

## **КОНСПЕКТ**

**Для самостоятельной подготовки студентов 2-го курса лечебного факультета по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»**

**Тема 1.5 «Основные принципы защиты от опасностей. Системы и методы защиты человека от воздействия основных видов опасных и вредных факторов»**

### **Учебные вопросы:**

1. Защита от опасных и вредных факторов
2. Защита от механического травмирования
3. **Дозы излучения и единицы измерения**

## Вопрос 1 Защита от опасных и вредных факторов

### 1.1 Механические колебания. Вибрация

В технике и в окружающей среде, помимо поступательного и вращательного движений, есть и другой вид механического движения – колебания. Существует несколько видов колебаний. Собственные колебания – такие колебания, которые совершаются при отсутствии воздействия на колеблющуюся систему из внешней среды, и возникают при появлении какого-либо отклонения этой системы от равновесного состояния. Вынужденные колебания – колебания, которые возникают под действием внешних сил. Например, колебания маятника, которые вызываются переменной внешних сил.

В жизни наиболее распространенными являются вынужденные колебания. Тело в свободном колебании постепенно приближается к равновесному состоянию из-за присутствия разного рода сопротивлений, которые противостоят распространению энергии колебаний. Такие колебания называются затухающими. Затухание происходит быстрее при большем сопротивлении. При очень большом сопротивлении движения возникает толчок, при котором тело вне положения равновесия возвращается к исходному своему положению, то есть покою. При этом очень важно учитывать время действия толчка и его амплитуду. Автоколебания – это колебания, которые сопровождаются влиянием внешних сил на данную систему, и моменты времени задаются этой колеблющейся системой.

Пример: часы, в которых маятник получает толчки за счет действия на него гири или пружины. Параметрические колебания – это колебания, которые возникают при изменении параметров колеблющейся системы. Бывает система становится неустойчивой и из-за случайных действий приводит к возникновению и нарастанию колебаний. Такое явление называют параметрическим возбуждением колебаний.

Общим признаком механических колебаний являются повторы движения через промежуток времени. Период колебаний( $T$ ) – самый маленький интервал времени, через который происходит повтор движения тела, выражается в секундах. Частота определяет количество колебаний за 1 секунду. Единица частоты – 1 Гц.

*Периодические* – колебания, у которых значения всех физических величин, характеризующих колебательную систему и изменяющихся при её колебаниях, повторяются через равные промежутки времени.

*Амплитуда колебаний* – максимальное значение смещения « $A$ » тела от положения равновесия.

При совершении колебательного движения, материальное тело обладает некоторым запасом энергии. Этот запас энергии состоит из кинетической энергии движения  $E_k$  и потенциальной  $E_n$ , возникающий благодаря восстаивающей силе.

## ***Вибрация***

Вибрация – это движение механической системы или же точки, во время которого происходит поочерёдное убывание и возрастание во времени каких либо значений, по крайней мере одной координаты. Возбуждение вибрационных движений происходит вследствие возникающих при работе машин и агрегатов неуравновешенных силовых воздействий. Их источниками являются возвратно-поступательные движущие системы, например, кривошипно-шатунные механизмы, ручные перфораторы, вибротрамбовки и агрегаты виброформования. Также их источниками являются неуравновешанные вращающиеся массы, например, ручные электрические и пневматические шлифовальные машины, режущий инструмент станков и т.д. Вибрации могут создаваться ударами деталей, например, зубчатые зацепления, подшипниковые узлы. Величина дисбаланса во всех случаях приводит к появлению неуравновешанных сил. Неоднородность материала вращающегося тела, несовпадение центра массы тела и оси вращения, деформация деталей от неравномерного нагрева при горячих и холодных посадках – всё это может явиться причиной дисбаланса.

Воздействие вибрации на человека чаще всего связано с колебаниями, обусловленными внешним переменным силовым воздействием на машину, либо отдельную её систему. Возникновение такого рода колебаний может быть связано не только с силовым, но и с кинетическим возбуждением, например, в транспортных средствах при их движении по неровному пути.

Вибрация, состоящая из одной частной составляющей, называется моногармонической (гармонической). На практике более часто встречается полигармоническая вибрация.

### ***Основные характеристики вибрации. Измерение вибрации***

Для количественной оценки вибрации рассматривают следующие ее параметры: двойная амплитуда (размах колебаний) используется для оценки, когда смещение деталей машин является, с точки зрения допустимых механических напряжений и зазоров, критическим. Очевидно, что единственным параметром вибрации не может быть механическое движение (вибросмещение объекта), виброскорость не менее применима для изучения.

Производная по времени от вибросмещения – виброскорость. Эти измерения актуальны при проведении балансировке роторов, в строительной виброакустике, при исследовании машин с малыми зазорами между узлами и при прогнозе усталостных разрушений.

*Виброскорость* характеризует колебательную энергию, самый «измеряемый» параметр вибрации. Амплитуда частотных составляющих виброскорости в достаточно широкой полосе (10-1000 Гц) равномерна, что повы-

шает достоверность и упрощает измерение. По уровню виброскорости определяют техническое состояние машин, их узлов и деталей.

#### Виды вибрации

Воздействие вибрации на человека классифицируют:

- по направлению действия вибрации;
- по способу передачи колебаний;
- по временной характеристике вибрации.

В зависимости от способа передачи колебаний человеку вибрацию подразделяют на:

- 1) Общую, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека.
- 2) Локальную, передающуюся через руки человека.

Общей вибрации подвергаются транспортные рабочие, операторы мощных штампов, грузоподъемных кранов и некоторых других видов оборудования. Локальной вибрации подвергаются работающие с ручным электрическим и пневматическим механизированным инструментом. В некоторых случаях при работе на строительно-дорожных машинах и транспорте работник может в одно и то же время быть подвергнутым общей и локальной вибрации.

Вибрации общие разделяются по возможности их регулирования интенсивности на:

- транспортные. Эти вибрации появляются в результате движения машин по агрофонам, безрельсовым дорогам, по местности и промышленным площадкам, и их интенсивность может меняться за счет изменения скорости движения;
- транспортно-технологические. Такие вибрации получаются при работе машин в стационарном положении, и их интенсивность и воздействие на человека может ослабляться оператором в ограниченных пределах лишь на транспортном режиме;
- технологические. Такие вибрации получаются при движении узлов, механизмов и систем стационарных машин, и их интенсивность воздействия на человека жестко регулируется технологическими предписаниями и не может ослабляться по желанию оператора;
- внешние. Это такие вибрации, которые вызываются машиной, располагающейся вне помещения, в котором находятся рабочие места, и вибрация не связана с выполняемой работой, но она вызывает раздражающее действие при выполнении умственным и точных работ.

Вибрация – это фактор высокой биологической активности. Ответные реакции обуславливаются силой энергетического воздействия и биомеханическими свойствами человеческого тела как сложной колебательной системы. Мощность – главный параметр колебательного процесса в зоне контакта и время контакта. Они определяют развитие вибрационных патологий, их структура зависит от: частоты, амплитуды колебаний, продолжительности воздействия, места приложения и направления оси вибрационного воздейст-

вия, демпфирующих свойств тканей, явлений резонанса и других факторов. Между уровнем воздействующей вибрации и ответными реакциями организма нет линейной зависимости. Причина этого явления заложена в резонансном эффекте.

### ***Вибрационная болезнь***

Вибрационная болезнь относится к группе профзаболеваний и эффективное её лечение возможно лишь на ранних стадиях. Восстановление нарушенных функций протекает очень медленно, а в особо тяжелых случаях в организме наступают необратимые изменения, приводящие к инвалидности. В диапазоне частот от 1 до 63 Гц проводят гигиеническую оценку общей вибрации, а локальная вибрация – от 8 до 1000 Гц. Важной характеристикой является направление действия вибрации на человека – уровни вибрации оцениваются в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Вибрация имеет биологическое действие.

*Стадии вибрационной болезни:*

- начальная стадия. Такая стадия проходит без особо выраженных симптомов. Могут возникать боли и парестезии в руках, а так же появляется снижение чувствительности кончиков пальцев;
- умеренно выраженная стадия. В этом случае сильно проявляется боль и чувство онемения, снижение чувствительности охватывает все пальцы и даже предплечье, понижается кожная температура на пальцах, выражены гипергидроз и цианоз кистей рук;
- выраженная стадия. Более сильные боли в пальцах рук, кисти холодные и влажные, как правило;
- стадия генерализованных расстройств. Встречается нечасто и то среди рабочих с большим стажем. Наблюдаются сосудистые нарушения на руках и ногах, спазмы сердечных и мозговых сосудов.

Замечено, что эта болезнь проходит компенсаторно, в этот период больные могут работать. Среди профессиональных заболеваний вибрационная патология стоит на втором месте. Наблюдая отклонение состояния здоровья, при вибрационном воздействии, можно отметить, что частота заболеваний определяется величиной дозы, а особенности клинических проявлений формируются под влиянием спектра вибраций. Существуют три вида вибрационной патологии от воздействия общей, локальной и толчкообразной вибраций. Нервная система и анализаторы (вестибулярный, зрительный, тактильный) страдают в первую очередь, при действии на организм общей вибрации.

К факторам производственной среды, усугубляющим вредное воздействие вибраций на организм, относятся чрезмерные мышечные нагрузки, неблагоприятные микроклиматические условия, особенно пониженная температура, шум высокой интенсивности, психоэмоциональный стресс.

## *Основные методы борьбы с вибрациями оборудования*

Разработка мероприятий по снижению производственных вибраций должна производиться одновременно с комплексной механизацией и автоматизацией производства. Введение дистанционного управления цехами и участками позволит полностью решить проблему защиты от вибраций.

Способы защиты от вибрации:

- 1) Снижение вибраций при помощи воздействия на источник возбуждения (посредством ликвидации или же снижения вынуждающих сил). При конструировании машин и при проектировании технологических процессов предпочтение должно отдаваться таким кинематическим и технологическим схемам, при которых динамические процессы, вызванные ударами, резкими ускорениями и т.п., были бы исключены или предельно снижены.
- 2) Отстройка от режима резонанса при помощи рационального выбора жесткости или же массы колеблющейся системы. Для ослабления вибраций существенное значение имеет исключение резонансных режимов работы, т.е. отстройки собственных частот агрегата и его отдельных узлов и деталей от частоты вынуждающей силы. Резонансные режимы при работе технологического оборудования устраняют двумя путями: либо изменением характеристик системы (массы и жесткости), либо установлением нового режима работы.
- 3) Вибродемпфирование. Это процесс уменьшения уровня вибраций защищаемого объекта путем превращения энергии механических колебаний данной колеблющейся системы в энергию тепловую.
- 4) Динамическое гашение колебаний – это присоединение к защищаемому объекту такой системы, у которой реакции в точках присоединения системы уменьшают размах вибрации объекта. Одним из способов увеличения реактивного сопротивления колебательных систем является установка динамических виброгасителей. Он жестко крепится на вибрирующем агрегате, поэтому в нем в каждый момент времени возбуждаются колебания, находящиеся в противофазе с колебаниями агрегата.
- 5) Виброизоляция. Защита при помощи этого метода осуществляется за счет уменьшения передачи колебания (от источника возбуждения) защищаемому объекту содействуя с устройствами, помещенными между ними. Виброизоляция осуществляется введением в колебательную систему дополнительной упругой связи, препятствующей передаче вибраций от машины-источника колебаний к основанию или смежным элементам конструкции; эта упругая связь может использоваться для ослабления передачи вибраций от основания на человека либо на защищаемый агрегат.

## 1.2 Шум

Звук – это упругие колебания волны, распространяющиеся в твердой, жидкой или газообразной среде, если эти колебания лежат в диапазоне частот от 16 Гц до 20 кГц. Колебания с частотой ниже 16 Гц, называемые инфразвуком, и колебания с частотой выше 20 кГц, называемые ультразвуком, не слышимы для человека.

Шум – это нежелательный для человека звук, не несущий полезной информации или беспорядочное передвижение частиц в пространстве. Шум на производстве снижает производительность труда, особенно при выполнении точных работ, маскирует опасность от движущихся механизмов, затрудняет разборчивость речи, приводит к профессиональной тугоухости, а при больших уровнях может привести к механическому повреждению органов слуха. Шум в бытовых условиях, особенно в ночное время, мешает нормальному отдыху. Воздействие на человека инфразвука вызывает чувство тревоги, стремление покинуть помещение, в котором есть инфразвуковые колебания. Действие ультразвука вызывает головные боли, быструю утомляемость. Длительное воздействие шума, ультра- и инфразвука приводит к расстройству центральной нервной системы.

