

Тема 5. **Электромагнитные поля.**

1. **Защита от электромагнитного излучения. Характеристика ЭМИ. Влияние ЭМИ на организм. Нормирование. Методы и средства защиты.**
2. **Защита от ультрафиолетового излучения**
3. **Инфракрасные излучения**
4. **Защита от лазерного излучения**
5. **Защита от ионизирующих излучений**

1. Защита от электромагнитного излучения . Характеристика ЭМИ, Влияние ЭМИ на организм. Нормирование. Методы и средства защиты.

В настоящее время практически во всех отраслях промышленности и в быту широко используется электромагнитная энергия. По своему происхождению *электромагнитное излучение (ЭМИ)* и электромагнитный фон, создаваемый им, могут быть природными или техногенными.

К *природным электромагнитным полям (ЭМП)* относятся квазистатические электрические и магнитные поля Земли, радиоизлучения Солнца и Галактик, атмосферные разряды.

Техногенное ЭМИ может быть как производственным, так и бытовым. Известно, что мировые энергоресурсы удваиваются каждые 10 лет, а доля ЭМП в электроэнергетике за это время возрастает в три раза.

Производственными источниками ЭМП являются линии электропередачи (ЛЭП), печи, применяемые в промышленности для индукционного нагрева металлов и полупроводников, электросварка, а также устройства диэлектрического нагрева, используемые для сварки синтетических материалов, прессования синтетических порошков и т.д. Мощными источниками ЭМП диапазона радиочастот являются телевизионные и радиолокационные станции, антенны радиосвязи и др.

Биологически значимыми являются электрические поля частотой 50 Гц, создаваемые воздушными линиями электропередачи и подстанциями. Напряженность магнитных полей промышленной частоты в местах размещения ЛЭП и подстанций сверхвысокого напряжения на 1-3 порядка превышает естественные уровни магнитного поля Земли. Высокие уровни ЭМИ наблюдаются на территориях и за пределами территорий размещения передающих радиочастотной низкой, средней и высокой частоты.

Бытовой электромагнитный фон обусловлен работой бытовых электроприборов, радио- и телеприемников, микроволновых печей, радиотелефонов, компьютеров и т.д.

Оценка опасности воздействия ЭМИ на человека производится по величине электромагнитной энергии, поглощенной телом человека. Реакция организма человека на составляющие ЭМП не является одинаковой, поэтому при оценке условий работы необходимо учитывать электрическую и магнитную напряженность поля. Неблагоприятные воздействия токов промышленной частоты проявляются только при напряженности магнитного поля порядка 160-300 А/м. Практически при обслуживании даже мощных электроустановок высокого напряжения магнитная напряженность поля не превышает 20-25 А/м. Поэтому оценку потенциальной опасности воздействия ЭМП достаточно производить по величине электрической напряженности поля.

Спектр ЭМИ природного и техногенного происхождения, оказывающий влияние на организм человека, имеет диапазон волн от тысячи километров (переменный ток) до триллионной части миллиметра (космические энергетические лучи). В настоящее время наибольшее распространение как в науке, так и в промышленности получили ЭМИ с частотами, шкала которых представлена на рисунке 5.1

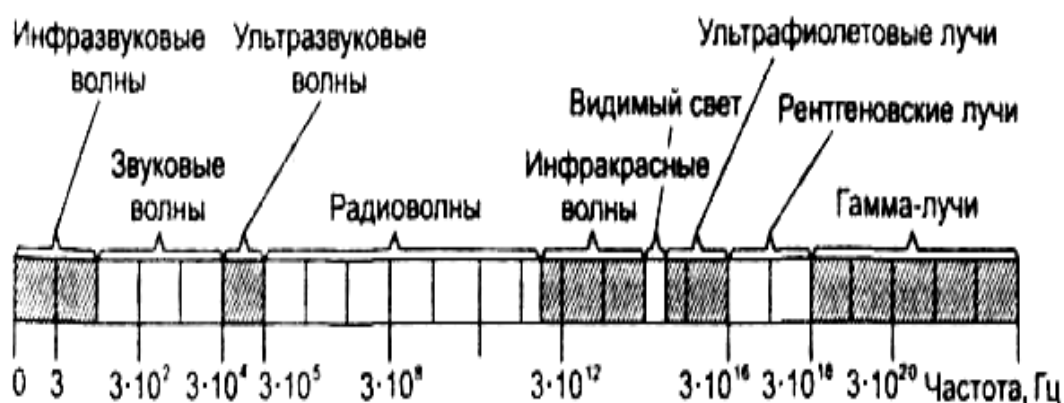


Рисунок 5.1 - Шкала электромагнитных волн

В производственных условиях на работающих оказывает воздействие ЭМИ широкого спектра. В зависимости от диапазона волн различают:

- ЭМИ радиочастот (10^7 - 10^4 м);
- инфракрасное излучение ($< 10^{-4}$ - $7,5 \cdot 10^{-7}$ м);
- видимую область ($7,5 \cdot 10^{-7}$ - $4 \cdot 10^{-4}$ м);

- ультрафиолетовое излучение ($<4 \cdot 10^{-4} - 10^{-9}$ м);
- рентгеновское (гамма-) излучение ($<10^{-9}$ м).

Существует и электротехническая шкала источников ЭМИ:

- низкочастотные - НЧ (0-60 Гц);
- среднечастотные - СЧ (60 Гц-10 кГц);
- высокочастотные - ВЧ (10 кГц-300 МГц);
- сверхвысокочастотные - СВЧ (300 МГц-300 ГГц).

По виду воздействия различают *изолированное* (от одного источника), *сочетанное* (от двух и более источников одного частотного диапазона), *смешанное* (от двух и более источников различных частотных диапазонов) и *комбинированное* (в случае одновременного действия какого-либо другого неблагоприятного фактора) ЭМИ.

По времени воздействия в общем случае для единичного источника ЭМИ можно выделить два основных варианта облучения: *непрерывное стационарное* и *прерывистое*.

Отношение облучаемого лица к источнику облучения ЭМИ может быть *профессиональным*, т.е. обусловленным выполнением производственных операций, и *непрофессиональным*.

В радиационной гигиене различают *общее* (воздействию ЭМИ подвергается все тело) и *локальное* (местное) облучение.

Влияние ЭМИ на организм зависит от таких физических параметров, как длина волны, интенсивность излучения, режим облучения - непрерывный и прерывистый, а также от продолжительности воздействия на организм, сочетанности воздействий с другими производственными факторами (повышенная температура воздуха, наличие рентгеновского излучения, повышенного уровня шума и вибрации и др.). Наиболее биологически активен диапазон СВЧ, менее - УВЧ, затем диапазон ВЧ (длинные и средние волны), т.е. с уменьшением длины волны биологическая активность ЭМИ всегда возрастает.

