – в радах, то  $H$  – в бэрах.

Итак, коэффициент качества  $K$  излучения – это зависящий от ЛПЭ коэффициент, на который надо умножить поглощённую дозу, чтобы биологический эффект облучения людей выражался в одной и той же мере независимо от вида излучения.

Для смешанного излучения  $H$  определяют как

$$H = \sum_i K_i D_i$$

где  $D_i$  – поглощённые дозы отдельных видов излучения,  $K_i$  – соответствующие коэффициенты качества этих излучений.

В связи с последними замечаниями единицу эквивалентной дозы – Зиверт можно определить и таким образом: Зиверт равен такой эквивалентной дозе, при которой произведение поглощённой дозы в биологической ткани стандартного состава на средний коэффициент качества излучения равно 1 Дж/кг.

В биологическом объекте доза излучения распределяется неравномерно. Распределение её определяется накоплением вторичных ионизирующих частиц и ослаблением в объекте первичного излучения источника. Конкуренция этих двух процессов может приводить к появлению заметного максимума в распределении дозы. Например, для тепловых нейтронов он наблюдается на глубине порядка 3 мм. При энергии 5–20 кэВ имеет место смещение максимума дозы в глубь тела (на несколько сантиметров). С дальнейшим увеличением энергии максимум дозы приближается к поверхности и примерно с  $E=100$  кэВ локализуется на ней. Далее, при энергии  $E \geq (2,5-5)$  МэВ максимум дозы снова смещается в глубь тела (исследования на фантомах).

### 5 Эффективная эквивалентная доза. Единицы измерения.

Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ) ввела в качестве меры радиационного воздействия на живой организм эффективную эквивалентную дозу ( $H_{эф}$ ), которая определяется формулой:  $H_{эф} = \sum_T \omega_T \bar{H}_T$ , где  $\bar{H}_T$  – средняя эквивалентная доза в органе или ткани организма ( $T$ ),  $\omega_T$  – взвешивающий коэффициент (коэффициент риска), равный отношению вероятности возникновения стохастического эффекта при облучении органа или ткани  $T$  к вероятности его возникновения при равномерном облучении всего тела.

$\omega_T$  определяет вклад данного органа в риск неблагоприятных стохастических эффектов для организма в целом при равномерном его облучении.

При равномерном облучении всего организма предполагается, что вид и энергетический состав ионизирующих частиц одинаковы для любой точки и, значит, эквивалентная доза для любого органа и ткани будет одной и той же и равна  $H_{эф}$ . Т.о.,  $H_{эф}$  при неравномерном по органам и тканям облучении организма равна такой эквивалентной дозе  $H$  при равномерном облучении, при которой риск неблагоприятных последствий оказывается тем же самым, что и при данном неравномерном облучении. Значения коэффициентов риска для разных органов (тканей) представлены в таблице 13:

**Табл. 13** Коэффициенты риска для облучения различных органов (тканей) человека.

Орган (ткань)	Коэффициент $\omega_T$ риска	Орган (ткань)	Коэффициент $\omega_T$ риска
Красный костный мозг	0,12	Лёгкие	0,12

Костная ткань	0,03	Гонады	0,25
Щитовидная железа	0,03	Другие ткани	0,3
Молочная железа	0,15	Организм в целом	1,0

Измеряют эффективную эквивалентную дозу в Зивертах (как и эквивалентную дозу).

Расчёт дозовой нагрузки на некоторый период (например, на 70 лет) приводит к такой дозиметрической характеристике, как «ожидаемая эффективная эквивалентная доза», также измеряемой в Зивертах.

Просуммировав индивидуальные эквивалентные дозы, полученные группой людей, приходим к коллективной эффективной эквивалентной дозе:  $H_{эф,колл} = \sum_i N_i H_{ei}$ , ( $N_i$ - число людей, получивших эффективную эквивалентную дозу  $H_{ei}$ ), которую измеряют в человеко-Зивертах (чел-Зв).

Поскольку многие радионуклиды характеризуются большими периодами полураспада (и полувыведения из организма) для соответствующих расчётов вводится понятие ожидаемой (полной) коллективной эффективной эквивалентной дозы, также измеряемой в человеко-Зивертах.

#### Физический смысл эффективной эквивалентной дозы.

Пусть  $C_T$ - вероятность смертельных исходов от рака органов  $T$  при эквивалентной дозе  $H_T=1$  Зв, а  $C_\omega$  – для всех органов, т.е.  $C_\omega = \sum_T C_T$ . Риск смерти при облучении органа  $T$  в дозе  $\bar{H}_T$  равен:

$r_T = C_T \bar{H}_T$ , а при облучении всего тела в дозе  $H_e$  равен:  $r_\omega = \sum_T C_T \bar{H}_T = C_\omega H_e$ . Отсюда

$$H_e = \sum_T \frac{C_T}{C_\omega} \bar{H}_T = \sum_T \omega_T \bar{H}_T; (\omega_T = \frac{C_T}{C_\omega}; \sum_T \omega_T = 1)$$

Физический смысл  $H_e$ : значение  $H_e$  соответствует такому уровню равномерного облучения всего тела, при котором суммарный риск  $r_\omega$  будет таким же, как и риск  $r_T$  при средней эквивалентной дозе на орган  $\bar{H}_T$ .