При распространении звуковой волны происходит перенос энергии звуковых колебаний. Звуковые волны начинают вызывать болевые ощущения при значениях уровня интенсивности звука (звукового давления) 140 дБ.

Шум в жилых помещениях нормируется ГОСТ 12.1.036-81 "ССБТ Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях" на уровне 40 дБ днем и 30 дБ в ночное время. Максимальный допустимый уровень шума в жилой зоне в дневное время – 55 дБ, а уровень шума в помещении для программистов – 50 дБ. Максимальный уровень непостоянного шума на рабочих местах не должен превышать 110 дБ, а максимальный уровень звука импульсного шума не должен превышать 125 дБ. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе. Зоны с уровнем звука более 85 дБ должны быть отмечены соответствующими знаками опасности, а работающие в этих зонах обеспечены средствами индивидуальной защиты.

### *Защита от шума*

Меры борьбы с шумом – конструктивные (увеличение жесткости конструкций, замена металла на пластмассы, замена зубчатых передач на фрикционные и т.п.), технологические (замена ударной штамповки выдавливанием, изменение скоростей резания и т.п.), санитарно-гигиенические (удаление рабочих мест из шумных зон, перепланировка помещений, дополнительный отдых рабочих шумных производств), применение экранов и глушителей для аэродинамических шумов, применение индивидуальных средств защиты (наушники, шлемы, вкладыши).



Так как инфразвук свободно проникает через строительные конструкции, то эффективная борьба с ним возможна только подавлением в источнике за счет изменения режимов работы оборудования, изменения жесткости конструкции, увеличения быстроходности агрегатов.

Ультразвуковые колебания быстро затухают в воздухе, поэтому для уменьшения вредного воздействия ультразвука необходимо исключить непосредственный контакт человека с источником, а для подавления звуковых волн применять защитные кожухи. Для снижения уровня шума в жилых помещениях необходимы соответствующие градостроительные решения (вывод из жилых зон, заглубление или подъем на эстакады транспортных потоков, ориентация жилых помещений домов в направлении минимального уровня шума, использование малоэтажной застройки или зеленых насаждений в качестве акустических экранов и т.п.), административные (запрет движения тяжелого транспорта в ночное время в жилых районах), конструктивные (снижение уровня шума разрабатываемых транспортных средств, применение вместо обычного остекления зданий в шумных районах стеклопакетов и т.п.), организационные (поддержание на качественном уровне дорожных покрытий, рельсового и коммунального хозяйства) и т.п.

### 1.3 Электрический ток

Наша современная жизнь полна разнообразием бытовых приборов и устройств, которые существенно облегчают нам быт, делают его все более комфортным, но одновременно появляется целый комплекс опасных, вредных факторов: электромагнитные поля различных частот, повышенный уровень радиации, шумы, вибрации, опасности механического травмирования, наличие токсичных веществ, а так же самое главное – электрический ток.

Электрическим током называется упорядоченное движение электрических частиц. Для вашей же безопасности необходимо знать действие электрического тока на организм человека, меры защиты от поражения током, оказание помощи пострадавшему от воздействия электротока человеку.

#### *Воздействие на организм человека электрического тока*

На человека электрический ток оказывает биологическое, термическое, электролитическое действия.

*Термическое:* нагревание тканей при протекании по ним электрического тока.

*Электролитическое:* разложение крови и других жидкостей организма.

*Биологическое:* возбуждение живых тканей организма, сопровождается судорогами, спазмом мышц, сердечной деятельностью, остановкой дыхания.

Когда на человека действует электрический ток, возникают телесные электротравмы: ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения, ослепление светом электрической дуги, или может про-

изойти электрический удар – это общее поражение организма, которое может сопровождаться судорогами, потерей сознания, остановкой дыхания и сердца, и даже клинической смертью.

*Электрические знаки* – это пятна серого и бледно-желтого цвета, ушибы, царапины на коже человека, которые подвергались действию тока. Сила знака соответствует силе токоведущей части, которой коснулся человек. В большинстве случаев лечение электрических знаков заканчивается благополучно, а пораженное место полностью восстанавливается.

*Механические повреждения* возникают под действием электрического тока, когда непроизвольно судорожно сокращаются мышцы. Механические повреждения (переломы костей, разрывы кровеносных сосудов, кожи) это повреждения, которые требуют долгого лечения.

*Удар электрическим током.* Время от времени бывают случаи, когда дети из любопытства засовывают пальцы в электрическую розетку или начинают ковырять в ней гвоздем, проволокой или другими металлическими предметами. Чаще всего это бывает с детьми до трех лет. Бывают случаи, когда дети получают удар электрическим током от упавших на землю и находящихся под напряжением проводов.

При воздействии электрического тока на организм может возникнуть непроизвольное судорожное сокращение мышц, мешающее ребенку оторваться от источника тока. В месте соприкосновения с током возникает электроожог. В тяжелом случае появляется расстройство дыхания и сердечной деятельности.

Первое, что нужно сделать, – освободить ребенка от действия электрического тока. Самое безопасное – быстро вывернуть пробки, если несчастный случай произошел в доме. Если по каким-либо причинам это сделать невозможно, то необходимо бросить себе под ноги резиновый коврик, доску или толстую ткань либо надеть на ноги резиновые сапоги или галоши; можно надеть на руки хозяйственные резиновые перчатки.

Пострадавшего оттащить от провода, схватившись одной рукой за одежду. Можно также попытаться отодвинуть самого пострадавшего от источника тока либо отстранить от него источник. Сделать это нужно одной рукой, чтобы даже при получении удара ток не прошел через все тело того, кто оказывает помощь.

Пострадавшего необходимо уложить, тепло укрыть, освободить от стесняющей одежды, при возможности дать теплое питье. На обожженный электротоком участок тела следует наложить стерильную повязку из бинта или чистой ткани, предварительно смочив ее в спирте или водке. Если ребенок потерял сознание, ему дают понюхать нашатырный спирт и брызгают в лицо холодной водой. Если ребенок лежит без сознания и у него отсутствует дыхание, но есть пульс, необходимо немедленно делать ему искусственное дыхание методом "рот в рот". Для этого голову ребенка запрокидывают назад и, зажимая ему ноздри, вдывают в рот воздух порциями, приложив свои губы к губам ребенка.

*Электрический ожог* разных степеней – результат коротких замыканий в электрических установках и нахождение тела (рук) в среде светового и теплового влияния электрической дуги; ожоги III и IV степени с тяжелым исходом – при соприкосновении человека с частями, по которым проходит ток напряжением свыше 1000 В.

*Металлизация кожи* это мельчайшие частицы металла проникают в верхние слои кожи, расплавившегося под действием электрической дуги или растворенного в электролитах электролизных ванн. В пораженном месте кожа становится жесткой, шероховатой и приобретает ту окраску какая у металла (например, зеленую – от соприкосновения с медью). Работа, связанная с вероятностью возникновения электрической дуги, следует делать в очках, а одежда работника должна быть застегнута на все пуговицы.

Электроофтальмия – ультрафиолетовый луч (источником которых, является вольтова дуга, она поражает глаз). В результате электроофтальмии наступает воспалительный процесс, и если приняты необходимые меры лечения, то боль проходит.

В зависимости от величины тока, его напряжения, частоты, продолжительности воздействия, пути тока и общего состояния человека зависит исход действия электрического тока на организм человека. установлено, что ток силой более 0,05 А может смертельно травмировать человека в течение 0,1 с.

Таблица 7

Воздействие тока на организм человека

Сила тока мА	Переменный ток	Постоянный ток
0,6 -1,5	Ощущение протекания тока Пальцы рук дрожат (легко)	Не ощущается
2 – 3	Пальцы рук дрожат (сильно)	Не ощущается
10-15	Судороги в руках	Зуд. Ощущение нагрева
20 – 25	Руки парализуются немедленно, оторвать их от электродов не возможно, очень сильные боли. Дыхание затруднено	Еще больше усиливается нагревание, незначительное сокращение мышц рук
50 – 80	Паралич дыхания. Начинаются трепетать желудочки сердца	Сильное ощущение нагревания. Сокращение мышц рук. Судороги. Затруднение дыхания.
100	Фибрилляция сердца	Паралич дыхания

Самое большое число поражений от электрического тока (около 85%) приходится на установки напряжением до 1000 В. Для человеческого организма опасны переменный и постоянный ток. Наиболее опасен переменный ток, имеющий частоту 20-100 Гц; а частота 400 Гц не так опасна. Практически безопасным для человека в сырых помещениях можно считать напряжение до 12 В, в сухих помещениях – до 36 В. Вероятность поражения человека электрическим током зависит от климатических условий в помещении (тем-

пературы, влажности), а также токопроводящей пыли, металлических конструкций, соединенных с землей, токопроводящего пола и т.д.

В соответствии с "Правилами устройства электроустановок потребителей" (ПУЭ) все помещения делят на три класса:

- без повышенной опасности – нежаркие (до  $+35^{\circ}\text{C}$ ), сухие (до 60%), непыльные, с нетокопроводящим полом, не загроможденные оборудованием;
- с повышенной опасностью – имеют, по крайней мере, один фактор повышенной опасности, т.е. жаркие или влажные (до 75%), пыльные, с токопроводящим полом и т.п.;
- особо опасные – имеют два или более факторов повышенной опасности или, по крайней мере, один фактор особой опасности, т.е. особую сырость (до 100%) или наличие химически активной среды.

Возможные значения токов и напряжений соприкосновения в зависимости от времени срабатывания защиты указаны в ГОСТ 12.1.038-88. По этому документу для нормального (неаварийного) режима работы промышленного оборудования допустимые напряжения прикосновения не должны быть больше 2 В при частоте тока 50 Гц, 3 В при 400 Гц и 8 В для постоянного тока, но суммарная продолжительность воздействия не должна превышать 10 мин в сутки. В нормальном режиме работы бытовой аппаратуры наличие напряжений прикосновения не допускается. В особо опасных (или с повышенной опасностью) помещениях подлежит заземлению все оборудование при напряжении питания свыше 42 В переменного и 10 В постоянного тока. В нормальных помещениях все оборудование при напряжении 380 В и выше переменного и 440 В и выше постоянного тока. Все оборудование независимо от напряжения питания заземляется только во взрывоопасных помещениях.

С увеличением продолжительности воздействия электрического тока на человека возрастает угроза поражения. Через 30 сек. сопротивление тела человека протеканию тока падает примерно на 25%, через 90 сек. на 70%. Сопротивление организма человека электрическому току колеблется в широком диапазоне. Сухая, грубая мозолистая кожа, отсутствие усталости и нормальное состояние нервной системы повышает сопротивление человеческого организма. Нервные волокна и мускулы обладают наименьшим сопротивлением. За минимальное расчетное сопротивление человеческого организма принимается величина от 500 до 1000 Ом.

В тот момент, когда человек замыкает своим телом два фазных провода действующей установки, он попадает под полное линейное напряжение сети. При учете того, что расчетное сопротивление тела человека принимается 1000 Ом, то при двухфазном прикосновении к действующим частям установки, напряжение в которой 100 В, может оказаться смертельным, по причине того, что ток, проходящий через тело человека, достигает величины 0,1 А.

Если через тело человека проходит ток 0,06 А и более, происходит поражение электрическим током. Сопротивление человека электрическим то-

ком величина переменная. Она зависит от многих факторов, в том числе от психологического состояния и физического состояния человека. В пределах 20-100 кОм находится среднее значение сопротивления. Оно может снизиться до 1 кОм при особо неблагоприятных условиях. В этом случае окажется опасным для жизни человека напряжение 100 В и ниже.

Величина тока, проходящая через человеческое тело, зависит от его сопротивления. А сопротивление зависит в основном от состояния кожи человека. Сопротивления тела человека зависит и от частоты тока. За расчетную величину электрического сопротивления тела принято сопротивление, равное 1,0 кОм. При частотах тока 6-15 кГц оно бывает наименьшим.