ЭМИ, оказывая воздействие на физико-химические процессы в биосистемах, создает напряжение на субмолекулярном и молекулярном уровнях. Установлено, что воздействие ЭМП радиотелефона на область головы пользователя способствует развитию умеренно выраженной брадикардии и повышает электрокинетическую активность ядер клеток эпителия кожи. Возникновение брадикардии при воздействии низких уровней СВЧ-излучения обусловлено в основном нарушениями центральных и периферических иннервационных механизмов регуляции деятельности сердца.

В Республике Беларусь для контроля безопасности воздействия ЭМП на человека используются следующие документы: ГОСТ 12.1.006; СанПиН 2.2.4/2.1.8.9.-36-2002; СанПиН 2.2.4.11-25-2003; СанПиН 9-84-98; СанПиН 9-85-98; СанПиН 9-98-98.

Нормируемыми параметрами переменного магнитного поля являются **напряженность поля и магнитная индукция**.

Напряженность электрического поля в данной точке представляет собой физическую величину, численно равную силе, действующей на единичный положительный заряд, помещенный в эту точку поля. Напряженность электрического поля измеряется в вольтах на метр (В/м) или в ньютонах на кулон (Н/К).

Электрическое поле, в котором напряженность одинакова во всех точках, называется *однородным*.

Магнитная индукция (плотность магнитного потока) - это физическая величина, численно равная силе, с которой магнитное поле действует на проводник единичной длины, расположенный перпендикулярно к силовым линиям магнитного поля (МП), при токе в проводнике, равном единице силы тока. Единицей магнитной индукции является Тэсла (Тл), т.е. индукция такого поля, в котором на каждый метр длины проводника с током в 1 А, расположенного перпендикулярно к полю, действует сила в 1 Н (1 Тл=1 Н/А·м).

Кроме индукции магнитное поле характеризуется напряженностью (А/м) и *магнитным потоком*, который представляет собой число силовых линий, проходящих через перпендикулярно расположенную к ним площадку. Единицей магнитного потока является Вебер (Вб) - это поток индукции в 1 Тл через площадку площадью 1 м².

По ГОСТ 12.1.006 допустимые уровни воздействия ЭМП радиочастот оцениваются показателями интенсивности поля и создаваемой им энергетической нагрузкой.

В диапазоне частот 60 кГц-300 МГц интенсивность ЭМП характеризуется напряженностью электрического E и магнитного H полей, *энергетическая нагрузка* (ЭН) представляет собой произведение квадрата напряженности поля на время его воздействия. Энергетическая нагрузка, создаваемая соответственно электрическим и магнитным полем, равна

$$\text{ЭН}_E = E^2 T, \quad \text{ЭН}_H = H^2 T,$$

В диапазоне частот 300 МГц-300 ГГц интенсивность ЭМП характеризуется *поверхностной плотностью потока энергии ППЭ*, поэтому энергетическая нагрузка будет представлять собой

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

Во всех случаях максимальное значение ППЭ_{шт} не должно превышать 10 Вт/м² (1000 мкВт/см²).

Предельно допустимые уровни напряженности и магнитной индукции постоянного магнитного поля нормируются СанПиН 9-85-98 (таблица 4.13).

Нормируются также уровни напряженности и магнитной индукции переменного магнитного поля при импульсном (прерывном) действии магнитного поля (СанПиН 2.2.4.11-25-2003).

Длина волны ЭМП, формируемой источником, позволяет выбрать соответствующий прибор контроля электромагнитного излучения. Для низкочастотных источников ЭМП (НЧ, ВЧ, УВЧ-диапазоны) необходимо использовать приборы, измеряющие электрическую и магнитную составляющие ЭМП; для СВЧ-диапазона - приборы, позволяющие измерять плотность потока энергии.

Основными техническими параметрами приборов являются: диапазон частот, на который рассчитан измеритель, оснащенный антеннами; пределы измерений энергетических параметров ЭМП; основная погрешность измерений, обычно выражаемая в децибелах.

В зависимости от условий воздействия ЭМП, характера и местонахождения источника излучения могут использоваться следующие **методы и средства защиты:**

- защита временем;
- защита расстоянием;
- снижение интенсивности излучения непосредственно в источнике;
- экранирование источника;
- защита рабочего места от излучения;
- применение средств индивидуальной защиты.

Защиту временем используют в тех случаях, когда отсутствует реальная возможность снизить напряженность ЭМП до предельно допустимого уровня.

Защита расстоянием используется в тех случаях, когда невозможно снизить интенсивность излучения другими методами и сокращением времени облучения.

Для диапазона длинных, средних, коротких и ультракоротких волн расстояние можно определить по формуле

$$R = \sqrt{30PG/E_{\text{доп}}},$$

где P - средняя выходная мощность, Вт;

G - коэффициент направленности антенны;

$E_{\text{доп}}$ - допустимая напряженность электрического поля.

Этот метод является наиболее эффективным, так как может использоваться для защиты работающих в производственных условиях и населения в селитебной зоне.

Снижение интенсивности излучения непосредственно в источнике является универсальным методом и достигается прежде всего заменой источника на менее мощный, а также регулировкой генератора. Кроме того, можно использовать специальные устройства - аттенюаторы (ослабители), которые поглощают, отражают или ослабляют передаваемую энергию на пути от генератора к потребителю и т.д.

При использовании метода *экранирования источника* учитывают характер и мощность источника излучения, его рабочую частоту, особенности технологического процесса. Для разработки экранов используют такие явления, как поглощение ЭМИ и его отражение от материала экранов. Поглощение ЭМИ обуславливается тепловыми потерями в толще материала и зависит от его электромагнитных свойств (электрической проводимости, магнитной проницаемости и т.п.). Отражение связано с различием электромагнитных свойств воздуха (или другой среды, в которой распространяется ЭМП) и материала экрана.

Для изготовления экранов применяют либо тонкие металлические (сталь, алюминий, медь, сплавы) листы, либо металлические сетки. При этом экраны должны тщательно заземляться.

Металлические экраны практически непроницаемы для ЭМИ радиочастотного диапазона за счет их отражающей и поглощающей способности.

Экраны с низким коэффициентом отражения являются поглощающими.

Резиновые коврики типа ВКФ, В2Ф и другие представляют собой прессованные листы резины специального состава с коническими, сплошными или полыми шинами.

Поглощающие экраны должны обладать минимальной величиной отражения ЭМИ в широком диапазоне частот, большой величиной затухания проникающего в материал ЭМИ и не должны менять поляризацию отраженных колебаний.