*Пример:* При облучении щитовидной железы в дозе 2 Зв ( $\bar{H}_{щ.ж.} = 2Зв$ ) риск смерти от рака щитовидной железы  $r_{щ.ж.} = 2 \cdot 5 \cdot 10^{-4}$  ( $C_T = 5 \cdot 10^{-4}$  при  $H_T = 1$  Зв) =  $10^{-3}$ .

Такой же суммарный риск от рака различных органов может быть реализован при равномерном облучении всего тела  $r_\omega = C_\omega H_e = 10^{-3}$ . Известно, что  $C_\omega = 1,25 \cdot 10^{-2}$  при  $H = 1$  Зв.

$$1,25 \cdot 10^{-2} \cdot H_e = 10^{-3} \rightarrow H_e = 0,08 \text{ Зв.}$$

### **Раздел 9. Правовые аспекты обеспечения радиационной безопасности.**

Словосочетанием «радиационная безопасность» обозначают систему законов, норм, правил, направленных на охрану здоровья людей от вредного воздействия ионизирующих излучений при практическом использовании радиации и при радиационных авариях.

Главной целью радиационной безопасности является исключение возникновения детерминированных эффектов и уменьшение вероятности возникновения стохастических эффектов действия радиации на человека.

Проблемы защиты населения от действия ионизирующих излучений имеют глобальный, международный характер, и поэтому соответствующие научно-исследовательские и организационные мероприятия разрабатываются не только в отдельных странах, но и в мировом масштабе. В мире существуют несколько организаций занимающихся проблемами радиационной безопасности человека. В 1950 году была создана Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ). МКРЗ состоит из главной комиссии, и в ее состав входят национальные комиссии. В своей работе МКРЗ тесно сотрудничает с другими организациями: ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), МКРЕ (Международная комиссия по радиационным измерениям), НКДАР (Научный комитет по действию атомной радиации при ООН). НКДАР осуществляет сбор и анализ

всей информации на планете о различных аспектах действия ионизирующих излучений на живые системы. Все эти организации являются неправительственными (общественными), в своих документах они разрабатывают и предлагают рекомендации по основным принципам регламентации правил при использовании источников ионизирующей радиации. Однако, все законодательные акты и официальные документы отдельных стран основываются на тех принципах, которые разработаны и рекомендованы этими организациями. Существует официальная международная (межправительственная) организация, которая занимается вопросами радиационной безопасности при мирном использовании атомной энергии - МАГАТЭ (международное агентство по атомной энергетике). МАГАТЭ является официальной структурой Организации объединенных наций, и все страны-члены ООН обязаны выполнять утвержденные ею нормы и правила обращения с источниками ионизирующих излучений.

В Российской Федерации вопросами нормирования ионизирующих излучений и контроля за соблюдением норм радиационной безопасности занимается Государственный комитет санитарно-эпидемиологического надзора РФ (Госкомсанэпиднадзор). Основными документами, регламентирующими вопросы использования естественных и искусственных источников ионизирующего излучения, являются «Нормы радиационной безопасности» НРБ-99 и «Основные санитарные правила обращения с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» (ОСПОР-99). Эти документы составлены с учетом требований Международных Основных норм безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасности источников излучений, принятых в 1994 году совместно международными организациями: МАГАТЭ, НКДАР, ВОЗ, Международной Организацией труда, Продовольственной и Сельскохозяйственной организацией ООН, Агентством по ядерной энергии, Организацией экономического сотрудничества и развития. НРБ – 99 и ОСПОР-99 являются основополагающими документами, регламентирующими требования законов об ограничении облучения человека: «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и «О радиационной безопасности населения». Никакие частные нормативные и методические инструкции не должны противоречить положениям этих документов.

Нормы радиационной безопасности распространяются на следующие виды воздействия ионизирующих излучений на человека:

- облучение персонала и населения в условиях нормальной эксплуатации техногенных источников ионизирующего излучения;
- облучение населения и персонала в условиях радиационной аварии;
- облучение персонала предприятий и населения природными источниками ионизирующего излучения;
- облучение персонала и населения при медицинских процедурах.

Требования по обеспечению радиационной безопасности формулируются отдельно для каждого из этих способов облучения. Например, при подсчете дозовых пределов за год для профессионального работника учитываются только дозы, полученные при выполнении прямых профессиональных обязанностей, дозы полученные им при медицинских процедурах, полете в самолете и т.д. не учитываются. Суммарная доза всех названных видов облучения используется только для оценки радиационной обстановки и медицинских последствий.

*Требования НРБ -99 не распространяются на техногенные и естественные источники ионизирующих излучений, создающих индивидуальную годовую эффективную дозу не более 10 мкЗв и коллективную дозу не более 1 чел-Зв, а также на космическое излучение на поверхности Земли и на облучение, создаваемое инкорпорированным в организме природным радиоактивным калием.*

Ответственность за соблюдение норм радиационной безопасности несут юридические лица, получившие лицензию на использование источников ионизирующего излучения. Ответственность за соблюдение требований по ограничению облучения населения природными источниками ионизирующего излучения несет администрация территорий и субъектов Российской Федерации. В соответствии с Российскими законами, должностные лица и граждане, допустившие санитарное правонарушение могут быть привлечены к дисциплинарной, административной и уголовной ответственности.

*Основные регламентируемые величины техногенного облучения в контролируемых условиях*  
 При нормальных (не аварийных) условиях эксплуатации источников ионизирующего излучения, по допустимому уровню облучения, устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:

- персонал ( группы А и Б) ( подробно см. лек. 2)
- все население, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.