Постоянный ток является менее опасным, чем переменный. Постоянный ток до 6 мА почти не ощутим. При токе 20 мА появляются судороги в мускулах предплечья. Переменный ток начинает ощущаться уже при 0,8 мА. Ток 15 мА вызывает сокращение мышц рук. Особенно опасным является прохождение тока через сердце.

Опасность поражения постоянным и переменным током изменяется с увеличением напряжения. При напряжении до 220 В более опасным является переменный ток, а при напряжении выше 500 В опаснее постоянный ток. Чем больше протекает ток, тем меньше становится сопротивление человеческого тела. Может наступить смерть, если действие электрического тока не будет прервано. Если ток проходит от руки к ногам, то существенное значение имеет какая на человеке обувь, из какого она материала, какого она качества. На степень поражения значительное влияние оказывает также сопротивление в месте соприкосновения человека с землей. Электрический ток имеет тяжелые последствия, вплоть до остановки сердца и прекращения дыхания. Поэтому нужно уметь оказать первую помощь пострадавшему от поражения электрическим током.

### ***Защита от опасности поражения электрическим током***

Для защиты от поражения электрическим током при работе с электрооборудованием, включённым в сеть, необходимо использовать общие и индивидуальные электробезопасные средства. К общим относятся: ограждение; заземление; зануление и отключение корпусов техники, которые могут быть под напряжением; применение безопасного напряжения 12-36 В; плакаты, вывешиваемые у опасных мест; автоматические воздушные выключатели. Хорошее состояние изоляции электроустановок – одно из самых важных условий безопасности. Значение изоляции сети заключается в том, чтобы избежать возможности замыканий электропроводки возникновения очагов возгорания, а также уменьшить расходы электроэнергии из-за утечки тока. Надёжность изоляции должна быть не менее числа, указывающего напряжение сети, увеличивающего в тысячу раз, но не менее 0,5 Мом. Тестирование изоляции производится с помощью специального прибора – мегомметра не реже одного раза в три года испытателями энергосбыта местной электросети. Изо-

лированию подлежат все токопроводящие неизолированные части электрических устройств (провода, шины, контакты рубильников, предохранителей и т. п.). Ограждения должны быть выполнены таким образом, чтобы проникновение в них было возможно только при помощи ключа или инструмента. Защитное заземление, зануление или автоматическое отключение предназначены для снижения напряжения или полного отключения электроустановок, корпуса которой оказались под напряжением. Заземлению подлежат корпуса электрических машин и инструментов осветительной арматуры, каркасы распределительных щитов и др. Обычно применяют искусственные заземлители: специально забиваемые в землю металлические стержни, трубы диаметром 25-30 мм и длиной 2-3 м, металлические полосы размером 40\*4 мм, горизонтально вкладываемые в землю. Для заземления целесообразно использовать металлические конструкции зданий, металлические трубопроводы водопровода, соприкасающиеся с землёй. Широкое использование естественных заземлений сокращает расходы и сроки строительства заземлений. В электроустановках напряжением до 1000 В сопротивление заземляющего устройства должно быть не менее чем 4 Ом. В случае возникновения напряжения на электроустановки с заземлением электрический ток пройдёт по параллельной цепи, а не через человека. Ток, проходящий через тело человека, не опасен, так как сопротивление тела человека 1000 Ом, а сопротивление заземления 4 Ом. На практике защитное заземление считается обеспечивающим безопасность, если напряжение не составит больше 40 В. Для защиты от поражения электротоком в четырёх проводных сетях, питаемых трансформатором с глухо заземлённой нейтралью, применяют защитное зануление. Этот вид представляет собой соединение металлических частей установки, не находящихся под напряжением, с заземлённым в трансформаторном пункте нулевым проводом. В случае возникновения напряжения на корпусе установки происходит короткое замыкание в сети и сгорают предохранители, что приводит к отключению напряжения. Защитное отключение служит защитой от электротравматизма при однофазном замыкании на землю. Оно обычно применяется в случаях, когда электробезопасность не может быть обеспечена путём устройства заземления, в условиях узлистого грунта подвижного характера работ. Защитное отключение осуществляется с помощью аппарата, встроенного в распределительное или пусковое устройство. К общим средствам защиты также относят плакаты, которые в зависимости от назначения подразделяются на предостерегающие, запрещающие, напоминающие. Индивидуальные защитные средства подразделяются на основные и дополнительные.

Для предотвращения искровых зарядов следует устраивать усиленную вентиляцию и токопроводящие полы, увлажнять воздух, выдавать спецобувь и спецодежду. При падении на землю электрического провода, при пробое изоляции в электрической установке, а также в местах расположения заземления или грозозащитного устройства, поверхность земли может быть подвержена электрическому напряжению. Образуется зона растекания токов в

радиусе 20 м от заземления. Между двумя точками поверхности земли в этой зоне, отстоящими друг от друга в радиальном направлении на расстояние шага (0,8 м), образуется шаговое напряжение, под которым могут оказаться ноги человека. Разность потенциалов между двумя точками на поверхности земли на расстоянии шага (0,8 м) называются напряжением шага или шаговым напряжением. Разность потенциалов между двумя точками, которых одновременно касается человек, носит название напряжения прикосновения. Шаговое напряжение зависит от силы тока, распределения на поверхности земли, длины шага, положения человека относительно заземлителя и направления по отношению к месту замыкания. Шаговое напряжение безопасно, если оно не превышает 40 В. Чем ближе человек к месту соприкосновения провода с землёй тем под большим шаговым напряжением он окажется. По мере удаления от заземлителя шаговое напряжение уменьшается, а на расстоянии равном 20 метрам равно 0. Напряжение прикосновения, напротив, возрастает по мере удаления от места заземления, так как убывает потенциал поверхности земли, а потенциал корпуса оборудования остаётся постоянным.

Движение человека по окружности, все точки которой все точки которой расположены на одинаковом месте замыкания, безопасно, так как разность потенциалов на ногах человека будет равна нулю. На величину шагового напряжения влияет величина шага человека. Чем шире шаг, тем большее напряжение испытывает человек. В случае попадания под опасное шаговое напряжение необходимо выходить из зоны растекания тока замыкания шагами (в пределах 25-30 см) или прыжками на одной ноге.

### ***Освобождение пострадавшего от электрического тока***

В первую очередь необходимо освободить человека от электрического тока. Если пострадавший соприкасается с токоведущими частями, необходимо, прежде всего, быстро освободить его от действия электрического тока. При этом следует помнить, что прикасаться к человеку, находящемуся под действием электрического тока, без применения надлежащих мер безопасности опасно для жизни, оказывающего помощь. Поэтому первым действием должно быть быстрое отключение той части электроустановки, которой касается пострадавший. При этом необходимо учитывать следующее:

- отключение электрической установки и освобождение пострадавшего от электрического тока могут привести к падению пострадавшего; в этом случае должны быть приняты меры, обеспечивающие безопасность падения пострадавшего;
- в отдельных случаях необходимо помнить, что при отключении установки может также одновременно отключиться электрическое освещение, в связи с чем следует обеспечить освещение от другого источника, не задерживая, однако, отключение установки и оказание помощи пострадавшему.

Для отделения пострадавшего от токоведущих частей необходимо воспользоваться любым сухим, токонепроводящим предметом (края одежды, деревянный стул и т. д.). Использование для этих целей металлических или сырых предметов не допускается. Освобождая пострадавшего, не следует касаться его обуви без хорошей изоляции своих рук, так как обувь может быть сырой и являться проводником электрического тока. Для изоляции рук оказывающий помощь, если необходимо коснуться тела пострадавшего, должен надеть диэлектрические перчатки, а при их отсутствии, обмотать руки шарфом, сухой тканью, или опустить на руку, рукав пиджака, куртки. Можно также изолировать себя, встав на сухую, не проводящую электрический ток подстилку (сверток одежды, деревянная доска и т. д.). При освобождении пострадавшего от токоведущих частей действовать по возможности одной рукой.

### ***Первая помощь пострадавшему от электрического тока***

Основным условием успеха при оказании первой помощи пострадавшим от электрического тока и при других несчастных случаях является быстрота действий, находчивость и умение оказывающего помощь. Никогда не следует отказываться от оказания помощи пострадавшему и считать его мертвым из-за отсутствия дыхания, сердцебиения, пульса. Решение о целесообразности дальнейшего оказания помощи пострадавшему и вынесении решения о его смерти имеет право только врач.

Для определения состояния пострадавшего необходимо:

- немедленно уложить пострадавшего на спину;
- расстегнуть одежду, если она стесняет дыхание;
- проверить, дышит он или нет;
- проверить наличие пульса;
- проверить состояние зрачка.

Широкий неподвижный зрачок указывает на отсутствие кровообращения мозга. Необходимо как можно быстрее определить состояние пострадавшего.

Независимо от состояния пострадавшего, необходимо вызвать врача и до его приезда обеспечить полный покой и дальнейшее наблюдение за пострадавшим. Если же вызвать врача не удастся, то необходимо немедленно отвезти пострадавшего в больницу или оказать ему первую помощь.

Если пострадавший находится в сознании, но до этого был в обмороке или продолжительное время находился под электрическим шоком, ни в коем случае не позволяйте ему двигаться: отсутствие тяжелых симптомов после поражения не означает, что в последующем состояние пострадавшего не ухудшится.

## **1.4 Статическое электричество**



Статическое электричество (согласно ГОСТ 12.1.018) — это совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности (или в объеме) диэлектриков или на изолированных проводниках.

Возникновение зарядов статического электричества. Заряды статического электричества образуются при самых разнообразных производственных условиях, но чаще всего при трении одного диэлектрика о другой или диэлектриков о металлы. На трущихся поверхностях могут накапливаться электрические заряды, легко стекающие в землю, если физическое тело является проводником электричества и заземлено. На диэлектриках электрические заряды удерживаются продолжительное время, вследствие чего они и получили название статического электричества.

Статическое электричество возникает в результате сложных процессов, связанных с перераспределением электронов и ионов при соприкосновении двух поверхностей неоднородных жидких или твердых веществ, имеющих различные атомные и молекулярные силы поверхностного притяжения.

Мерой электризации является заряд, которым обладает данное вещество. Интенсивность образования зарядов возрастает с увеличением скорости перемещения материалов, их удельного сопротивления, площади контакта и усилия взаимодействия. Степень электризации заряженного тела характеризует его потенциал относительно земли.

В производстве накопление зарядов статического электричества часто наблюдается при: трении приводных ремней о шкивы или транспортерных лент о валы, особенно с пробуксовкой; перекачке огнеопасных жидкостей по трубопроводам и наливке нефтепродуктов в емкости; движении пыли по воздуховодам; дроблении, перемешивании и просеивании сухих материалов и веществ; сжатии двух разнородных материалов, один из которых диэлектрик; механической обработке пластмасс; транспортировании сжатых и сжиженных газов по трубам и истечении их через отверстия, особенно если в газах содержится тонко распыленная жидкость, суспензия или пыль; движении автотранспортера, тележек на резиновых шинах и людей по сухому изолирующему покрытию и т. д.

Сила тока электризации потока нефтепродуктов в трубопроводах зависит от диэлектрических свойств и кинематической вязкости жидкости, скорости потока, диаметра трубопровода и его длины, материала трубопровода, шероховатости и состояния его внутренних стенок, температуры жидкости. При турбулентном потоке в длинных трубопроводах сила тока пропорциональна скорости движения жидкости и диаметру трубопровода. Степень электризации движущихся диэлектрических лент (например, транспортерных) зависит от физико-химических свойств соприкасающихся материалов, плотности их контакта, скорости движения, относительной влажности и т. д.

Опасность разрядов статического электричества. Искровые разряды статического электричества представляют собой большую пожаро- и взрывоопасность. Их энергия может достигать 1,4 Дж, что вполне достаточно для воспламенения паро-, пыле- и газоздушных смесей большинства горючих веществ. Например, минимальная энергия воспламенения паров ацетона составляет  $0,25 \cdot 10^{-3}$  Дж, метана  $0,28 \cdot 10^{-3}$ , оксида углерода  $8 \cdot 10^{-3}$ , древесной муки 0,02, угля 0,04 Дж. Поэтому в соответствии с ГОСТ 12.1.018 электростатическая безопасность объекта считается достигнутой только в том случае, если максимальная энергия разрядов, которые могут возникнуть внутри объекта или с его поверхности, не превышает 40 % минимальной энергии зажигания веществ и материалов.