Защита рабочего места от излучения достигается локализацией ЭМП в помещении. Для этого используют электрогерметичные помещения, аппаратные и кабины, представляющие собой замкнутые электромагнитные экраны. В таких помещениях экранируются стены, потолок, пол, оконные и дверные проемы и вентиляционные системы.

Помещения, в которых предполагается проводить настройку, регулирование и испытание установок, генерирующих высокоинтенсивные ЭМП, необходимо обустроить так, чтобы при включении последних на полную мощность, их излучение практически не проходило через стены, перекрытия, оконные проемы и двери в смежные помещения.

Кроме того, для ослабления ЭМИ необходимо подбирать и соответствующие материалы (таблица 5.1).

Таблица 5.1 - Ослабление ЭМИ строительными конструкциями

Материал и элементы конструкции	Ослабление потока мощности, дБ, при длине волн ЭМИ, λ	
	$\lambda = 3$ см	$\lambda = 10$ см
Кирпичная стена, 70 см	21	16
Междуэтажное перекрытие	22	2
Оштукатуренная стена здания	12	8
Окна с двойными рамами	18	7

При защите помещений от внешних ЭМИ применяются оклеивание стен специальными металлизированными обоями, сетка на окнах, специальные металлизированные шторы и т.п.

В качестве экранирующего материала для световых проемов, приборных панелей, смотровых окон используют оптически прозрачное стекло, покрытое полупроводниковым диоксидом олова. Световые проемы или смотровые окна на более низких частотах могут также экранироваться металлической сеткой.

Согласно СанПиН 9-85-98 источники магнитного поля, расположенные в общих производственных помещениях, должны выделяться в отдельные участки на расстоянии 1,5-2,0 м друг от друга. Пульты управления источниками магнитного поля должны быть вынесены за пределы зоны поля с напряженностью более 8,0 кА/м (10 мТл).

Основными видами средств коллективной защиты работающих от воздействия электрического поля токов промышленной частоты являются экранирующие устройства. Они могут быть *стационарными и переносными*.

Стационарные экранирующие устройства представляют собой составную часть электроустановки и предназначены для защиты персонала в открытых распределительных устройствах и воздушных линиях электропередач. Конструктивно они изготавливаются в виде козырьков, навесов или перегородок из металлических канатов, прутков, сеток.

В высокочастотных установках индукционного нагрева применяется либо общее экранирование установок, либо экранирование отдельных блоков.

Экран плавильного или закалочного индуктора выполняется в виде подвижной металлической камеры, опускающейся во время нагрева и поднимающейся после его окончания, или в виде неподвижной камеры с открывающейся дверью.

В установках диэлектрического нагрева экранированию подлежат пластины рабочего конденсатора и фидеры, подводящие к ним высокочастотную энергию. Экран может выполняться в виде металлической камеры, шкафа, короба и т.п.

Переносные экранирующие устройства - это переносимые или перевозимые изделия в виде замкнутых конструкций из металлических сеток.

Наряду со стационарными и переносными экранирующими устройствами используются и индивидуальные экранирующие комплекты, в которые входят спецодежда, спецобувь, средства защиты головы, рук и лица. Они предназначены для защиты персонала от воздействия электрического поля, напряженность которого не превышает 60 кВ/м, создаваемого электроустановками напряжением 400, 500 и 750 В и частотой 50 Гц.

Средства индивидуальной защиты от воздействия ЭМИ должны использоваться только в аварийных режимах либо при проведении кратковременных работ.

В качестве таких средств используются очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани. Для защиты тела применяют

комбинезоны, халаты и капюшоны. Их обычно изготавливают из трех слоев ткани. Внутренний и наружный слои делают из хлопчатобумажной ткани (диагональ, ситец), а средний, защитный слой - из радиотехнической ткани, имеющей проводящую сетку.

Радиозащитные очки изготавливают из стекла, покрытого полупроводниковым диоксидом олова.

К организационным мероприятиям относятся: выполнение требований к персоналу (возраст, пол, медицинское освидетельствование, обучение, проверка знаний, инструктаж и т.п.); рациональное размещение источников ЭМИ; рациональные режимы работы оборудования и персонала; применение средств предупреждающей сигнализации (световой, звуковой, знаковой и др.).

Для предупреждения профессиональных заболеваний лиц, работающих в условиях ЭМИ, применяются такие меры, как предварительный (для поступающих на работу) и периодический (не реже одного раза в год) медицинские осмотры, а также ряд мер, способствующих повышению устойчивости организма человека к действию ЭМИ.

К мероприятиям, способствующим повышению резистентности организма к ЭМП, могут быть отнесены регулярные физические упражнения, рационализация времени труда и отдыха, а также использование лекарственных препаратов и общеукрепляющих витаминных комплексов.

2. Защита от ультрафиолетового излучения

Ультрафиолетовое излучение (УФ-излучение) - это электромагнитное излучение в оптической области в диапазоне 200-400 нм с частотой колебаний от 10^{13} до 10^{16} Гц, примыкающее со стороны коротких волн к видимому свету. Оно относится к неионизирующим излучениям.

Естественным источником УФ-излучения является Солнце.

В промышленности источниками этого излучения могут быть газоразрядные источники света, электрические дуги, плазматроны, лазеры и др.

УФ-излучение, так же как и инфракрасное, в зависимости от длины волны делится на три области (рис. 5.2):

- УФ-А - длинноволновая (400-315 нм);
- УФ-В - средневолновая (315-280 нм);
- УФ-С - коротковолновая (280-200 нм).



Рис. 5.2. Спектр излучений

УФ-излучение с длиной волны 400-315 нм имеет слабое биологическое действие, область волн 315—280 нм характеризуется сильным воздействием на кожу и противорахитичным действием. Для волн 280-200 нм свойственно бактерицидное действие.

УФ-излучение характеризуется двойким действием на организм: с одной стороны, опасностью переоблучения, а с другой - необходимостью для нормального функционирования организма.

Длительное воздействие больших доз УФ-излучения может привести к серьезным поражениям глаз и кожи. Острые поражения глаз обычно проявляются в виде кератитов (воспаления роговицы) и помутнения хрусталика глаза. Продолжительное воздействие больших доз УФ-излучения особенно в области излучения 280-200 нм оказывает сильное разрушительное действие на клетку, а также бактерицидное действие вследствие коагуляции белков, что может привести к развитию рака кожи. Пораженный участок кожи имеет отечность, ощущается жжение и зуд, появляются дерматиты. Воздействие повышенных доз УФ-излучения на центральную нервную систему сопровождается головной болью, тошнотой, головокружением, повышением температуры тела, утомляемостью, нервным возбуждением и др.