Для каждой категории облучаемых лиц устанавливаются следующие нормативы:

- основные дозовые пределы (таблица I);
- допустимые уровни монофакторного (для одного радионуклида или одного вида внешнего излучения);
- пределы годового поступления (ПГГ);
- допустимые среднегодовые объемные активности (ДОВА) и удельные активности (ДУА).

Основные дозовые пределы облучения лиц из персонала и населения не включают в себя дозы от природных, медицинских источников ионизирующего излучения и дозу вследствие радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения. При подсчете вклада в общее (внешнее и внутреннее) облучение от поступления в организм радионуклидов берется сумма произведений поступлений каждого радионуклида за год на его дозовый коэффициент. Годовая эффективная доза облучения равна сумме эффективной дозы внешнего облучения, накопленной за календарный год, и ожидаемой эффективной дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же период.

Таблица 1

Основные дозовые пределы, принятые в Российской Федерации, при нормальных условиях эксплуатации источников ионизирующего излучения

Нормируемые величины	Группа А (персонал)	Группа Б	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	5 мЗв и 12,5 мЗв, соответственно	1 мЗв и 5 мЗв, соответственно
Эквивалентная доза за год: В хрусталике глаза Коже, кистях и стопах	150 мЗв 500 мЗв	37,5 мЗв 125 мЗв	15 мЗв 50 мЗв

Интервал времени для определения величины ожидаемой эффективной дозы устанавливается равным 50 лет для лиц из персонала и 70 лет - для лиц из населения.

Для женщин в возрасте до 45 лет, работающих с источниками ионизирующего излучения, вводятся дополнительные ограничения. Эквивалентная доза на поверхности нижней части живота у этих лиц не должна превышать 1 мЗв в месяц, а поступление радионуклидов в организм не должно превышать за год 1/20 предела годового поступления для персонала. Эквивалентная доза облучения плода за 2 месяца невыявленной беременности не должно превышать 1 мЗв. При установлении беременности будущая мать, работающая с источниками излучения, должна информировать об этом администрацию предприятия. Соответственно, администрация обязана перевести ее на работу, не связанную с излучением, на весь период беременности вскармливания грудного ребенка.

Для студентов и учащихся в возрасте старше 16 лет, проходящих обучение с использованием источников ионизирующего излучения, годовые накопленные дозы не должны превышать значений, установленных для персонала группы Б.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

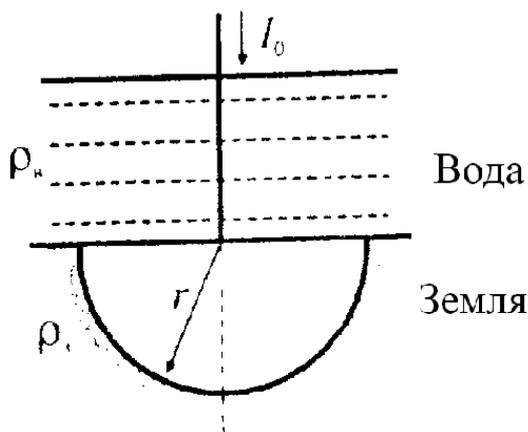
### Задания к расчетно-графической работе

**Задача 1.** Доказать, что сопротивление вертикального стержневого заземлителя  $R$  при увеличении его длины  $L$  уменьшается больше, чем при увеличении его диаметра  $d$ . Привести значения сопротивлений и построить кривые (графики) зависимостей  $R=f(L)$  и  $R=f(d)$ . За исходный взять стержневой заземлитель круглого сечения диаметром  $d=0,01$  м; первоначальное заглубление стержня в землю принять  $L=2$  м; кратность увеличения размеров – 1, 2, 3, 4; удельное сопротивление земли считать  $\rho=100$  Ом·м.

**Задача 2.** Полушаровой заземлитель радиусом  $r$  размещен на дне водоема (моря, озера, реки) на весьма большой глубине, при которой можно пренебречь влиянием поверхности воды на характер растекания тока с заземлителя. Ток к заземлителю подаётся по изолированному проводу.

Дано: радиус заземлителя  $r=0,25$  м; удельное сопротивление воды  $\rho_в=60$  Ом·м; удельное сопротивление земли  $\rho_з=180$  Ом·м.

Требуется: вывести уравнение и вычислить сопротивление заземлителя  $R_з$ .



1. Поглощенная доза  $\alpha$ -излучений составила 5 Гр. Чему равна эквивалентная доза?
2. Мощность поглощения дозы  $\beta$ -излучения составляет 0,1 рад/с. Какова эквивалентная доза, получаемая живым объектом за 1 час?
3. Чему равна энергия  $\gamma$ -излучения с ЛПЭ=10 КэВ/мкм, если ткань поражается на глубину 1 см?
4. Поглощенная доза рентгеновского излучения составила 1 Гр. Чему равна эквивалентная доза?
5. Мощность поглощенной дозы  $\alpha$ -излучения составляет 0,01 рад/с. Чему равна эквивалентная доза за 1 час?
6. Активность источника составляет 10 мКи. Выразите активность этого источника в единицах системы СИ.
7. Мощность поглощенной дозы составила 10 мрад/с. Какова эквивалентная доза за 1 ч в системе СИ?
8. Мощность экспозиционной дозы составила 100 мР/с. Выразите эту дозу в единицах системы СИ.
9. Рассчитайте эффективную дозу для пациента, если мощность поглощенной дозы при рентгенотерапии желудка составила  $10^{-3}$  мГр/мин. Было проведено 5 сеансов терапии продолжительностью каждого по 10 мин.