Электростатический заряд, возникающий при выполнении некоторых производственных процессов, может достигать нескольких тысяч вольт. Например, при трении частиц песка и пыли о днище кузова при движении автомобиля генерируется потенциал до 3 кВ; при перекачке бензина по трубопроводу — до 3,6 кВ; при наливании электризующихся жидкостей (этилового спирта, бензина, бензола, этилового эфира и др.) в незаземленные резервуары в случае свободного падения струи жидкости в наполняемый сосуд и большой скорости истечения — до 18...20 кВ; при трении ленты транспортера о вал — до 45 кВ; при трении трансмиссионных ремней о шкивы — до 80 кВ.

При этом следует иметь в виду, что для взрыва паров бензина достаточно потенциала 300 В; при разности потенциалов 3 кВ воспламеняются горючие газы, а 5 кВ — большинство горючих пылей.

Статическое электричество может накапливаться и на теле человека при ношении одежды из шерсти или искусственного волокна, движении по токонепроводящему покрытию пола или в диэлектрической обуви, соприкосновении с диэлектриками, достигая в отдельных случаях потенциала 7 кВ и более. Количество накопившегося на людях электричества может быть вполне достаточным для искрового разряда при контакте с заземленным предметом.

Физиологическое действие статического электричества зависит от освободившейся при разряде энергии и может ощущаться в виде слабых, умеренных или сильных уколов, а в некоторых ситуациях — в виде легких, средних и даже острых судорог. Так как сила тока разряда статического электричества ничтожно мала, то в большинстве случаев такое воздействие неопасно. Однако возникающие при этом явления рефлекторные движения человека могут привести к тяжелым травмам вследствие падения с высоты, захвата спецодежды или отдельных частей тела неогражденными подвижными частями машин и механизмов и т. п.

Статическое электричество может также нарушать нормальное течение технологических процессов, создавать помехи в работе электронных приборов автоматики и телемеханики, средств радиосвязи.

Мероприятия по защите от статического электричества проводят во взрыво- и пожароопасных помещениях и зонах открытых установок

. В помещениях и зонах, которые не относятся к указанным классам, защиту осуществляют на тех участках производства, где статическое электричество отрицательно влияет на нормальное протекание технологического процесса и качество продукции.

Меры защиты от статического электричества направлены на предупреждение возникновения и накопления зарядов статического электричества, создание условий рассеивания зарядов и устранение опасности их вредного воздействия.

Предотвращение накопления зарядов статического электричества достигается заземлением оборудования и коммуникаций, на которых они могут появиться, причем каждую систему взаимосвязанных машин, оборудования и конструкций, выполненных из металла (пневмосушилки, смесители, газовые и воздушные компрессоры, мельницы, закрытые транспортеры, устройства для налива и слива жидкостей с низкой электропроводностью и т. п.), заземляют не менее чем в двух местах. Трубопроводы, расположенные параллельно на расстоянии до 10 см, соединяют между собой металлическими перемычками через каждые 25 м. Все передвижные емкости, временно находящиеся под наливом или сливом сжиженных горючих газов и пожароопасных жидкостей, на время заполнения присоединяют к заземлителю. Автозаправщики и автомобильные цистерны заземляют металлической цепью, соблюдая длину касания земли не менее 200 мм.

Снижение интенсивности возникновения зарядов статического электричества достигается соответствующим подбором скорости движения веществ, исключением разбрызгивания, дробления и распыления веществ, отводом электростатического заряда, подбором поверхностей трения, очисткой горючих газов и жидкостей от примесей.

Лучший способ снижения интенсивности накопления зарядов статического электричества в ременных передачах — увеличение электропроводимости ремней, например, с помощью прошивки внутренней поверхности ремня тонкой медной проволокой в продольном направлении или смазыванием его внутренней поверхности токопроводящими составами (содержащими, например, сажу и графит в соотношении 1:2,5 по массе и др.). Следует также уделять внимание регулировке натяжения ремней и по возможности снижению скорости их движения до 5 м/с.

Если предотвратить накопление зарядов статического электричества заземлением не удастся, то следует принять меры по уменьшению объемных и поверхностных диэлектрических сопротивлений обрабатываемых материалов. Это достигается повышением относительной влажности воздуха до 65...70 %, химической обработкой поверхности, применением антистатических веществ, нанесением электропроводных пленок, уменьшением скорости

перемещения заряжающихся материалов, увеличением чистоты обработки трущихся поверхностей и т. д.

При невозможности использования средств защиты от статического электричества рекомендуется нейтрализовать заряды ионизацией воздуха в местах их возникновения или накопления. Для этого используют специальные приборы — ионизаторы, создающие вокруг наэлектризованного объекта положительные и отрицательные ионы. Ионы, имеющие заряд, противоположный заряду диэлектрика, притягиваются к объекту и нейтрализуют его. Для отвода статического электричества с тела человека предусматривают токопроводящие полы или заземленные зоны, рабочие площадки, поручни лестниц, рукоятки приборов и т.д.; обеспечивают работающих токопроводящей обувью с сопротивлением подошвы не более 108 Ом, а также антистатической спецодеждой.

### 1.5 Электромагнитные поля

По определению, электромагнитное поле – это особая форма материи, посредством которой осуществляется воздействие между электрическими заряженными частицами. Физические причины существования электромагнитного поля связаны с тем, что изменяющееся во времени электрическое поле порождает магнитное поле, которое в свою очередь влияет на вихревое электрическое поле: обе компоненты непрерывно изменяясь, возбуждают друг друга. Электромагнитное поле неподвижных или равномерно движущихся заряженных частиц неразрывно связано с этими частицами. При ускоренном движении заряженных частиц, электромагнитное поле «отрывается» от них и существует независимо в форме электромагнитных волн, не исчезая с устранением источника.

Электромагнитное поле, как особая форма существования материи, характеризуется целым рядом параметров: частотой, напряженностью электрического и магнитного поля, фазой, поляризацией и т.д.

Биологический эффект на протяжении жизни людей накапливается, и в итоге могут произойти отдалённые последствия, не исключая дегенеративный процесс центральной нервной системы, а также рак крови, опухоль мозга, гормональные заболевания и другие негативные для организма последствия. Считается, что особо опасны электромагнитные излучения для детей, беременных женщин, людей с заболеваниями нервной, гормональной, сердечнососудистой системы, людей с аллергией и ослабленным иммунитетом.

С помощью большого количества исследований в России и монографических обобщений можно смело отнести нервную систему к одной из самых наиболее чувствительных систем в организме человека к воздействию электромагнитного излучения. На уровне нервной клетки, структурных образований по передачи нервных импульсов, на уровне изолированных нервных структур возникают серьёзные отклонения при слабом воздействии электромагнитного излучения.

У людей, имевших контакты с электромагнитным излучением изменяется высшая нервная деятельность и память, а также возможна склонность к развитию стрессовой реакции. Есть отдельные структуры головного мозга, которые имеют повышенную чувствительность к электромагнитным излучениям. Изменение проницаемости гематоэнцефалического барьера может привести к неожиданным негативным эффектам. Особую высокую чувствительность к электромагнитным излучениям проявляет нервная система эмбриона.

### ***Мероприятия по защите от электромагнитного излучения***

К мероприятиям по защите от воздействия электромагнитного излучения следует отнести защиту временем (уменьшение времени пребывания вблизи источников электромагнитного излучения), защиту расстоянием и выявлением тех рабочих зон, в которых уровень электромагнитного излучения меньше ПДУ. Также к защитным мероприятиям следует отнести экранирование от электромагнитного излучения непосредственно в местах пребывания человека.

Принято нормировать электромагнитные поля отдельно для рабочего персонала (лиц, связанных с производством и работой в электромагнитных полях) и населения. При этом необходимо учитывать, что производственный персонал попадает в поле действия электромагнитных полей только на производстве, а население постоянно находится под их воздействием. В связи с этим предельно допустимые уровни для рабочего персонала в 2-3 раза выше, чем для населения.

Методы и средства защиты от электромагнитных полей зависят от основных характеристик источников электромагнитных полей: диапазон частот, энергия, мощность излучения, режим работы, диаграмма направленности, особенности распространения в атмосфере и т.д.

Мероприятия по защите биологических объектов от электромагнитных полей подразделяются на организационные, инженерно-технические, медико-профилактические и лечебные.

Основные организационные мероприятия:

- нормирование параметров электромагнитного воздействия;
- контроль за облучаемыми;
- рациональное размещение источников и приемников излучения (территориальный разнос);
- ограничение времени пребывания в электромагнитном поле.

Основными инженерно-техническими мероприятиями являются

- уменьшение мощности излучения;
- увлажнение воздуха до относительной влажности 65-75%;
- нанесение на поверхность антистатических веществ;
- нейтрализация зарядов с применением индукционных, высоковольтных, высокочастотных нейтрализаторов;

- очистка жидкости от нерастворимых твердых и жидких примесей;
- уменьшение скорости обработки;
- применение электростатических халатов и обуви, антистатических браслетов.

Безопасность всех бытовых приборов и персональных компьютеров должна быть подтверждена гигиеническим сертификатом.

Для защиты населения от воздействия электромагнитных полей создается санитарно-защитная зона и зона ограниченной застройки. В этих зонах запрещено строительство лечебно-профилактических и санаторно-курортных учреждений, детских садов, ясель, школ, интернатов, а также зданий, предназначенных для круглосуточного пребывания людей.

Источники электромагнитного излучения должны размещаться с учетом недопустимости воздействия на соседние рабочие места и прилегающие территории.

Проводить защиту людей от внутренних источников целесообразно непосредственно на месте за счет экранизации, радиогерметизации стыков и сочленений и т.д. Стены можно обклеивать металлизированными обоями, окна засечивать специальными металлизированными шторами.

Наиболее эффективные способы защиты – экранирование. Оно может осуществляться с помощью радиопоглощающих экранов (стационарных и переносных). Экраны выполняются из металлических листов, сетки, ткани с микроприводом. В материал могут быть вставлены специальные вещества, обеспечивающие поглощение волны определенной длины. Экраны могут быть в виде замкнутых камер, щитов, чехла, шторы и т.п.

## 1.6 Инфракрасное (ИК) излучение

ИК-излучение или инфракрасные лучи – это электромагнитное излучение, занимающее спектральную область между красным концом видимого света (с длиной волны 0,74 мкм) и коротковолновым радиоизлучением (1-2 мм). Инфракрасную область спектра условно разделяют на ближнюю (от 0,74 до 2,5 мкм), среднюю (2,5 - 50 мкм) и далёкую (50-2000 мкм). Открытие инфракрасного излучения произошло в 1800 г. Английский учёный В. Гершель обнаружил, что в полученном с помощью призмы в спектре Солнца за границей красного света (т. е. в невидимой части спектра) температура термометра повышается. Термометр, помещённый за красной частью солнечного спектра, показал повышенную температуру по сравнению с контрольными термометрами, расположенными сбоку. Спектр инфракрасного излучения, так же как и спектр видимого и ультрафиолетового излучений, может состоять из отдельных линий, полос или быть непрерывным в зависимости от природы источника инфракрасного излучения. Возбуждённые атомы или ионы испускают линейчатые инфракрасные спектры. Например, при электрическом разряде пары ртути испускают ряд узких линий в интервале 1,014 - 2,326 мкм, атомы водорода – ряд линий в интервале 0,95 - 7,40

мкм. Возбуждённые молекулы испускают полосатые инфракрасные спектры, обусловленные их колебаниями и вращениями. Колебательные и колебательно-вращательные спектры расположены главным образом в средней области, а чисто вращательные - в далёкой инфракрасной области. Так, например, в спектре излучения газового пламени наблюдается полоса около 2,7 мкм, испускаемая молекулами воды, и полосы с длиной волн 2,7 мкм и 4,2 мкм, испускаемые молекулами углекислого газа.

Нагретые твёрдые и жидкие тела испускают непрерывный инфракрасный спектр. Нагретое твёрдое тело излучает в очень широком интервале длин волн. При температурах (ниже  $800^0$  К) излучение нагретого твёрдого тела почти целиком расположено в инфракрасной области, и такое тело кажется тёмным. При повышении температуры доля излучения в видимой области увеличивается, и тело вначале кажется тёмно-красным, затем красным, жёлтым и, наконец, при высоких температурах (выше  $5000^0$  К) – белым; при этом возрастает как полная энергия излучения, так и энергия инфракрасного излучения.