УФ-излучение с длиной волны менее 320 нм, действуя на глаза, вызывает *электроофтальмию*. Уже на начальной стадии этого заболевания человек чувствует резкую боль и ощущение песка в глазах, ухудшение зрения, головную боль, обильное слезотечение, иногда светобоязнь, что в итоге приводит к поражению роговицы. Воздействие УФ-излучения на человека оценивается *эритемным действием* (от греч. erythema - краснота), т.е. покраснением кожи, которое в дальнейшем приводит к ее пигментации (загару).

Для биологических целей мощность УФ-излучения оценивается *эритемным потоком*, единицей которого является эр (один эр - это эритемный поток, соответствующий потоку излучения с длиной волны 297 нм и мощностью 1 Вт), *эритемной освещенностью*, эр/м², и *эритемной дозой*, (эр·ч)/м².

В зависимости от УФ-дефицита и контингента населения *рекомендуются дозы* в пределах 0,125-0,75 эритемной дозы (10-60 мэрч/м²). Допустимая интенсивность УФ-излучения нормируется СН 4557-88. Нормативные значения интенсивности излучения установлены с учетом продолжительности воздействия УФ-излучения на работающих, его спектрального состава и обязательного использования индивидуальных средств защиты.

Допустимая интенсивность УФ-облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 м² и периода облучения до 5 мин, длительности пауз между ними не менее 30 мин и общей продолжительности воздействия за смену до 60 мин не должна превышать для диапазонов: УФ-А - 50 Вт/м²; УФ-В - 0,05 Вт/м²; УФ-С - 0,001 Вт/м².

Допустимая интенсивность УФ-облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более 0,2 м² (лицо, шея, кисти рук и др.), общей продолжительности воздействия излучения (50% рабочей смены) и длительности однократного облучения свыше 5 мин и более не должна превышать для УФ-А - 10 Вт/м², УФ-В - 0,01 Вт/м². Воздействие УФ-С в этом случае не допускается.

При использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук, пропускающих УФ-излучение (спилк, кожа, ткани с пленочным покрытием и т.п.), допустимая интенсивность облучения в области УФ-В + УФ-С (200-315 нм) не должна превышать 1 Вт/м².

Основными способами защиты работающих от воздействия ультрафиолетового излучения *являются защита расстоянием, экранирование рабочих мест, специальная окраска помещений, рациональное размещение рабочих мест и использование индивидуальных средств.*

Защита расстоянием - это удаление обслуживающего персонала от источников УФ-излучения на безопасную величину. Расстояния, на которых уровни УФ-излучения не представляют опасности для работающих, определяются только экспериментально в каждом конкретном случае в зависимости от условий работы, состава производственной атмосферы, вида источника излучения, отражающих свойств конструкций помещения и оборудования и т.д.

Наиболее рациональным методом защиты является *экранирование* (укрытие) источников излучений с помощью различных материалов и светофильтров, не пропускающих или снижающих интенсивность излучений.

Для защиты работающих от избытка УФ-излучения используют противосолнечные экраны, жалюзи, оконные стекла со специальным покрытием, стекла «хамелеоны» и др. В производственных условиях применяются стены, кабины, щитки, ширмы, очки с защитными стеклами. Полную защиту от УФ-излучения всех волн обеспечивает флинт-глас (стекло с оксидом свинца) толщиной 2 мм. Кабины изготавливаются высотой 1,8-2 м, причем их стенки не должны доходить до пола на 25-30 см для улучшения проветривания.

При размещении *рабочих помещений* необходимо учитывать, что отражающая способность различных отделочных материалов для УФ-излучения иная, чем для видимого света. Хорошо отражают УФ-излучение полированный алюминий и меловая побелка, в то время как оксиды цинка и титана на масляной основе - плохо.

Для защиты от УФ-излучения обязательно применяются **индивидуальные средства защиты**, которые состоят из спецодежды (куртка, брюки), рукавиц, фартука из специальных тканей, щитка со светофильтром, соответствующего определенной интенсивности излучения. Для защиты глаз, например, при ручной электросварке применяют светофильтры следующих типов: для электросварщиков при сварочном токе 30-75 А - Э-1; 75-200 А - Э-2; 200-400 А - Э-3 и при токе 400 А - Э-4.

Кроме того, для защиты кожи от УФ-излучения используются мази, содержащие вещества, обладающие защитным эффектом (салол, салицилово-метилловый эфир и др.), а также спецодежда из льняных и хлопчатобумажных тканей с искростойкой пропиткой и из грубошерстяного сукна.

3. Защита от инфракрасного излучения

Инфракрасное (тепловое) излучение (ИК) излучается любым нагретым телом, температура которого превышает значение абсолютного нуля. Его диапазон простирается от 0,75 до 1000 мкм. Нагретые тела, имеющие температуру выше +100 °С, являются источниками коротковолнового излучения ($\lambda = 0,7-0,9$ мкм). С уменьшением температуры нагретого тела от +100 до +50 °С ИК-излучение характеризуется в основном длинноволновым спектром.

На производстве источниками ИК-излучения являются нагретые поверхности оборудования, обрабатываемых деталей и заготовок, разные виды сварки, плазменной обработки и др.

Основным биоэффектом ИК-излучения является тепловой, так как излучения с длиной волны более 1,5 мкм почти полностью поглощаются биологическими тканями и при длительном пребывании человека в зоне излучения возможно нарушение механизма терморегуляции, водно-солевого режима и т. п.

Воздействие интенсивного коротковолнового ИК-излучения ($\lambda < 1,5$ мкм) на открытые участки тела человека проявляется в виде ожога кожи, расширении просвета капилляров и увеличения пигментации кожи. Результатом воздействия его на глаза может явиться ожог кожи век (эритема и образование пузырей). Повторное воздействие ИК-излучения на глаза может привести к хроническому воспалению век, помутнению хрусталика, спазму зрачка, ожогу сетчатки и др.

Нормирование и оценка инфракрасного излучения. Способы и средства защиты. Опасность облучения ИК-лучами оценивается по величине интенсивности или плотности потока энергии (ППЭ), которая не должна превышать значений, приведенных в табл. 5.2.

Таблица 5.2. Предельно допустимые значения интенсивности инфракрасного облучения персонала

Облучаемая поверхность тела, %	ППЭ _{пд} , Вт/м ²
50 и более	35
50 - 25	70
Не более 25	100

Кроме допустимых значений плотности потока энергии ограничивается также и температура нагретых поверхностей. Если температура источника $t_{ист}$ тепла не превышает +100 °С, то поверхность оборудования должна иметь температуру $t_{пд}$, не превышающую +35 °С, а при $t_{пд} > 100$ °С — $t_{пд} \leq 45$ °С.