10. Человек облучался  $\gamma$ -излучением в течение 30 мин при мощности экспозиционной дозы 2 мкР/ч. Рассчитайте величину эквивалентной дозы ( в зивертах) для этого человека.

20. Мощность поглощенной дозы при работающем электронном микроскопе составляет 0,001 мГр/мин. Сколько часов в год могут работать при включенном микроскопе: а) научный сотрудник, просматривающий биологические срезы;

б) лаборант, готовящий в соседней лаборатории биологические срезы для просмотра в электронном микроскопе.

21. При сеансе рентгенографии зубов происходит и облучение хрусталика глаза с величиной поглощенной дозы 3 мГр. Чему равно максимальное число таких сеансов в год, которые можно проводить одному и тому же пациенту?

22. Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в зоне радиационной аварии составляет 1 Р/час. Какое максимальное время пребывания в этой зоне можно планировать добровольцам-ликвидаторам аварии, работающим по разрешению Госсанэпиднадзора России?

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

#### Исследование эффективности зануления и защитного заземления

**Цель работы:** ознакомиться с устройством, назначением и основными характеристиками защитного заземления и зануления в электроустановках напряжением до 1000 В; уяснить влияние параметров защитного заземления и зануления на исход поражения человека электрическим током.

**Оборудование:** универсальный лабораторный стенд по электробезопасности.

**Измерительные приборы:** вольтметр.

*Пояснения к обозначениям на панели стенда*

Внешний вид стенда по «Исследованию эффективности зануления и защитного заземления» приведен на рис. 1.

Органы управления и их назначение:

- тумблер «ВКЛ» на основном блоке – подача напряжения на основной блок;
- кнопка «СЕТЬ» – подача напряжения на съемный блок;
- тумблеры «ЗАМЫКАНИЕ 1» и «ЗАМЫКАНИЕ 2» – имитация аварийных режимов (появление напряжения на корпусах электроустановок);
- тумблер «ЗАНУЛЕНИЕ» – подключение корпуса электроустановки к нулевому проводу;
- тумблер «ОБРЫВ» – имитация обрыва нулевого провода;
- тумблер « $R_3$ » – установка защитного заземления;
- переключатель « $R_0$ » – установка величины сопротивления рабочего заземления;
- переключатель « $R_ч$ » – установка величины электрического сопротивления тела человека;
- переключатель « $R_з$ » – установка величины сопротивления защитного заземления;
- переключатель « $R_п$ » – установка величины сопротивления повторного заземления нулевого провода;
- переключатель « $Z_п$ » – установка величины сопротивления петли «фаза-нуль».

**Внимание!** Подключение блока питания стенда к основному блоку и к электрической сети осуществляет преподаватель.

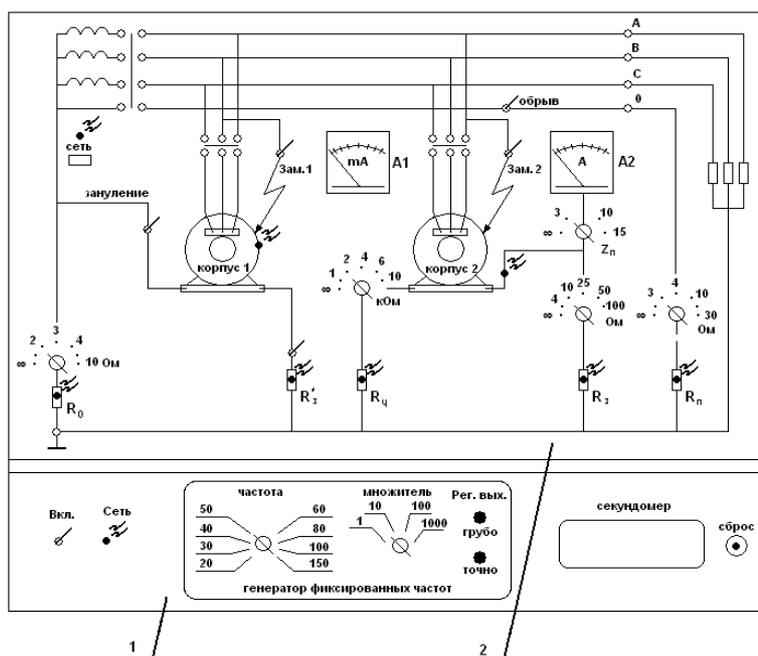


Рисунок 1. Внешний вид стенда.

## ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ И ПОРЯДОК РАБОТЫ НА СТЕНДЕ

### 1. Сеть с глухозаземленной нейтралью

1.1. Определить величину напряжения прикосновения при различных сопротивлениях петли «фаза-нуль» и время отключения электродвигателя.

**Внимание!** Показания вольтметра при измерении напряжения умножить на 10.

1.1.1. Поставить переключатели  $R_n$ ,  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_0$  – в положение « $\infty$ »; тумблеры «ОБРЫВ», «ЗА-НУЛЕНИЕ», « $R_3$ », «ЗАМЫКАНИЕ 1» и «ЗАМЫКАНИЕ 2» – в положение «ВЫКЛ.»

1.1.2. Включить тумблер «СЕТЬ» на блоке и кнопку «СЕТЬ» на вертикальной панели. О готовности стенда к работе свидетельствует загорание лампочки на блоке и светодиода на вертикальной панели.