### *Способы защиты от ИК излучений*

Для защиты от ИК излучений используют изоляцию горячих поверхностей; охлаждают их или применяют способ «защита расстоянием». Также автоматизация производственных процессов, дистанционное управление, применение воздушного охлаждения, экранирование источника излучения, использование индивидуальной защиты приводят к защите от ИК излучений.

### **1.7 Лазерное излучение**

Лазеры в настоящее время широко используются в народном хозяйстве и, в частности, в машиностроении.

Излучение существующих лазеров охватывает практически весь оптический диапазон и простирается от ультрафиолетовой до дальней инфракрасной области спектра электромагнитных волн.

По характеру режима работы лазеры подразделяются на лазеры непрерывного действия, импульсные и импульсные с модуляцией добротности. Модуляция добротности дает возможность генерировать импульсы очень большой мощности и длительностью всего в несколько наносекунд или пикосекунд. Существуют лазеры, излучающие последовательные импульсы с частотой до десятков и даже сотен герц.

В качестве источников энергии в твердотельных лазерах служат газоразрядные импульсные лампы или лампы непрерывного горения, а в газовых, как правило, генераторы СВЧ. Электрическая энергия к лампам накачки подводится от высоковольтных батарей конденсаторов. Высокая монохроматичность (одноцветность), когерентность и узкая направленность лазерного излучения позволяет получить плотность потока мощности на поверхности,

облучаемой лазером, достигающую  $10^{11} - 10^{14}$  Вт/см<sup>2</sup> в то время как для испарения самых твердых материалов достаточно плотности  $10^9$  Вт/см<sup>2</sup>. Поток энергии, попадая на биологические ткани, вызывает в них изменения, наносящие вред здоровью человека.

Особенно опасно это излучение для органов зрения. Луч лазера, работающего в видимом или ближнем инфракрасном диапазоне длин волн, преломляясь в элементах оптической системы глаза — роговице, хрусталике и стекловидном теле, почти без потерь доходит до сетчатки. Сфокусированный на сетчатке хрусталиком лазерный луч будет иметь вид малого пятна с еще более плотной концентрацией энергии, чем падающее на глаз излучение. Поэтому попадание такого лазерного излучения в глаз опасно и может вызвать повреждение сетчатки и сосудистой оболочки с нарушением зрения.

На характер и степень производимого вредного действия оказывают влияние многие факторы: направленность лазерного луча, длительность импульса излучения, пространственное распределение энергии в луче, различия в структуре различных участков сетчатки и ее пигментации, а также особенности фокусировки каждого отдельного глаза. Особенно опасно, если лазерный луч пройдет вдоль зрительной оси глаза.

Лазерное излучение может также вызывать повреждение кожи и внутренних органов. Повреждение кожи лазерным излучением схоже с термическим ожогом. На степень повреждения влияют как выходные характеристики лазера, так и цвет и степень пигментации кожи.

В ряде случаев имеет место воздействие как прямого, так и зеркально отраженного лазерного излучения на отдельные органы человека, а также диффузно отраженного излучения на организм человека в целом. Результатом такого воздействия в ряде случаев оказываются различные функциональные изменения центральной нервной системы, эндокринных желез, увеличение физического утомления и др.

В утвержденных Министерством здравоохранения РФ Временных санитарных нормах при работе с оптическими квантовыми генераторами установлены максимально допустимые уровни интенсивности облучения роговой оболочки глаза, обеспечивающие безопасность наиболее чувствительной к поражению части глаза — сетчатой оболочки. В частности, для рубиновых лазеров, работающих в импульсном режиме свободной генерации, предельно допустимая плотность потока энергии составляет  $2 \cdot 10^{-8}$  Дж/см<sup>2</sup>, для неодимовых —  $2 \cdot 10^{-7}$  Дж/см<sup>2</sup>; для работающего в непрерывном режиме гелий-неонового лазера предельная плотность потока энергии составляет  $1 \cdot 10^{-6}$  Вт/см<sup>2</sup>.

Для других типов оптических квантовых генераторов и режимов их работы необходимо полностью исключить воздействие излучения на персонал при помощи защитных средств.

Для количественной оценки прямого и отраженного излучения и определения зон безопасности вокруг лазерных установок можно использовать обычные формулы лучевой оптики. Необходимо при этом иметь в виду, что



защита расстоянием мало эффективна ввиду слабого расхождения лазерного луча.

Определить зоны безопасности можно также с помощью замеров плотности энергии в определенных точках.

Методы защиты от лазерного излучения подразделяются на организационные, инженерно-технические, планировочные и средства индивидуальной защиты.

Организационные методы защиты направлены на правильную организацию работ, исключающую попадание людей в опасные зоны при работе на лазерных установках.

К работе с лазерами допускаются только специально обученные лица, прошедшие предварительный медицинский отбор, проверку знания инструкции по проведению работ, предотвращению и ликвидации аварий. Доступ в помещение лазерных установок разрешен только лицам, непосредственно на них работающим. Подсобный персонал должен быть размещен вне этих помещений. Опасная зона должна быть четко обозначена и ограждена стойкими непрозрачными экранами. Обязателен постоянный контроль работ и наблюдение за медицинским состоянием персонала.

Инженерно-технические методы защиты предусматривают создание безопасных лазерных установок путем уменьшения мощности применяемого лазера и надежной экранировкой лазерной установки. Правильная планировка лаборатории позволяет использовать расстояние и направленность излучения.

Для лазерных установок отводятся специально оборудованные помещения. Установку размещают так, чтобы луч лазера был направлен на капитальную неотражающую огнестойкую стену. Все поверхности в помещении окрашиваются в цвета с малым коэффициентом отражения. Не должно быть поверхностей (в том числе и деталей оборудования), обладающих блескостью, способных отражать падающие на них лучи. Освещение (общее и местное) в этих помещениях должно быть обильным, чтобы зрачок глаза всегда имел минимальные размеры. Никакие работы не должны производиться при недостаточном освещении.

Важно автоматизировать и сделать дистанционным управление и наблюдение за работой установок. Полезно применить автоматическую сигнализацию и блокировку. Генератор и лампу накачки помещают в светонепроницаемую камеру. Лампа накачки снабжается блокировкой, запрещающей вспышку при открытом экране.

В качестве средств индивидуальной защиты применяют защитные очки со светофильтрами типов: СЗС-22 (ГОСТ 9411—66) — для защиты от излучений с длинами волн 0,69—1,06 мкм, ОС-14 — с длинами волн 0,49—0,53 мкм. Иногда защитные очки монтируют в маску, защищающую лицо. Для защиты кожи рук и тела применяют перчатки и халат.

Для контроля и определения плотности энергии и мощности существуют приборы, использующие калориметрический и фотометрический методы.

Калориметрический метод основан на поглощении энергии излучения и превращении ее в тепловую, а фотометрический — на преобразовании энергии излучения и преобразовании энергии потока излучения в электрическую энергию.

При эксплуатации лазеров возникает не только опасность поражения излучением, но и ряд других опасностей — высокое напряжение зарядных устройств, загрязнение воздушной среды химическими веществами, ультрафиолетовое излучение импульсных ламп, интенсивный шум, электромагнитные поля, взрывы, пожары. Все эти факторы необходимо также учитывать при эксплуатации и проектировании лазерных установок.

## **1.8 Инфракрасное излучение**

Инфракрасное излучение генерируется любым нагретым телом, температура которого определяет интенсивность и спектр излучаемой электромагнитной энергии. Нагретые тела, имеющие температуру выше 100оС, являются источником коротковолнового инфракрасного излучения.

Одной из количественных характеристик излучения является интенсивность теплового облучения, которую можно определить как энергию, излучаемую с единицы площади в единицу времени (ккал/(м<sup>2</sup>· ч) или Вт/м<sup>2</sup>).

Измерение интенсивности тепловых излучений иначе называют актинометрией (от греческих слов *actinos* - луч и *metrio* - измеряю), а прибор, с помощью которого производят определение интенсивности излучения, называется актинометром.

В зависимости от длины волны изменяется проникающая способность инфракрасного излучения. Наибольшую проникающую способность имеет коротковолновое инфракрасное излучение (0,76-1,4 мкм), которое проникает в ткани человека на глубину в несколько сантиметров. Инфракрасные лучи длинноволнового диапазона (9-420 мкм) задерживаются в поверхностных слоях кожи.

### ***Биологическое действие инфракрасного излучения***

Воздействие инфракрасного излучения может быть общим и локальным. При длинноволновом излучении повышается температура поверхности тела, а при коротковолновом - изменяется температура лёгких, головного мозга, почек и некоторых других органов человека.

Значительное изменение общей температуры тела (1,5-2оС) происходит при облучении инфракрасными лучами большой интенсивности. Воздействуя на мозговую ткань, коротковолновое излучение вызывает "солнечный удар". Человек при этом ощущает головную боль, головокружение, учащение

пульса и дыхания, потемнение в глазах, нарушение координации движений, возможна потеря сознания. При интенсивном облучении головы происходит отёк оболочек и тканей мозга, проявляются симптомы менингита.

При воздействии на глаза наибольшую опасность представляет коротковолновое излучение. Возможное последствие воздействия инфракрасного излучения на глаза - появление инфракрасной катаракты.

Тепловая радиация повышает температуру окружающей среды, ухудшает её микроклимат, что может привести к перегреву организма.

### ***Источники инфракрасного излучения***

В производственных условиях выделение тепла возможно от:

- плавильных, нагревательных печей и других термических устройств;
- остывания нагретых или расплавленных металлов;
- перехода в тепло механической энергии, затрачиваемой на привод основного технологического оборудования;
- перехода электрической энергии в тепловую и т.п.

Около 60% тепловой энергии распространяется в окружающей среде путём инфракрасного излучения. Лучистая энергия, проходя почти без потерь пространство, снова превращается в тепловую. Тепловое излучение не оказывает непосредственного воздействия на окружающий воздух, свободно пронизывая его.

Производственные источники лучистой теплоты по характеру излучения можно разделить на четыре группы:

- с температурой излучающей поверхности до 500<sup>o</sup>C (наружная поверхность печей и др.); их спектр содержит инфракрасные лучи с длиной волны 1,9-3,7 мкм;
- с температурой поверхности от 500 до 1300<sup>o</sup>C (открытое пламя, расплавленный чугун и др.); их спектр содержит преимущественно инфракрасные лучи с длиной волны 1,9-3,7 мкм;
- с температурой от 1300 до 1800<sup>o</sup>C (расплавленная сталь и др.); их спектр содержит как инфракрасные лучи вплоть до коротких с длиной волны 1,2-1,9 мкм, так и видимые большой яркости;
- с температурой выше 1800<sup>o</sup>C (пламя электродуговых печей, сварочных аппаратов и др.); их спектр излучения содержит, наряду с инфракрасными и видимыми, ультрафиолетовые лучи.

### ***Защита от инфракрасного излучения***

Основные мероприятия, направленные на снижение опасности воздействия инфракрасного излучения, состоят в следующем:

Снижение интенсивности излучения источника (замена устаревших технологий современными и др.).

Защитное экранирование источника или рабочего места (создание экранов из металлических сеток и цепей, облицовка асбестом открытых проёмов печей и др.).

Использование средств индивидуальной защиты (использование для защиты глаз и лица щитков и очков со светофильтрами, защита поверхности тела спецодеждой из льняной и полульняной пропитанной парусины).

Лечебно-профилактические мероприятия (организация рационального режима труда и отдыха, организация периодических медосмотров и др.).

## **1.9 Ультрафиолетовое излучение**

Естественным источником ультрафиолетового излучения (УФИ) является Солнце. Невидимые ультрафиолетовые (УФ) лучи появляются в источниках излучения с температурой выше 1500оС и достигают значительной интенсивности при температуре более 2000оС. Искусственными источниками УФИ являются газоразрядные источники света, электрические дуги (дуговые электроды, сварочные работы), лазеры и др.

### ***Биологическое действие ультрафиолетового излучения***

Различают три участка спектра ультрафиолетового излучения, имеющего различное биологическое воздействие. Слабое биологическое воздействие имеет ультрафиолетовое излучение с длиной волны 0,39-0,315 мкм. Противорахитичным действием обладают УФ-лучи в диапазоне 0,315-0,28 мкм, а ультрафиолетовое излучение с длиной волны 0,28-0,2 мкм обладает способностью убивать микроорганизмы.