Основными способами и средствами защиты от ИК-излучений являются:

- снижение интенсивности излучения источника;
- теплоизоляция рабочих поверхностей источников излучения теплоты;
- экранирование источников или рабочих мест;
- воздушное душирование рабочих мест, создание водяных завес;
- использование средств индивидуальной защиты;
- применение общеобменной вентиляции помещений;

- кондиционирование воздуха, лечебно-профилактические мероприятия;
- применение *оградительных устройств*.

Наиболее распространенными средствами защиты от ИК-излучений являются *оградительные устройства*, т. е. конструкции, отражающие или поглощающие ИК-излучения. Конструктивно экраны могут выполняться из одной или нескольких параллельно размещенных с зазором пластин. Охлаждение пластин может осуществляться естественным или принудительным способом.

Отражающие устройства изготавливаются из листового алюминия, белой жести, алюминиевой фольги, укрепленной на несущем материале (картоне, сетке). С этой целью может использоваться силикатное закаленное стекло с пленочным окисло-оловянным покрытием и легированными добавками, превосходящее по своим отражательным способностям экраны из сталинита.

Для теплопоглощения могут использоваться металлические сетки, армированное стекло, водяные завесы.

Для предотвращения ожогов при прикосновении к нагретым поверхностям применяется их теплоизоляция с помощью различных материалов и конструкций (минеральная вата, стекловата, асбест, войлок и др.).

Конструктивно теплоизоляция может быть мастичной, оберточной, засыпной и т. п.

В качестве средств индивидуальной защиты применяются фибровые и дюралевые каски, защитные очки, наголовные маски с откидными экранами и др.

Лечебно-профилактические мероприятия включают предварительные и периодические медицинские осмотры в целях предупреждения и ранней диагностики заболеваний у работающих.

4. Защита от лазерного излучения

4.1 Источники, характеристика лазерного излучения и его воздействие на организм человека

Возможность концентрации лазерного излучения в пучок малого диаметра позволяет создавать очень высокие значения плотности энергии, необходимые для резания различных высокопрочных материалов — сталей, твердых сплавов, алмазов и др. Для процесса резания используются лазеры на углекислом газе непрерывного действия с выходной мощностью сотни, тысячи ватт и более.

Интенсивно развиваются лазерная пайка, точечная и шовная сварка тончайших металлических изделий (светолучевая сварка), различных сочетаний (композиций), материалов и тугоплавких металлов: медь — алюминий, германий — золото, никель — тантал и т. д. Лазером сваривают катоды в радиолампах без нарушения вакуума и строения свариваемых материалов. Для сварки и пайки используются лазеры на рубине, неодимовом стекле, алюмоиттриевом гранате, на двуокиси углерода.

Принцип действия лазеров основан на использовании вынужденного электромагнитного излучения, возникающего в результате возбуждения квантовой системы. Лазерное излучение является электромагнитным излучением, генерируемым в диапазоне длин волн 0,2...1000 мкм, который может быть разбит в соответствии с биологическим действием на ряд областей спектра:

- 0,2...0,4 мкм — ультрафиолетовая;
- 0,4...0,75 мкм — видимая;
- 0,75...1,4 мкм — ближняя инфракрасная;
- свыше 1,4 мкм — дальняя инфракрасная.

В последнее время чаще всего применяют лазеры с длинами волн 0,34; 0,49...0,51; 0,53; 0,694; 1,06 и 10,6 мкм.

Основными энергетическими параметрами лазерного излучения являются: энергия излучения E , энергия импульса $E_{\text{и}}$, мощность излучения P , плотность энергии (мощности) излучения $W_e(W_p)$.

Лазеры различают:

- по виду рабочего вещества (активной среды) — твердотельные, жидкотельные, газовые, полупроводниковые;
- по характеру действия — импульсные и непрерывного действия.

В основу классификации лазеров положена степень опасности лазерного излучения для обслуживающего персонала. По этой классификации лазеры разделены на четыре класса:

класс I (безопасные) — выходное излучение не опасно для глаз;

класс II (малоопасные) — опасно для глаз прямое или зеркально отраженное излучение;

класс III (среднеопасные) — опасно для глаз прямое, зеркально, а также диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и (или) для кожи прямое или зеркально отраженное излучение;

класс IV (высокоопасные) — опасно для кожи диффузно отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности.

Чем выше класс лазерной установки, тем выше опасность воздействия излучения на персонал и тем большее число факторов опасного и вредного воздействия проявляется одновременно (табл.5.3).

Таблица 5.3. Опасные и вредные производственные факторы лазерных установок

Фактор	Класс лазерной установки			
	I	II	III	IV
Лазерное излучение:				
прямое, зеркально отраженное	-	+	+	+
диффузно отраженное	-	-	+	+
Электрическое поле	-(+)	+	+	+
Ультрафиолетовое излучение	-	-	+	+
Инфракрасное излучение	-	-	-(+)	+
Яркость света	-	-	-(+)	+
Электромагнитные излучения ВЧ-и СВЧ-диапазонов	-	-	-	-(+)
Ионизирующие излучения	-	-	-	-(+)
Температура поверхности оборудования	-	-	-(+)	+
Шум и вибрация	-	-	-(+)	+
Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	-	-	-(+)	+
Химически опасные и вредные факторы	При использовании химических веществ			

Примечание. Знаки +, - соответственно означают, что факторы имеют место всегда или отсутствуют, а знаки — (+) означают, что наличие фактора зависит от характеристики и условий эксплуатации лазеров.

Классификация определяет специфику воздействия излучения на орган зрения и кожу. В качестве ведущих критериев при оценке степени опасности генерируемого лазерного излучения приняты величина мощности (энергии), длина волны, длительность импульса и экспозиция облучения.

Условия труда при использовании лазеров. Работа с лазерами в зависимости от конструкции, мощности, условий эксплуатации разнообразных лазерных систем и другого оборудования может сопровождаться воздействием

на персонал неблагоприятных производственных факторов, которые разделяют на основные и сопутствующие. К *основным* факторам, возникающим при работе лазеров, относятся прямое, зеркально и диффузно отраженное и рассеянное излучения, степень выраженности их определяется особенностями технологического процесса. К *сопутствующим* относится комплекс физических и химических факторов, возникающих при работе лазеров, которые имеют гигиеническое значение и могут усиливать неблагоприятное действие излучения на организм, а в ряде случаев имеют самостоятельное значение. В связи с этим при гигиенической оценке условий труда персонала учитывается весь комплекс факторов производственной среды.