1.1.3. Проверить работоспособность стенда.

Включить тумблер «ЗАМЫКАНИЕ 2». При этом на корпусе 2 электродвигателя загорается светодиод, свидетельствующий о том, что корпус находится под напряжением.

Установить переключатель « $Z_n$ » в положение 3 Ом и убедиться в срабатывании автомата защиты.

1.1.4. Привести схему в исходное состояние:

а) выключить тумблер «ЗАМЫКАНИЕ 2»;

б) дважды нажать на вертикальной панели кнопку «СЕТЬ».

1.1.5. Переключатель « $Z_n$ » установить в положение « $\infty$ », переключатель « $R_4$ » – в положение 1 кОм, тумблер «ЗАЗЕМЛЕНИЕ» – в положение «ВЫКЛ.», переключатели « $R_n$ », « $R_0$ » – в одно из положений, указанных преподавателем ( $R_n=3$  Ом; 4 Ом; 10 Ом; 30 Ом;  $R_0=2$  Ом; 3 Ом; 4 Ом; 10 Ом).

1.1.6. Вращением правой ручки, расположенной на амперметре  $A_2$ , установить красную стрелку на заданное преподавателем значение номинального тока уставки  $I_{урасцепителя}$  автомата.

1.1.7. Включить тумблер «ЗАМЫКАНИЕ 2» и по амперметру  $A_2$  зафиксировать ток короткого замыкания в цепи «ФАЗА-НУЛЬ».

1.1.8. По миллиамперметру  $A_1$  измерить ток, протекающий через тело человека, и по секундомеру – время отключения электродвигателя.

**Внимание!** Если электродвигатель не отключается в течение 30 с, то время отключения считать бесконечным.

1.1.9. Измерить напряжение прикосновения на электродвигателе 1 и 2.

**Внимание!** В случае отключения электродвигателя измерению подлежит только время отключения.

1.1.10. Привести схему в исходное состояние в соответствии с п. 1.1.4.

Нажать на секундомере кнопку «СБРОС» и повторить аналогичное измерение (пп. 1.1.7 – 1.1.9) для различных значений  $Z_n$ .

1.1.11. Результаты измерений записать в табл. 2.

1.1.12. По результатам измерений построить зависимости:

$U_{пр1}=Y(Z_n)$ ;  $U_{пр2}=Y(Z_n)$ ;  $I_ч=Y(Z_n)$ ;  $t_{отк}=Y(Z_n)$ .

1.1.13. По результатам измерений сделать вывод о влиянии  $Z_n$  на величину напряжения прикосновения, на силу тока через человека и на время отключения электродвигателя.

1.1.14. Привести схему в исходное состояние в соответствии с п. 1.1.4.

1.2. Определить влияние повторного заземления нулевого провода на величину напряжения прикосновения при обрыве и при отсутствии обрыва нулевого провода.

1.2.1. Установить переключатели  $Z_n$  в положение 10 Ом,  $R_0$  в положение 4 Ом,  $R_4$  – в положение 1 кОм, тумблер «ЗАЗЕМЛЕНИЕ» – вкл., «ОБРЫВ» – вкл.

1.2.2. Включить тумблер «ЗАМЫКАНИЕ 2».

1.2.3. Изменяя величину  $R_n$ , измерить  $I_{кз}$ ,  $I_ч$ ,  $U_{пр1}$ ,  $U_{пр2}$  и данные записать в табл. 3.

1.2.4. Выключить тумблер «ОБРЫВ» и, проведя аналогичные измерения, заполнить табл. 4.

1.2.5. Выключить тумблер «ЗАМЫКАНИЕ 2» и привести схему в исходное состояние.

1.2.6. По результатам измерений построить зависимости  $U_{пр1}=Y(R_n)$ ,  $U_{пр2}=Y(R_n)$  для случаев с обрывом и без обрыва нулевого провода.

1.2.7. Сделать вывод о роли повторного заземления нулевого провода и опасности его обрыва. Сравнить полученные результаты со случаем отсутствия повторного заземления нулевого провода  $R_n \rightarrow \infty$ .

## 2. Сеть с изолированной нейтралью

2.1. Определить зависимость величины тока, протекающего через человека, от величины сопротивления защитного заземления.

2.1.1. Поставить переключатели «R<sub>0</sub>», «R<sub>ч</sub>», «Z<sub>н</sub>», «R<sub>3</sub>» – в положение «∞», «ЗАМЫКАНИЕ 1», «ЗАМЫКАНИЕ 2» – выкл., «ЗАНУЛЕНИЕ», «R<sub>3</sub>'» – выкл., «ОБРЫВ» – выкл.

2.1.2. Переключатель «R<sub>3</sub>» поставить в положение 4 Ом, «R<sub>ч</sub>» – в положение по заданию преподавателя. Включить тумблер «ЗАМЫКАНИЕ 2» и по миллиамперметру А1 измерить ток, протекающий через тело человека. Провести аналогичные измерения при положении переключателя «R<sub>3</sub>» – (25, 50, 100) Ом. Результаты измерения занести в табл. 5.

2.1.3. Построить график зависимости  $I_ч=Y(R_3)$  и указать на нем область неотпускающего и фибрилляционного токов.

2.1.4. По данным измерений оценить опасность увеличения R<sub>3</sub> выше допустимого сопротивления.

## ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 1

Исследование эффективности зануления и защитного заземления.

**Основные понятия:** (нормирование параметров защитного заземления и зануления).

**Приборы:**

Таблица 1

Приборы для измерения исследуемых параметров

Контролируемый параметр	Наименование прибора	Тип прибора	Погрешность измерений

Результаты измерений:

Таблица 2

Влияние сопротивления цепи “фаза-нуль” z<sub>н</sub> на величину напряжения прикосновения и время отключения

Ом	z <sub>н,к</sub> уставки у, А	To Время срабатывания защиты, с	U <sub>пр1</sub> , В	U <sub>пр2</sub> , В	I <sub>кз</sub> , А	I <sub>2</sub> , мА	I <sub>0</sub> , Ом	R <sub>п</sub> , Ом	R <sub>ч</sub> , Ом	R <sub>кОМ</sub>
15										
10										
3										

Таблица 3

Влияние величины сопротивления повторного заземления  $R_n$  на напряжение прикосновения при обрыве нулевого провода

$R_n$ , Ом	$I_{кз}$ , А	$I_{ч}$ , мА	$U_{пр1}$ , В	$U_{пр2}$ , В
3				
4				
10				
30				
$\infty$				

Таблица 4

Влияние величины сопротивления повторного заземления  $R_n$  на напряжение прикосновения при отсутствии обрыва нулевого провода

$R_n$ , Ом	$I_{кз}$ , А	$I_{ч}$ , мА	$U_{пр1}$ , В	$U_{пр2}$ , В
3				
4				
10				
30				
$\infty$				

Таблица 5

Влияние величины сопротивления заземлителя  $R_3$  на силу тока  $I_{ч}$ , протекающего через тело человека

$R_3$ , Ом	$R_{ч}$ , кОм	$I_{ч}$ , мА
4		
10		
25		
50		
100		
$\infty$		

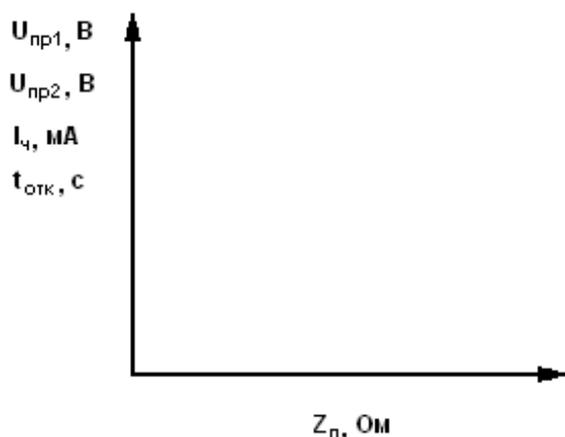


Рисунок 2. Зависимость напряжений прикосновений, силы тока, протекающего через тело человека, и времени отключения электродвигателя от величины сопротивления «фаза-нуль».

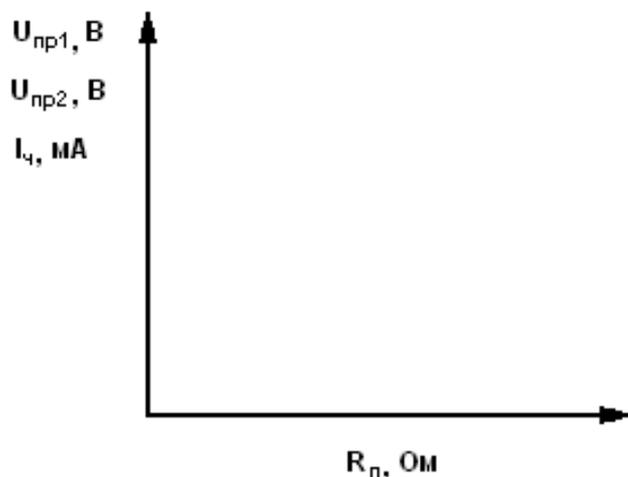


Рисунок 3. Зависимость напряжений прикосновений и силы тока, протекающего через тело человека, от величины сопротивления повторного заземления

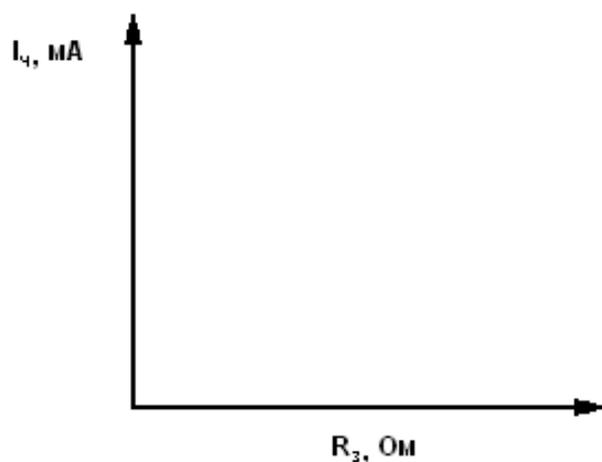


Рисунок 4. Зависимость силы тока, протекающего через тело человека, от величины сопротивления заземлителя

## **В ы в о д ы:**

### **Контрольные вопросы**

1. Что называется напряжением прикосновения?
2. Что такое защитное заземление? Каковы его функции?
3. Что такое защитное зануление? Чем оно отличается от защитного заземления?
4. В каких сетях трехфазного тока применяется защитное заземление?
5. В каких сетях трехфазного тока применяется зануление?
6. Как осуществляется нормирование допустимых величин защитного заземления?
7. Какие параметры необходимо учитывать при проектировании зануления?
8. Каким образом осуществляется нормирование допустимых значений напряжений прикосновений и токов?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### Исследование электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) на рабочем месте

*Цель работы:* ознакомиться с характеристиками электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) (ЭМП ПЧ); нормированием ЭМП ПЧ; методикой измерения параметров ЭМП ПЧ; средствами измерения ЭМП ПЧ; провести исследования ЭМП ПЧ в лабораторных условиях и сделать выводы.