Для организма человека вредное влияние оказывает как недостаток ультрафиолетового излучения, так и его избыток. Воздействие на кожу больших доз УФ-излучения приводит к кожным заболеваниям (дерматитам). Повышенные дозы УФ-излучения воздействуют и на центральную нервную систему, отклонения от нормы проявляются в виде тошноты, головной боли, повышенной утомляемости, повышения температуры тела и др.

Ультрафиолетовое излучение с длиной волны менее 0,32 мкм отрицательно влияет на сетчатку глаз, вызывая болезненные воспалительные процессы. Уже на ранней стадии этого заболевания человек ощущает боль и чувство песка в глазах. Заболевание сопровождается слезотечением, возможно поражение роговицы глаза и развитие светобоязни ("снежная" болезнь). При прекращении воздействия ультрафиолетового излучения на глаза симптомы светобоязни обычно проходят через 2-3 дня.

Недостаток УФ-лучей опасен для человека, так как эти лучи являются стимулятором основных биологических процессов организма. Наиболее выраженное проявление "ультрафиолетовой недостаточности" - авитаминоз, при котором нарушается фосфорно-кальциевый обмен и процесс костеобразования, а также происходит снижение работоспособности и защитных

свойств организма от заболеваний. Подобные проявления характерны для осенне-зимнего периода при значительном отсутствии естественной ультрафиолетовой радиации ("световое голодание").

В осенне-зимний период рекомендуется умеренное, под наблюдением медицинского персонала, искусственное ультрафиолетовое облучение эритемными люминесцентными лампами в специально оборудованных помещениях - фотариях. Искусственное облучение ртутно кварцевыми лампами нежелательно, так как их более интенсивное излучение трудно нормировать.

При оборудовании помещений источниками искусственного УФ-излучения необходимо руководствоваться "Указаниями по профилактике светового голодания у людей", утверждёнными Министерством здравоохранения СССР (N547-65). Документом, регламентирующим допустимую интенсивность ультрафиолетового излучения на промышленных предприятиях, являются "Указания по проектированию и эксплуатации установок искусственного ультрафиолетового облучения на промышленных предприятиях".

Воздействие ультрафиолетового излучения на человека количественно оценивается эритемным действием, т.е. покраснением кожи, в дальнейшем приводящим к пигментации кожи (загару).

Оценка ультрафиолетового облучения производится по величине эритемной дозы. За единицу эритемной дозы принят 1 эр, равный 1Вт мощности УФ-излучения с длиной волны 0,297 мкм. Эритемная освещённость (облучённость) выражается в эр/м<sup>2</sup>. Для профилактики ультрафиолетового дефицита достаточно десятой части эритемной дозы, т.е. 60-90 мкэр·мин/см<sup>2</sup>.

Бактерицидное действие ультрафиолетового излучения, т.е. способность убивать микроорганизмы, зависит от длины волны. Так, например, УФ-лучи с длиной волны 0,344 мкм обладают бактерицидным эффектом в 1000 раз большим, чем ультрафиолетовые лучи с длиной волны 0,39 мкм. Максимальный бактерицидный эффект имеют лучи с длиной волны 0,254-0,257 мкм.

Оценка бактерицидного действия производится в единицах, называемых бактами (б). Для обеспечения бактерицидного эффекта ультрафиолетового облучения достаточно примерно 50 мкб · мин/см<sup>2</sup>.

### ***Защита от ультрафиолетового излучения***

Для защиты от избытка УФ-излучения применяют противосолнечные экраны, которые могут быть химическими (химические вещества и покровные кремы, содержащие ингредиенты, поглощающие УФ-излучение) и физическими (различные преграды, отражающие, поглощающие или рассеивающие лучи). Хорошим средством защиты является специальная одежда, изготовленная из тканей, наименее пропускающих УФ-излучение (например, из поплина). Для защиты глаз в производственных условиях используют светофильтры (очки, шлемы) из тёмно-зелёного стекла. Полную защиту от УФ-излучения всех длин волн обеспечивает флинтглаз (стекло, содержащее окись свинца) толщиной 2 мм.

При устройстве помещений необходимо учитывать, что отражающая способность различных отделочных материалов для УФ-излучения другая, чем для видимого света. Хорошо отражают УФ-излучения полированный алюминий и медовая побелка, в то время как оксиды цинка и титана, краски на масляной основе - плохо.

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Физическая характеристика механических колебаний
2. Вибрация. Определение. Классификация вибрации Основные характеристики вибрации
3. Воздействие вибрации на организм человека
4. Вибрационная болезнь. Ее характеристика, клинические стадии
5. Основные методы борьбы с вибрациями оборудования
6. Шум. Определение. Допустимые уровни шума на производстве и дома
7. Защита от шума
8. Электрический ток. Виды электрического тока.
9. Воздействие на организм человека электрического тока
10. Деление помещения на классы по силе воздействия электрического тока в помещении
11. Защита от опасности поражения электрическим током
12. Правила освобождения пострадавшего от электрического тока
13. Первая помощь пострадавшему от электрического тока
14. Статическое электричество. Определение. Характеристика
15. Воздействие статического электричества на организм человека
16. Способы защиты человека от воздействия статического электричества
17. Электромагнитные поля. Их физические характеристики.
18. Воздействие электромагнитных полей на человека.
19. Мероприятия по защите от электромагнитного излучения
20. Инфракрасное (ИК) излучение. Его физическое состояние. Способы защиты от ИК излучений
21. Лазерное излучение. Его влияние на организм человека
22. Способы защиты от лазерного излучения
23. Инфракрасное излучение. Биологическое действие инфракрасного излучения
24. Источники инфракрасного излучения
25. Защита от инфракрасного излучения
26. Ультрафиолетовое излучение. Биологическое действие ультрафиолетового излучения
27. Способы защиты от ультрафиолетового излучения

### **Вопрос 2 Дозы излучения и единицы измерения**

## Основные радиологические величины и единицы

Величина	Наименование и обозначение единицы измерения		Соотношения между единицами
	Внесистемные	СИ	
Активность нуклида, А	Кюри (Ки, Ci)	Беккерель (Бк, Bq)	1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк 1 Бк = 1 расп/с 1 Бк = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Ки
Экспозиционная доза, Х	Рентген (Р, R)	Кулон/кг (Кл/кг, C/kg)	1 Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг 1 Кл/кг = $3,88 \cdot 10^3$ Р
Мощность экспозиционной дозы	Рентген в час (Р/час)	Ампер на килограмм (А/кг)	1 А/кг = $1,4 \cdot 10^7$ Р/час
Поглощенная доза, D	Рад (рад, rad)	Грей (Гр, Gy)	1 рад = $10^{-2}$ Гр 1 Гр = 1 Дж/кг
Мощность поглощенной дозы	Рад в час (рад/час)	Грей в секунду (Гр/с)	1 Гр/с = $3,6 \cdot 10^5$ рад/час
Эквивалентная доза, Н	Бэр (бэр, rem)	Зиверт (Зв, Sv)	1 бэр = $10^{-2}$ Зв 1 Зв = 100 бэр
Мощность эквивалентной дозы	Бэр в год (бэр/год); зиверт в год (Зв/год)	Зиверт в секунду (Зв/с)	1 Зв/с = $3,15 \cdot 10^9$ бэр/год
Интегральная доза излучения	Рад-грамм (рад·г, rad·g)	Грей-кг (Гр·кг, Gy·kg)	1 рад·г = $10^{-5}$ Гр·кг 1 Гр·кг = 105 рад·г

Действие ионизирующих излучений представляет собой сложный процесс. Эффект облучения зависит от величины поглощенной дозы, ее мощности, вида излучения, объема облучения тканей и органов. Для его количественной оценки введены специальные единицы, которые делятся на внесистемные и единицы в системе СИ. Сейчас используются преимущественно единицы системы СИ. В таблице 6 дан перечень единиц измерения радиологических величин и проведено сравнение единиц системы СИ и внесистемных единиц.

Для описания влияния ионизирующих излучений на вещество используются следующие понятия и единицы измерения.

### 2.1 Активность радионуклида в источнике (А)

Активность радионуклидов — мера радиоактивности источника, равная числу самопроизвольных ядерных превращений в источнике за определенный временной интервал.

$$A = dN/dt$$

Единица активности — беккерель, [Бк]; 1 Бк равен одному ядерному превращению (распаду) за 1 секунду (1 Бк = 1 расп./с). Внесистемная единица — кюри, [Ки]; 1 Ки =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк.

Единица названа в честь французских учёных Пьера Кюри и Марии Склодовской-Кюри[5]. Введена в употребление на Международном конгрессе по радиологии и электричеству в Брюсселе (1910).

Кроме кюри часто используются кратные и дольные единицы: мегаюри (МКи), килоюри (кКи), милликюри (мКи), микрокюри (мкКи):

- 1 МКи =  $3,7 \cdot 10^{16}$  Бк (распадов в секунду) =  $2,22 \cdot 10^{18}$  распадов в минуту;
- 1 кКи =  $3,7 \cdot 10^{13}$  Бк =  $2,22 \cdot 10^{15}$  распадов в минуту.
- 1 мКи =  $3,7 \cdot 10^7$  Бк =  $2,22 \cdot 10^9$  распадов в минуту.
- 1 мкКи =  $3,7 \cdot 10^4$  Бк =  $2,22 \cdot 10^6$  распадов в минуту.

На практике применяется удельная активность, отнесенная к массе, объему или площади в зависимости от вида радиоактивного заражения (Бк/кг, Ки/кг, Бк/л, Ки/л, Бк/м<sup>2</sup>, Ки/м<sup>2</sup>).

## 2.2 Экспозиционная доза (X)

Одним из базовых понятий в таком вопросе, как измерение степени воздействия на человека ионизирующих излучений, является экспозиционная доза. Этим термином называют меру ионизации воздуха, подвергнувшегося воздействию фотонов, равную отношению образованного в результате ионизирующего излучения общего электрического заряда ионов одного знака к массе воздуха, в котором оно было поглощено.

$$X = dQ/dm$$

где: dQ - общий электрический заряд ионов одного знака  
dm – масса воздуха

Измеряется экспозиционная доза в Кл/кг (кулон на килограмм), а также в рентгенах (внесистемная единица). 1 Кл/кг = 3876 Р.

Рентген - это экспозиционная доза рентгеновского и  $\gamma$ -излучения, создающая в 1 куб.см воздуха при температуре 0°С и давлении 760 мм рт.ст. суммарный заряд ионов одного знака в одну электростатическую единицу количества электричества. Экспозиционной дозе 1 Р соответствует  $2,08 \cdot 10^9$  пар ионов ( $2,08 \cdot 10^9 = 1/(4,8 \cdot 10^{-10})$ ).

В переводе на метрическую систему 1 Р приблизительно равен 0,0098 Зв.

Измерение экспозиционной дозы позволяет определить радиационную обстановку на местности, которая в данном случае будет характеризоваться количеством затраченной на ионизацию 1 кг воздуха энергии гамма-излучения. Эффект, наблюдаемый при экспозиционной дозе, принято сопоставлять с количеством поглощенной воздухом энергии или дозы радиации, поскольку этот процесс является первичным, и именно он дает начало цепи последовательно протекающих физико-химических преобразований в облученном объекте.

Практическая польза от измерения экспозиционной дозы очень велика, поскольку далеко не всегда есть возможность измерить дозу излучения, уже



полученную организмом. Чтобы получить эту величину, необходимо сначала определить экспозиционную дозу в воздухе, а затем после проведения определенных расчетов получают поглощенную тканями и органами организма человека дозу.

### 2.3 Поглощенная доза (D)

Поглощенная доза или доза излучения (D) применяется для определения количества ионизирующего излучения, поглощенного облучаемым веществом. Это одна из фундаментальных физических величин в дозиметрии, поскольку все изменения в объекте облучения происходят под воздействием ионизирующего излучения.

Рассчитывается доза излучения как отношение поглощенной веществом ионизирующей энергии (E) к массе этого вещества (m):

$$D = dE/dm$$

где: dE – ионизирующая энергия, поглощенная веществом

dm – масса вещества, поглощающего энергию

Следует сказать, что термин «поглощенная доза» универсален и может применяться при воздействии любого излучения на любую среду. Кроме того, это основа для определения уровня внешней радиационной опасности для человека.