По способу образования неблагоприятные факторы подразделяются на две группы. К 1-й группе относятся факторы, возникающие в результате собственно работы лазеров; степень выраженности их зависит от физико-технических параметров лазерной установки. Во 2-ю группу включены факторы, образующиеся при взаимодействии лазерного излучения с обрабатываемыми материалами или с различными элементами системы по ходу луча.

Образование ряда сопутствующих факторов зависит от мощности излучения конструктивных особенностей лазерных установок, физико-химических свойств обрабатываемых материалов, санитарно-технического оборудования технологических лазерных установок и производственных помещений.

Работа лазерных установок, как правило, сопровождается шумом. На фоне постоянного шума, который может достигать 70... 80 дБ, имеют место звуковые импульсы с уровнем интенсивности 100... 120 дБ, возникающие в результате перехода световой энергии в механическую в месте соприкосновения луча с обрабатываемой поверхностью или за счет работы механических затворов лазерных установок. Разряды ламп накачки, а также взаимодействие луча с воздухом сопровождаются выделением озона и окислов азота.

Воздействие лазерного излучения на организм человека имеет сложный характер. Эффекты воздействия лазерного излучения на организм человека зависят от энергетических и временных параметров излучения, т. е. энергетической экспозиции в импульсе или энергетической освещенности, длины волны излучения, длительности импульса, частоты повторения импульсов, времени воздействия и площади облучаемого участка, а также от

биологических и физико-химических особенностей облучаемых тканей и органов. Энергетическая экспозиция — отношение энергии излучения, падающей на рассматриваемый участок поверхности, к площади этого участка, умноженное на длительность облучения.

Облучение лазерными лучами может вызывать нарушение деятельности центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, эндокринных желез, свертывание или распад крови, повреждение глаз и кожи, повышенную утомляемость, головные боли, расстройство сна и др. Возможны также изменения генетических, ферментативных и других свойств тканей и некоторых составных частей крови, ионизация молекул.

Наиболее чувствительным органом к лазерному излучению являются глаза. Глаз человека представляет собой орган, который воспринимает, преломляет и преобразует электромагнитное излучение определенного диапазона длин волн. Видимые и ближние инфракрасные лучи проходят через глаз почти без потерь. Преломляясь в элементах оптической системы глаза (роговице, хрусталике, стекловидном теле), эти лучи фокусируются на сетчатке, поэтому на поверхности сетчатки плотность энергии излучения будет еще больше, чем в луче, падающем на глаз. Попадание лазерного излучения в глаза опасно.

4.2. Нормирование лазерного излучения

Предельно допустимые уровни регламентированы «Санитарными нормами и правилами устройства и эксплуатации лазеров» № 2392-81, которые позволяют разрабатывать мероприятия по обеспечению безопасных условий труда при работе с лазерами, осуществлять текущий и предупредительный санитарный надзор. Санитарные нормы и правила позволяют определять величину ПДУ для каждого режима работы, участка оптического диапазона по специальным формулам и таблицам. Нормируется энергетическая экспозиция облучаемых тканей. Для лазерного излучения видимой для глаз области спектра учитывается также угловой размер источника излучения.

Предельно допустимые уровни облучения дифференцированы с учетом режима работы лазеров — непрерывный режим, моноимпульсный, импульсно-периодический.

Контроль уровней опасных и вредных факторов при эксплуатации лазеров проводится периодически (не реже одного раза в год). В процессе контроля производятся измерения уровней лазерного излучения и уровней сопутствующих факторов. Аналогичные измерения осуществляются при

приеме новых установок, изменении конструкции лазерной установки или средств защиты, организации новых рабочих мест.

4.3. Способы защиты от лазерного излучения

Меры безопасности при обслуживании лазеров (лазерных установок) включают организационные, технические, планировочные, санитарно-гигиенические мероприятия, обеспечивающие уменьшение плотностей потоков энергии на рабочих местах.

Наиболее эффективным методом защиты является *экранирование*. Луч передается к мишени по волноводу (световоду) или огражденному экраном пространству. Для снижения уровня отраженного излучения линзы, призмы и другие твердые с зеркальной поверхностью предметы на пути луча снабжаются *блендами*, а от облученного объекта устанавливаются *защитные экраны*. — диафрагмы с отверстием, диаметр которого несколько превышает диаметр луча. В этом случае через отверстие проходит только прямое излучение, отраженное излучение от объекта попадает на экран, который его частично поглощает и рассеивает.

На открытых площадках, где размещены лазерные установки, обозначаются опасные зоны, устанавливаются экраны, предотвращающие распространение излучений за пределы площадки.

Непрозрачные экраны или ограждения, препятствующие выходу лазерного излучения, изготавливаются из металлических листов (стальных, дюралюминиевых и др.), гетинакса, пластика, текстолита, пластмасс.

Прозрачные экраны изготавливаются из специальных стекол, светофильтров или же органического стекла с соответствующей спектральной характеристикой.

Приведение лазера в рабочее положение обычно блокируется с установкой экранирующих устройств. Генератор и лампа накачки заключаются в светонепроницаемую камеру. Лампы накачки должны иметь блокировку, исключающую возможность вспышки лампы при открытом положении ее экрана. Устройства для визуальной юстировки оборудуются постоянно смонтированными защитными светофильтрами. Производить или проверять юстировку лазерной установки необходимо только *при, отключенном питании возбуждающего устройства* (батареи конденсаторов в твердотельных лазерах и источников электрического тока в газовых лазерах).

Для основного луча каждого лазера в помещении выбираются направление и зона, в которых исключается пребывание людей. Работы с лазерными установками проводятся в отдельных, специально выделенных помещениях или отгороженных частях помещений.

Дверь в помещение и рабочее отверстие бокса блокируют для запрещения работы установки при открывании двери.

Установку размещают так, чтобы луч лазера был направлен на капитальную неотражающую, огнестойкую стену, но не на окна, двери, некапитальные сооружения, способные пропускать излучение. Для удаления любых загрязнений или примесей к воздуху используется приточно-вытяжная вентиляция.

Само помещение изнутри, оборудование и другие предметы, находящиеся в нем, не должны иметь зеркально отражающих поверхностей, если на них может падать прямой или отраженный луч лазера. Эти поверхности окрашиваются в матовые тона с коэффициентом отражения не более 0,4.

Подбор лазеров для технологических операций производится исходя из минимального уровня излучения, обеспечивающего требуемый технологический режим. При расстановке лазерного оборудования предусматриваются места для средств защиты, съемных принадлежностей к установке и переносной измерительной аппаратуры. Кроме того, определяется зона возможного распространения лазерного излучения. Расстановка лазеров П-1У класса производится с учетом нормативов свободного пространства, которые должны быть обеспечены кроме создания зон на общие проходы, на пространства для открывания дверей, а также зон распространения луча при работе с лазером открытого типа. С лицевой стороны пультов и панелей управления обеспечивается свободное пространство 1,5 м при однорядном размещении лазеров и 2 м — при двухрядном. С задней и боковых сторон должно быть обеспечено пространство шириной не менее 1 м.