*Задание к лабораторной работе:* измерить уровни напряженностей ЭМП ПЧ на рабочем месте персонала, обслуживающего электроустановки, и сделать выводы о соответствии этих параметров санитарно-эпидемиологическим требованиям.

*Оборудование:* Бытовые электроприборы (электронагреватель, электрическая плита) – источники могут быть заменены на другие.

*Измерительные приборы:*

1. Измеритель параметров магнитного и электрического полей промышленной частоты «ВЕ-50». Руководство по эксплуатации приведено на сайте приборостроительной компании «НТМ-ЗАЩИТА» по адресу <https://www.ntm.ru/products/44/7261>.
2. Цифровой мультиметр М3900.
3. Рулетка.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1 Подготовка измерителя параметров магнитного и электрического полей промышленной частоты «ВЕ-50» к работе и порядок работы

Внешний вид измерителя параметров магнитного и электрического полей промышленной частоты «ВЕ-50» приведен в приложении А. Подготовка «ВЕ-50» к работе и порядок работы с ним приведены в Приложении Г.

2 Порядок выполнения работы

2.1. Занести в рабочую тетрадь сведения об оборудовании рабочего места.

2.2. Составить план (эскиз) размещения рабочего места персонала в помещении учебной лаборатории.

2.3. Провести измерения фоновых уровней электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) на рабочем месте персонала, создаваемых электропроводкой и другими электрическим приборами в учебной аудитории. Результаты измерений параметров ЭП ПЧ и МП ПЧ занести в таблицу.

2.4. Включить 1-ый источник ЭМП ПЧ в электрическую сеть учебной лаборатории.

2.5. Провести измерения уровней ЭП ПЧ и МП ПЧ, создаваемых 1-ым источником ЭМП ПЧ и другими источниками создающими фон, на рабочем месте персонала. Результаты измерений параметров ЭП ПЧ и МП ПЧ занести в таблицу 1. Провести измерение напряжения  $U$  (В) в сети цифровым мультиметром, результат занести в таблицу 1. Измерение напряжения в сети цифровым мультиметром проводить в положении переключателя «700» в секторе «V~».

2.6. Включить дополнительно 2-ой источник ЭМП ПЧ в электрическую сеть учебной лаборатории.

2.7. В соответствии с п. 2.4 провести измерения уровней ЭП ПЧ и МП ПЧ, создаваемых 1-ым и 2-ым источниками ЭМП ПЧ и другими источниками создающими фон, на рабочем месте персонала. Результаты измерений параметров ЭП ПЧ и МП ПЧ занести в таблицу 1. Провести измерение напряжения  $U$  (В) в сети цифровым мультиметром, результат занести в таблицу 1.

2.8. В таблице 1 в колонку «ПДУ» в соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16 занести ПДУ при воздействии ЭП и МП ПЧ в течение 8 часов и при общем облучении.

2.9. В таблице 1 в колонку «Максимальное напряжение в сети» в соответствии с ГОСТ 29322-2014 (IEC 60038:2009) занести  $U_{max}$

Таблица 1

Результаты измерений параметров электромагнитного поля промышленной частоты (50 Гц)

Наименование параметра электромагнитного поля	Единица измерения	ПДУ	Измеренный параметр ЭМП ПЧ на высоте h, м			Напряжение в сети учебной лаборатории U, В	Максимальное напряжение в сети U <sub>max</sub> , В	Скорректированный параметр ЭП ПЧ на высоте, м			Источники ЭМП ПЧ
			0,5	1,0	1,7			0,5	1,0	1,7	
Эффективные значения напряженности электрического поля	кВ/м										Фон
Эффективные значения индукции магнитного поля	мкТл										
Эффективные значения напряженности электрического поля	кВ/м										Фон и 1-ый источник ЭМП ПЧ
Эффективные значения индукции магнитного поля	мкТл										
Эффективные значения напряженности электрического поля	кВ/м										Фон, 1-ый источник ЭМП ПЧ и 2-ой источник ЭМП ПЧ
Эффективные значения индукции магнитного поля	мкТл										

2.10. В таблицу 1 в колонку «Скорректированный параметр ЭП ПЧ» занести скорректированные значения эффективного значения напряженности электрического поля.

2.11. Сделать вывод о соответствии рабочего места персонала санитарно-гигиеническим требованиям по параметрам ЭМП ПЧ. В случае их несоответствия дать рекомендации по улучшению условий труда на рабочем месте персонала.

2.12. Оформить отчет по лабораторной работе.

#### Контрольные вопросы

1. Назовите причины возникновения ЭМП ПЧ на рабочем месте персонала.
2. Какое влияние оказывают на здоровье человека ЭМП ПЧ?
3. Какие показатели нормируются для ЭП ПЧ?
4. Какие показатели нормируются для МП ПЧ?
5. Если измерения параметров ЭМП ПЧ производятся не при максимальных значениях напряжения и рабочих токов электроустановки, что необходимо выполнить?
6. Какие требования предъявляются к приборам для измерения параметров ЭП ПЧ?
7. Какие требования предъявляются к приборам для измерения параметров МП ПЧ?