Единицей измерения, принятой в системе СИ для выражения поглощенной дозы, является Грей (Гр), по определению равный джоуль на килограмм (Дж/кг). Свое название «Гр» получил в честь английского физика Льюиса Харольда Грея, изучавшего влияние ионизирующего излучения на организмы и признанного одним из основателей радиобиологии.

Однако если говорить об облучении человека, то летальная доза, при которой погибает 50% облучаемых, составляет 4 Гр, а это значит, что для нормирования величина 1 Гр достаточно крупная, поэтому иногда для удобства используется другая, внесистемная, единица – рад (1 Рад = 0,01 Гр) или поглощенная доза любого ионизирующего излучения, равная 100 эрг на 1 грамм облученного вещества.

Максимальная доза облучения (в рад), не приводящие к потере боеспособности при однократном (в течение 4 суток) облучении составляет 50 рад.

### 2.4 Эквивалентная доза (H)

Каждый вид излучений имеет свое биологическое действие на объект и разную повреждающую способность. Причина в том, что при условии одинаковой величины и времени воздействия, характер распределения поглощенной энергии в объекте будет отличаться, т.е. чем больше ионов создает одна проникнувшая в ткань частица радиоактивного вещества на единице пути, тем выше будет биологический эффект.

Эквивалентная доза (H) учитывает эти различия и является отражением биологического эффекта облучения. Рассчитывается путем умножения поглощенной дозы (D) на коэффициент качества (W) конкретного вида излучений.

$$H = \sum_r w_r D_r$$

Если имеем ситуацию, при которой на один объект воздействует несколько различных видов излучений с разными взвешивающими коэффициентами, то эквивалентная доза определяется сложением эквивалентных доз каждого из видов излучения.

Таблица 9

### Весовые множители излучения

Вид излучения и диапазон энергий	Весовой множитель
Фотоны всех энергий	1
Электроны	1
Нейтроны с энергией < 10 КэВ	5
Нейтроны от 10 до 100 КэВ	10
Нейтроны от 100 КэВ до 2 МэВ	20
Нейтроны от 2 МэВ до 20 МэВ	10
Нейтроны > 20 МэВ	5
Протоны	5
Альфа-частицы, осколки деления и другие тяжелые ядра	20

Единицей измерения эквивалентной дозы излучения в системе СИ является зиверт (Зв). Названа она в честь шведского физика Рольфа Максимилиана Зиверта, изучавшего воздействие радиационного излучения на организмы. До ее введения в 1979 году эквивалентную дозу измеряли другой единицей – бэр, аббревиатурой понятия «биологический эквивалент рентгена». При условии, что коэффициент качества излучения – единица,  $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж} / \text{кг}$ .

Внесистемная единица эквивалентной дозы - бэр (биологический эквивалент рада)  $1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}$ .

### 2.5 Эффективная доза (E)

Эффективная доза излучения – это основная величина, используемая при гигиеническом нормировании ионизирующих излучений, которая устанавливается для людей, работающих с техногенными источниками радиации или находящихся в зоне их воздействия (в связи с профессиональной деятельностью или проживанием).

Ее значение используется для измерения вероятности наступления последствий облучения человека, его органов и тканей. При этом учитывается их индивидуальная радиочувствительность. Так, например, при равной экви-

валентной дозе облучений возникновение рака щитовидной железы менее вероятно, чем возникновение рака легких.

Эффективная доза организма (E) рассчитывается путем умножения эквивалентной дозы органа или ткани ( $H_T(t)$ ) на соответствующее органу или ткани значение коэффициента ( $W_T$ ) (по каждому органу или ткани) с последующим суммированием результатов:

$$E = \sum (H_T(t)) \times W_T$$

где,  $H_T(t)$  — эквивалентная доза в ткани T за время t

$W_T$  — взвешивающий коэффициент для ткани T.

Таблица 10

Значения тканевых весовых множителей  $w_t$  для различных органов и тканей

Ткань или орган	$w_t$	Ткань или орган	$w_t$
Половые железы	0.20	Печень	0.05
Красный костный мозг	0.12	Пищевод	0.05
Толстый кишечник	0.12	Щитовидная железа	0.05
Легкие	0.12	Кожа	0.01
Желудок	0.12	Поверхность костей	0.01
Мочевой пузырь	0.05	Остальные органы	0.05
Молочные железы	0.05		

Единицей измерения эффективной дозы, так же как и дозы эквивалентной, является зиверт (Зр).

Коллективная эффективная эквивалентная доза. Для оценки ущерба здоровью персонала и населения от стохастических эффектов, вызванных действием ионизирующих излучений, используют коллективную эффективную эквивалентную дозу S.

Коллективная эффективная доза — эффективная доза, полученная группой людей от какого-либо источника излучения; она равна сумме индивидуальных эффективных доз. Единица эффективной коллективной дозы — человеко-зиверт (чел.-Зв).

Полная коллективная эффективная доза — коллективная эффективная доза, которую получают поколения людей от какого-либо источника за все время его дальнейшего существования.

### Вопросы для самоконтроля знаний

1. Дозы излучения и единицы измерения
2. Активность радионуклида в источнике
3. Экспозиционная доза
4. Поглощенная доза
5. Эквивалентная доза
6. Эффективная доза

## **Вопрос 3 Радиационная разведка. Радиометрический и дозиметрический контроль**

### **3.1 Радиационная разведка**

Радиационная разведка – это система мероприятий, направленная на выявление факта применения ядерного оружия или разрушения объектов ядерной энергетики с целью предупреждения или максимального ослабления действия их поражающих факторов на людей.

Радиационная разведка является составной частью комплекса мероприятий по защите населения от воздействия оружия массового поражения, и проводится в комплексе с химической и бактериологической разведками.

Перед личным, составом, ведущим радиационную разведку, ставятся следующие задачи:

1. Установить факт применения ядерного оружия или разрушения объектов ядерной энергетики и начало выпадения ПЯВ из радиоактивного облака.
2. Подать сигнал радиационной опасности.
3. Определить границы загрязненной местности и обозначить их.

Внешней границей зоны радиоактивного загрязнения местности следует считать линию, соединяющую точки с уровнем радиации более 0,5 Р/ч. На обозначающем знаке указывается уровень радиации и время измерения, причем знак устанавливается маркированной стороной к местности с меньшим уровнем радиации.

4. Выявить загрязнение радионуклидами воды и водоемисточников.
5. Определить пути объезда радиационно загрязненной местности или преодоления её по наименее загрязненным маршрутам.
6. Проводить контроль изменения радиационной обстановки на радиационно загрязненной местности

Ведение радиационной разведки возлагается на специалистов службы радиационной, химической и биологической защиты (РХБЗ), которые создают для этого наблюдательные посты или разведывательные дозоры. Наблюдательные посты и разведывательные дозоры оснащаются приборами для ведения радиационной разведки (ДП-5), средствами оповещения, средствами индивидуальной защиты. Объем задач, решаемых постами и дозорами в ходе ведения радиационной разведки, различен, поскольку разведывательные дозоры являются мобильными структурами, оснащенными транспортными средствами (автомобили), а наблюдательные посты развертываются в определенном месте и лишены возможности оперативного перемещения из-за отсутствия транспорта, следовательно, пост не способен определить пути объезда радиационно загрязненной местности или ее преодоления и обозначить ее. Специалисты РХБЗ ведут радиационную разведку в интересах всей групп спасателей и населения.

Основными требованиями, предъявляемыми к радиационной разведке, являются:

1. Непрерывность.
2. Достоверность.
3. Своевременность.

### 3.2 Дозиметрический и радиометрический контроль

#### 3.2.1 Принципы работы приборов для измерения радиоактивности и доз излучения

Основным способом проверки достаточности мер радиационной защиты персонала является дозиметрический контроль. Используются следующие принципы измерения радиоактивности и доз излучения:

1. Ионизационный – основан на ионизации воздуха или другого газа между электродами, имеющими разные потенциалы, между которыми под влиянием излучения возникает электрический ток. Этот принцип используется в ионизационных камерах Гейгера – Мюллера и дозиметрах конденсаторного типа (напр. ИД-1)

Ионизационной камерой - емкость с двумя изолированными электродами, заполненная воздухом. Попадая в камеру, ионизирующее излучение вызывает образование ионов, которые под воздействием электрического поля направленно движутся к электродам. В камере возникает электрический ток, сила которого пропорциональна дозе ионизирующего излучения

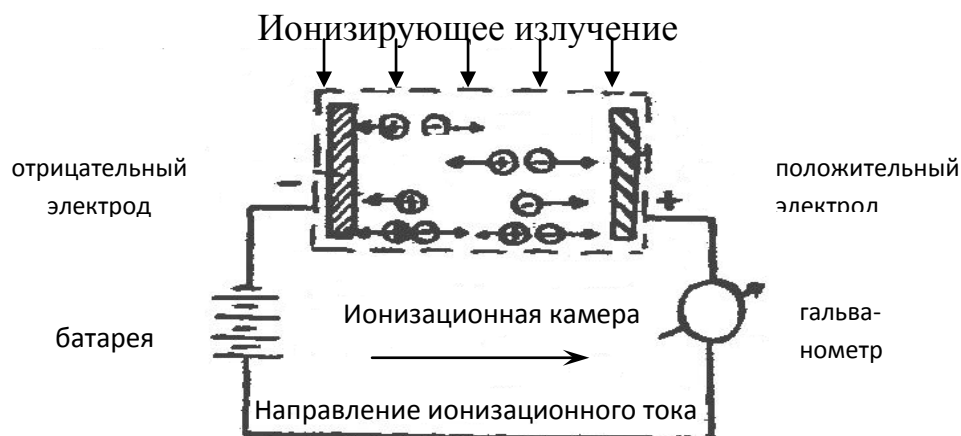


Рис. 1 Принцип работы ионизационной камеры

Газоразрядный счетчик - трубка, заполненная смесью инертных газов с галогенами (бромом) с высоким напряжением между катодом (корпус трубки) и анодом (металлическая нить в центре трубки). Образующиеся в этих условиях ионы обладают высокой кинетической энергией и способны при направленном движении выбивать электроны из молекул газа – эффект вторичной ионизации. К аноду аноду подходит «лавина» электронов, что фиксируется в

виде электрического импульса или преобразуется в постоянный электрический ток.

2. Сцинтилляционный – основан на возбуждении и ионизации атомов и молекул вещества при прохождении через него заряженных частиц, с последующим испусканием светового излучения, которое усиливают с помощью фотоэлектронного умножителя и регистрируют счетным устройством.

3. Люминесцентный – радиофотолюминесцентный и радиотермолюминесцентный – основаны на накоплении поглощенной в люминофорах энергии, которая освобождается под воздействием ультрафиолетового излучения определенной длины волны или нагревом, в результате чего наблюдается оптический эффект, адекватный поглощенной энергии.

Фотолюминесцентный метод. При освещении УФ-светом алюмофосфатного стекла, активированного серебром (ИД-11) возникают световые вспышки, интенсивность которых пропорциональна полученной дозе ионизирующего излучения и измеряется с помощью фотоумножителя.

Радиотермолюминесцентный метод. При нагревании таблеток фторида лития или фторида кальция (ДПГ- 02, 03..) возникают световые вспышки, интенсивность которых пропорциональна полученной дозе ионизирующего излучения и измеряется с помощью фотоумножителя

4. Фотохимический – основан на воздействии ионизирующих излучений на фотоэмульсию фотографической пленки, измеряемому по оптической плотности почернения проявленной и фиксированной пленки.

5. Химический - основан на свойстве ионизирующего излучения вызывать изменение химического состава некоторых веществ. Например, нитраты при действии ионизирующего излучения превращаются в нитриты, которые в присутствии реактива образуют окрашенное соединение. Интенсивность окрашивания определяется с помощью колориметра (напр. ДП-70М)

Контроль степени радиоактивного загрязнения организуется для установления необходимости проведения специальной обработки. Определение степени радиоактивного загрязнения различных объектов на этапах медицинской эвакуации осуществляет санинструктор-дозиметрист с помощью рентгенометра-радиометра ДП-5 А (Б, В).