Для фона мишени рекомендуется темная краска с высоким коэффициентом поглощения, а для окружающей поверхности — светлая. В помещениях должна быть создана *высокая освещенность*. Коэффициент естественной освещенности должен составлять не менее 1,5 %, а общее искусственное освещение должно создавать освещенность не менее 150 лк.

При эксплуатации импульсных лазеров с высокой энергией излучения применяется *дистанционное управление пуска*.

В качестве средств индивидуальной защиты применяют специальные противолазерные очки, щитки, маски, технологические халаты и перчатки. Технологические халаты изготавливают из хлопчатобумажной или бязевой ткани светло-зеленого или голубого цвета.

Защитные очки и маски со светофильтрами обеспечивают снижение уровней облучения до нормативных требований. Выбор светофильтров в каждом отдельном случае осуществляется с учетом длины волны генерируемого излучения.

Одежда должна оставлять возможно меньше открытых частей тела; она может быть обычной; предпочтительны халаты из непроницаемой ткани черного цвета. Перчатки для защиты рук также должны быть черного цвета.

Регулярный медосмотр включает исследование глазного дна, остроты зрения и другие офтальмологические наблюдения.

К обслуживанию лазеров допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний со стороны здоровья. Персонал, допускаемый к работе с лазерами, проходит инструктаж и обучение безопасным методам работ.

5. Защита от ионизирующих излучений

Любое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию положительных или отрицательных ионов и возбуждению атомов и молекул, называется *ионизирующим*. Оно может образовываться при радиоактивном распаде, ядерных превращениях или торможении заряженных частиц в веществе. Все ионизирующие излучения делятся на корпускулярные и фотонные (электромагнитные)

Корпускулярное ионизирующее излучение представляет собой поток элементарных частиц с массой, отличающейся от нуля, в виде α - и β -частиц, нейтронов, протонов, дейтронов, тяжелых ионов, образующихся в специальных ускорителях. Кроме того, к корпускулярному излучению относятся и нейтроны - нейтральные элементарные частицы, которые при прохождении через вещество взаимодействуют только с ядрами атомов. При этом образуются либо заряженные частицы (ядра отдачи, протоны, дейтроны), либо γ -излучение, которое вызывает ионизацию.

К *фотонному ионизирующему излучению* относятся рентгеновские лучи, γ -лучи и тормозное излучение, возникающее при прохождении через вещество ускоренных частиц. Фотонное излучение - это поток электромагнитных

колебаний, распространяющихся в вакууме с постоянной скоростью 300 000 км/с.

Воздействие ионизирующего излучения на вещество называется *облучением*. Термин «ионизирующее излучение» объединяет все виды излучений, которые в повседневной жизни называют общим словом «радиация».

Излучения характеризуются по их ионизирующей и проникающей способности.

Ионизирующая способность излучения определяется удельной ионизацией, т.е. числом пар ионов, создаваемых частицей в единице объема, массы среды или на единице длины пути. Излучения различных видов обладают разной ионизирующей способностью.

Проникающая способность излучения определяется величиной пробега, т.е. путем, пройденным частицей в веществе до ее полной остановки.

Альфа-частицы обладают наибольшей ионизирующей и наименьшей проникающей способностью. Их удельная ионизация изменяется от 25 до 60 тыс. пар ионов на 1 см пути в воздухе. Длина пробега этих частиц в воздухе составляет несколько сантиметров, а в мягкой биологической ткани - несколько десятков микрон. β -излучение имеет меньшую ионизирующую, но большую проникающую способность. Средняя величина удельной ионизации в воздухе составляет около 100 пар ионов на 1 см пути, а максимальный их пробег достигает нескольких метров при больших энергиях.

Наименьшей ионизирующей и наибольшей проникающей способностью обладает фотонное излучение. В процессе взаимодействия электромагнитного излучения со средой часть энергии преобразуется в кинетическую энергию вторичных электронов, которая, проходя через вещество, производит ионизацию. Ослабление потока электромагнитного излучения в веществе подчиняется экспоненциальному закону и характеризуется *коэффициентом ослабления* μ , который зависит от энергии излучения и свойств вещества.

Ионизирующие излучения обладают определенным биологическим эффектом, т.е. при их воздействии на организм человека в тканях происходят сложные физические и биохимические процессы, обусловленные тем, что разрываются молекулярные связи и изменяется химическая структура ряда соединений. Эти процессы прежде всего сказываются на состоянии клеток тканей, вплоть до их полной гибели.

Следует иметь в виду, что специфика воздействия ионизирующего излучения на биологические объекты обусловлена не столько количеством поглощенной энергии, сколько той формой, в которой эта энергия передается.

Нарушения биологических процессов могут быть либо обратимыми, когда нормальная работа клеток облученного объекта полностью восстанавливается, либо необратимыми, ведущими к поражению отдельных органов или всего организма и появлению лучевой болезни. Различают острую и хроническую формы лучевой болезни. Острая форма возникает в результате облучения большими дозами в короткий промежуток времени или при попадании внутрь значительных доз радионуклидов. Обычно эта форма лучевой болезни заканчивается гибелью облученного.

Хроническая форма лучевой болезни провоцируется длительным воздействием на организм малых доз радиации - порядка нескольких сантисивертов в час и ниже. Эффект поражения определяется прежде всего суммарной накопленной дозой вне зависимости от времени воздействия. Характер и течение хронической формы лучевой болезни в настоящее время изучены недостаточно, как и биологические эффекты воздействия малых доз радиации на организм в зависимости от времени.

Радиационная безопасность работающих обеспечивается выполнением Закона Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения», Нормами радиационной безопасности (НРБ-2000) и Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности (ОСП-2002).

Основными принципами обеспечения радиационной безопасности при практической деятельности в условиях нормальной эксплуатации источников излучения являются:

- непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения человека от всех источников излучений (*принцип нормирования*);
- запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением, превышающим естественный радиационный фон (*принцип обоснования*);
- поддержание индивидуальных доз облучения на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов и количества облучаемых лиц при использовании любого источника излучения (*принцип оптимизации*).

НРБ-2000 устанавливают две категории облучаемых лиц:

- персонал;

- все население, включая и персонал, который находится за пределами их производственной деятельности.

Персонал - это физические лица, работающие с источниками излучения или находящиеся по условиям работы в зоне их воздействия.