8. На каких высотах выполняют измерения параметров ЭП ПЧ и МП ПЧ?
9. Запишите формулу для расчета допустимого времени пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП ПЧ (ТПР)?

#### **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

4.1 Методические рекомендации при работе над конспектом лекций во время проведения лекции

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

4.2 Методические рекомендации при подготовке к практическим занятиям

Целью проведения практических занятий является закрепление полученного на лекциях теоретико-методического материала, развитие логического мышления и аналитических способностей у будущих бакалавров. Методика проведения практических занятий предусматривает решение общих (типовых) задач и нескольких задач для самостоятельного решения. Темы практических занятий сообщаются студентам заранее и определены рабочей программой дисциплины.

Методические рекомендации для выполнения практических работ, в которых кратко изложен основной теоретический материал по теме практической работы, а также приведен порядок выполнения работы с требованиями к отчету, выдаются на первом занятии в электронном виде.

В ходе подготовки к практическим занятиям необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях по теме практического занятия. Изучить выданный преподавателем материал по темам практических работ. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования рабочей программы. Ознакомиться с исходными данными для выполнения индивидуального задания. На практических занятиях задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Не ранее чем за две недели до окончания семестра сдать и защитить расчетно-графическую работу.

Оформление индивидуальных заданий выполняется в соответствии с требованиями стандарта АмГУ СТО СМК 4.2.3.05-2011 «Оформление выпускных квалификационных и курсовых работ (проектов)». Нормоконтроль проходить не требуется. Титульный лист приведен на рисунке 1.

В содержании должны быть отражены следующие пункты:

1. Содержание
2. Условие задачи
3. Теоретическая часть
4. Расчетная часть
5. Анализ результатов расчета
6. Выводы
7. Библиографический список
8. Приложения (при необходимости), например листинги программ по которым производились расчеты



Начиная подготовку к лабораторному занятию, студент должен уяснить место конкретной лабораторной работы в изучаемом курсе, поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.

В ходе подготовки к лабораторным занятиям необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования рабочей программы.

Методические рекомендации для выполнения лабораторных работ, в которых кратко изложен основной теоретический материал по теме лабораторной работы, порядок выполнения лабораторной работы и требования к отчету, выдаются на первом занятии в электронном виде.

Методика проведения лабораторных работ предусматривает их выполнение в микро группах с написанием отчета и его защитой.

Не ранее чем за две недели до окончания семестра сдать и защитить отчеты по лабораторным работам.

Оформление отчета по лабораторным работам выполняется в соответствии с требованиями стандарта АмГУ СТО СМК 4.2.3.05-2011 «Оформление выпускных квалификационных и курсовых работ (проектов)». Нормоконтроль проходить не требуется. Титульный лист приведен на рисунке 2.

В содержании отчета по лабораторной работе должны быть отражены следующие пункты:

1. Содержание;
2. Цель работы;
3. Оборудование;
4. Теория, касающаяся объекта(ов) исследования;
5. Результаты исследований (в том числе таблицы, приведенные в описании к лабораторной работе);
6. Обработка результатов измерений;
7. Выводы;
8. Ответы на контрольные вопросы;
9. Библиографический список;
10. Приложения (при необходимости).

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
(ФГБОУВО «АмГУ»)

Факультет:  
Кафедра:  
Направление подготовки бакалавров:  
Направленность (профиль) образовательной программы:

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № \_\_\_\_\_

на тему: \_\_\_\_\_

по дисциплине: \_\_\_\_\_

Выполнил

студент группы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

И.О.Ф.

(подпись, дата)

Проверил

должность, ученая степень \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

И.О.Ф.

(подпись, дата)

Благовещенск 20 \_\_\_\_\_

Рисунок 2 – Титульный лист отчета по лабораторной работе

#### 4.4 Групповая консультация

Разъяснение является основным содержанием данной формы занятий, наиболее сложных вопросов изучаемого программного материала. Цель – максимальное приближение обучения к практическим интересам с учетом имеющейся информации и является результативным материалом закрепления знаний.

Групповая консультация проводится в следующих случаях:

- когда необходимо подробно рассмотреть практические вопросы, которые были недостаточно освещены или совсем не освещены в процессе лекции;
- с целью оказания помощи в самостоятельной работе (выполнение расчетно-графической работы, выполнение курсового проекта, сдача экзаменов).

#### 4.5 Методические рекомендации студентам по изучению рекомендованной литературы

Эти методические рекомендации раскрывают рекомендуемый режим и характер различных видов учебной работы (в том числе самостоятельной работы над рекомендованной литературой) с учетом специфики выбранной студентом очной формы.

Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Студентам рекомендуется получить в научной библиотеке университета учебную литературу по дисциплине или доступ к электронным библиотечным ресурсам, которые необходимы для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги. Легче освоить курс, придерживаясь одного учебника и конспекта. Рекомендуется, кроме «заучивания» материала, добиться состояния понимания изучаемой темы дисциплины. С этой целью рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько простых упражнений на данную тему. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе следующие вопросы (и попробовать ответить на них): о чем этот параграф, какие новые понятия введены, каков их смысл, что даст это на практике?

Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.