Для категорий облучаемых лиц НРБ-2000 установлены три класса нормативов:

- **основные пределы доз (ПД);**

- **допустимые уровни монофакторного воздействия (для одного радионуклида или одного вида внешнего излучения) и пути его поступления;**

- **контрольные уровни (дозы, уровни активности, плотности потоков и др.).**

Дозовые пределы облучения являются основной нормируемой величиной. *Предел дозы* - это величина годовой эффективной или эквивалентной дозы техногенного излучения, которая не должна превышать в условиях нормальной работы. Эффективная доза для персонала не должна превышать за весь период трудовой деятельности (50 лет) - 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) - 70 мЗв.

Допустимые уровни являются производными дозовых пределов. Количественными значениями допустимых уровней являются:

- предел годового поступления (ПГП);

- допустимые среднегодовая объемная (ДОА) и удельная (ДУА) активность и др.

Предел годового поступления - допустимый уровень поступления данного радионуклида в организм в течение года, который при монофакторном воздействии приводит к облучению условного человека ожидаемой дозой, равной соответствующему пределу дозы.

При одновременном воздействии на человека источников внешнего и внутреннего излучения годовая эффективная доза не должна превышать установленных пределов доз (таблица 5.4).

Мощность дозы излучения от переносных, передвижных, стационарных дефектоскопических, терапевтических аппаратов и других установок, действие которых основано на использовании радионуклидных источников излучения, не должна превышать 20 мкГр/ч на расстоянии 1 м от поверхности защитного блока с источником излучения.

Таблица 5.4 - Основные пределы доз облучения

Нормируемая величина	Пределы доз, мЗв	
	Персонал	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год:		
в хрусталике	150	15
коже	500	50
кистях и стопах	500	50

Для радиоизотопных приборов, предназначенных для использования в производственных условиях, мощность дозы излучения у поверхности блока с источником излучения не должна превышать 100 мкГр/ч, а на расстоянии 1 м от нее - 3 мкГр/ч. Мощность дозы излучения от устройств, при работе которых возникает сопутствующее неиспользуемое рентгеновское излучение, не должна превышать 1 мкГр/ч на расстоянии 0,1 м от любой поверхности.

Для женщин в возрасте до 45 лет, работающих с источниками излучения, вводятся дополнительные ограничения: эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв в месяц, а поступление радионуклидов в организм за год не должно быть более 0,05 ПГП для персонала.

Для оценки состояния радиационной безопасности используется *показатель радиационного риска*, который характеризуется суммарной накопленной эффективной дозой от всех источников излучения.

Радиационная безопасность на объекте и вокруг него обеспечивается за счет: качества проектирования; обоснованного выбора района и площадки для размещения; физической защиты источников излучения; зонирования территории объекта; условий эксплуатации технологических систем; разрешений (лицензии) уполномоченных государственных органов на практическую деятельность объекта; государственной санитарно-гигиенической экспертизы изделий и технологий по радиационному фактору; наличия системы радиационного контроля; планирования и проведения мероприятий по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения; радиационно-гигиенической грамотности персонала и населения.

Радиационная безопасность персонала в соответствии с ОСП-2002 обеспечивается:

- ограничением допуска к работе с источниками излучения по возрасту, полу, состоянию здоровья, уровню предыдущего облучения;
- знанием и соблюдением правил работы с источниками излучения;
- достаточностью коллективных средств защиты, экранов и расстояния от источников излучения, а также ограничением времени работы с источниками излучения;
- созданием условий труда, отвечающих требованиям НРБ-2000 и ОСП-2002;
- применением индивидуальных средств защиты;
- соблюдением установленных контрольных уровней;
- организацией радиационного контроля;
- информированием о радиационной обстановке;
- проведением эффективных мероприятий по защите персонала в случае угрозы и возникновении аварии.

В зависимости от потенциальной радиационной опасности установлены четыре категории объектов:

I - при аварии возможно радиационное воздействие на население и введение мероприятий по его радиационной защите;

II - радиационное воздействие при аварии ограничивается территорией санитарно-защитной зоны;

III - радиационное воздействие ограничивается территорией объекта;

IV - радиационное воздействие ограничивается помещениями, где проводятся работы с источниками излучения.

Проектирование защиты от внешнего ионизирующего излучения должно выполняться с учетом назначения помещений, категории облучаемых лиц и длительности облучения. При расчете защиты с коэффициентом запаса, равным 2, проектная мощность эквивалентной дозы излучения H на поверхности защиты определяется по формуле

$$H = 500D/t, \text{ мкЗв/ч,}$$

где D - предел дозы для персонала или населения, мЗв/год;

t - продолжительность облучения, часов в год.

Организация, эксплуатирующая источники ионизирующего излучения, должна иметь санитарный паспорт, который выдается на срок не более трех лет.

К моменту получения источника излучения администрация организации утверждает список лиц, допущенных к работе к ним, обеспечивает их необходимое обучение и инструктаж, назначает приказом по организации лиц, ответственных за радиационную безопасность, учет и хранение источников излучения, за организацию сбора, хранения и сдачу радиоактивных отходов, за радиационный контроль.

К работе с источниками излучения допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний. Перед допуском к работе персонал должен пройти обучение, инструктаж и проверку знаний правил безопасности ведения работ и соответствующих инструкций. Проверка знаний проводится комиссией до начала работ и периодически, не реже одного раза в год, руководящего состава - не реже одного раза в три года. Инструктаж по радиобезопасности проводится с периодичностью не реже двух раз в год.

Защита от внешнего облучения, так же как и электромагнитного, достигается временем, расстоянием и экранированием.

Продолжительность пребывания работника в опасной зоне должна ограничиваться временем, в течение которого он получает дозу, не превышающую допустимую.

В общем случае интенсивность излучения изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния. Соблюдая необходимое расстояние, можно во многих случаях избежать использования защитных экранов, которые создают определенные неудобства в работе. При этом обычно используют дистанционное управление.

Безопасность работ с ионизирующими излучениями обеспечивается также защитными экранами, толщина которых рассчитывается на основе законов ослабления излучений веществом экрана. Стационарными защитными экранами являются стены, перекрытия пола и потолка, двери, смотровые окна и т.п. К передвижным защитным устройствам относятся ширмы и экраны, изготовленные из специальных материалов, тубусы и диафрагмы, ограничивающие поток ионизирующего излучения, контейнеры для транспортировки и хранения источников излучения и т.д.

Защита работающих от внутреннего облучения заключается в исключении контакта человека с радиоактивными веществами в открытом виде, попадания их внутрь организма через воздух рабочей зоны, зараженную воду, пищу и т.п., предотвращении загрязнения радиоактивными веществами рук, одежды, поверхностей оборудования и помещения.