А) Степень радиоактивного загрязнения раненых и пораженных определяют на сортировочном посту. Если степень радиоактивного загрязнения кожных покровов, одежды и средств защиты раненых и пораженных превышает 50 мр/ч, их направляют на площадку санитарной обработки.

Б) Степень радиоактивного загрязнения санитарного транспорта и медико-санитарного имущества определяют на площадке специальной обработки. Если степень радиоактивного загрязнения транспорта превышает 200 мр/ч, необходимо провести специальную обработку.

В) Допустимые величины степени радиоактивного загрязнения воды и продовольствия определяются в учреждениях Роспотребнадзора с помощью ДП-100 (комплект РЛУ-2).

Дозиметрический контроль организуется с целью:

- предотвращения облучения спасателей и населения в поражающих дозах;
- оценки трудо- и боеспособности людей, подвергшегося радиационному облучению;
- определения дозы облучения пораженных для установления степени тяжести лучевой болезни.

Организация контроля радиоактивного облучения заключается в следующем:

- обеспечение спасателей дозиметрами (ИД-1, ИД-11, ДП-70 М, ДКП-50 А);
- снятие показаний дозиметров на ЭМЭ осуществляется фельдшером (санинструктором) при проведении медицинской сортировки до осмотра врачом;
- дозы облучения фиксируются в первичных медицинских карточках (историях болезни) и заверяются подписью врача;
- регистрация доз облучения производится при выписке из медицинских частей и учреждений в «Карточке учета доз облучения»;
- предоставление сведений о дозах облучения л/с в вышестоящую организацию.

Таблица 11

Дозы облучения личного состава, не приводящие к потере трудо- и боеспособности

Однократное облучение (в течение 4 суток)		50 рад
Непрерывное (периодическое) в течение	1 месяца	100 рад
	3 месяцев	200 рад
	1 года	300 рад

Дозиметрический контроль включает: определение индивидуальных доз облучения, получаемых каждым работающим; систематический контроль за мощностью дозы облучения непосредственно на рабочих местах и в смежных помещениях; применение приборов, сигнализирующих о превышении допустимой дозы облучения. Основная задача: предотвратить облучение личного состава в поражающих дозах, оценить боеспособность личного состава (трудоспособность населения), подвергшегося радиационному облучению.

По своему назначению все приборы разделены на следующие группы:

1. Рентгенометры – приборы, измеряющие мощность экспозиционной дозы ионизирующего излучения.

2. Радиометры – приборы, измеряющие плотность потоков ионизирующих излучений (интенсивность внешних потоков  $\beta$ -частиц, нейтронов и др.).

3. Индивидуальные дозиметры – приборы, измеряющие экспозиционную или поглощенную дозу ионизирующих излучений.

## Классификация дозиметрических приборов

Группа приборов	Тип прибора	Назначение	Наименование и шифр
Организация радиационной разведки на ЭМЭ	1. Приборы войскового дозиметрического контроля 2. Радиометрическая установка	Постоянное радиационное наблюдение и оповещение о радиоактивном загрязнении местности при уровне радиации 0,2 р/ч и выше	ДП-64
Средства контроля радиационного загрязнения	1. Приборы войскового дозиметрического контроля 2. Радиометрическая установка	Измерение уровня радиации на местности от 0,05 мР/ч до 200 Р/ч, а также для измерения степени радиоактивного загрязнения от 0,05 до 5000 мР/ч	ДП-5 А,Б,В ИМД-12 ДП-100 РЛУ-2
Средства контроля радиоактивного облучения	1. Измерители дозы войсковые (групповые) 2. Измерители дозы индивидуальные	- Измерение поглощенных доз облучения людей гамма лучами и нейтронным потоком от 20 до 500 рад	ИД-1 ИД-11

В соответствии с этим приборы, используемые для дозиметрического контроля, делятся на три группы: дозиметры индивидуального контроля, стационарные или переносные приборы измерения мощности доз излучения на рабочем месте и стационарные установки для регистрации мощности излучения в определенных помещениях.

Наибольшее значение имеет определение дозы за счет рентгеновского и гамма -излучения, потоков нейтронов и бета-частиц.

Эффективность регистрации различных видов излучений зависит от детектора прибора. Приборы, основанные на принципе ионизационной камеры, наиболее пригодны для измерения квантового излучения. Для измерения бета-потоков применяют приборы с датчиками в виде газоразрядных или сцинтилляционных счетчиков. Для регистрации нейтронов используют сцинтилляционные детекторы, помещенные в фильтры из бора или кадмия.

При проведении группового радиационного контроля необходимо учитывать следующие основные положения:

- используемая для целей группового контроля аппаратура должна строго соответствовать задачам и конкретным условиям того или иного радиационно-технологического процесса;
- режимы эксплуатации радиационной техники при проверке эффективности защиты рабочих мест и смежных помещений должны соответствовать реальным условиям их использования;
- необходимо проводить столько исследований, чтобы можно было получить достоверную информацию о радиационной обстановке на объекте.



Большинство имеющихся дозиметрических и радиометрических приборов не являются универсальными и могут использоваться в сравнительно небольшом диапазоне энергии, поэтому при выборе аппаратуры для проведения санитарно-дозиметрического контроля необходимо учитывать:

1. Вид и энергию излучения,
2. Диапазон чувствительности прибора,
3. Погрешность измерений и другие параметры приборов в полном соответствии с их паспортными данными.

Важное значение при выборе аппаратуры придается зависимости показания приборов от энергии измеряемого излучения. В некоторых случаях ошибка измерений может достигать 400%. Наиболее точные приборы, датчики которых изготовлены из воздухоэквивалентных материалов.

Стационарные радиометры позволяют осуществлять непрерывный контроль за мощностью экспозиционных доз, концентрациями радиоактивных веществ в воздухе, сточных водах. Эта группа аппаратуры чаще всего используется как составной элемент технологического процесса, способствующий повышению степени надежности системы радиационной безопасности. Как правило, эти приборы имеют широкий диапазон измерений. Переносные приборы применяются для контроля и оценки эффективности защитных устройств и условий радиационной безопасности на рабочих местах, в жилых помещениях и на местности.

#### А) Спектрометрический комплекс «Прогресс».

В современных условиях широкое применение имеет который предназначен для измерения активности альфа-, бета- и гамма-излучающих нуклидов в счетных образцах спектрометрическим методом. Комплекс используется в лабораторных условиях как установка специального назначения и является средством для измерения активности радионуклидов в различных объектах окружающей среды.

Принцип действия данного комплекса заключается в получении аппаратного спектра импульсов от детектора, регистрирующего излучение счетного образца, экспонируемого в фиксированных условиях измерения. Активность радионуклида в исследуемой пробе определяется путем обработки полученной спектрограммы на компьютере с помощью специального пакета программ «Прогресс-3.0», позволяющего управлять работой каждого самостоятельного спектрометрического тракта, анализировать спектрограмму и идентифицировать радионуклиды, определять активность соответствующих нуклидов в пробе, рассчитать погрешность измерения активности и протоколировать результаты измерений.



Рис. 2 Спектрометрический комплекс «Прогресс»

В зависимости от вида и энергии излучения можно сделать правильный выбор радиометрической и дозиметрической аппаратуры. Если выбор аппаратуры для регистрации  $\gamma$ -излучения с энергией от 100 кэВ до 3 МэВ не вызывает особых трудностей, то при энергии излучения менее 100 кэВ можно ожидать большие погрешности измерений.

Следует отметить, что правильность показаний радиометрической и дозиметрической аппаратуры определяется многими факторами: интенсивностью излучения, угловой зависимостью, правильностью градуировки и условиями окружающей среды (температура воздуха, относительная влажность).

Индивидуальный дозиметрический контроль.

Данные дозиметрического контроля внешних полей ионизирующих излучений, полученные путем измерения мощностей доз, потоков нейтронов или заряженных частиц стационарными или переносными приборами, как правило, оказываются недостаточными для характеристики доз облучения полученных персоналом, так как поля ионизирующих излучений изменяются во времени и пространстве. Вот почему для оценки индивидуальных доз облучения персонала применяются индивидуальные дозиметры.

#### Б) Комплект индивидуальных дозиметров ДП-22В

Комплект индивидуальных дозиметров ДП-22В предназначены для контроля экспозиционных доз гамма - облучения, получаемых людьми при работе на зараженной радиоактивными веществами местности или при работе с открытыми и закрытыми источниками ионизирующих излучений.

Комплект ДП-22В состоит из зарядного устройства ЗД-5 и 50 индивидуальных дозиметров карманных прямопоказывающих типа ДКП-50-А.



Рис. 3 Комплект ДП-22В

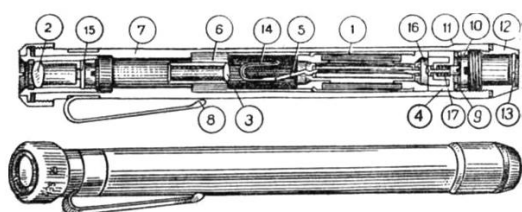


Рис. 4 Индивидуальный дозиметр ДКП-50



Рис. 5 Шкала ДКП-50

Принцип действия прямопоказывающего дозиметра подобен действию простейшего электроскопа. Когда дозиметр заряжается, то между центральным электродом с платинированной нитью и корпусом камеры создается напряжение. Поскольку нить и центральный электрод соединены друг с другом, они получают одноименный заряд и нить под влиянием сил электростатического отталкивания отклонится от центрального электрода. Путем регулирования зарядного напряжения нить может быть установлена на нуле шкалы. При воздействии радиоактивного излучения в камере образуется ионизационный ток, в результате чего заряд дозиметра уменьшается пропорционально дозе облучения и нить движется по шкале, так как сила отталкивания ее от центрального электрода уменьшается по сравнению к первоначальной. Держа дозиметр против света и наблюдая через окуляр за нитью, можно в любой момент произвести отсчет полученной дозы облучения. Дозиметр ДКП-50-А обеспечивает измерение индивидуальных доз гамма-облучения в диапазоне от 2 до 50 Р при мощности дозы излучения от 0,5 до 200 Р/ч.

### В) Комплект измерителей доз ИД-1

Комплект измерителей дозы ИД – 1 предназначен для измерения поглощенных доз облучения людей  $\gamma$  – лучами и нейтронным потоком в диапазоне от 20 до 500 рад.

В состав комплекта входят 10 индивидуальных дозиметров и зарядное устройство ЗД – 6. метод дозиметрии – ионизационный.

Принцип работы дозиметра: при воздействии ионизирующего излучения в ионизационной камере возникает ток, уменьшающий потенциал конденсатора, что пропорционально полученной дозе облучения.



Рис. 6 Комплект ИД-1

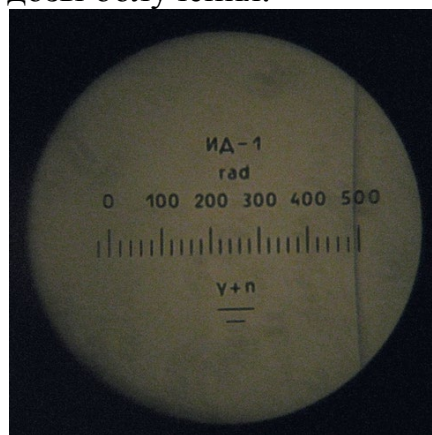


Рис. 7 Шкала дозиметра ИД-1

В настоящее время известны индивидуальные дозиметры, основанные на применении малых ионизационных камер или конденсаторных камер (метод ИДК), специальных сортов фотопленки (ИФК) и термолюминесцентных детекторов (ТЛД) и др.

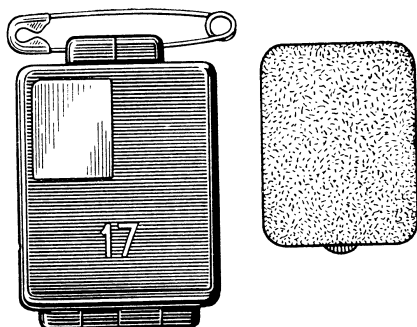


Рис.8 Дозиметр ИДК-2.3



Рис.9 Дозиметр ТЛД 500К

Все эти дозиметры применяются преимущественно для регистрации рентгеновского и гамма-излучений.

Некоторые (ИФК, ТЛД) используются и для дозиметрии других видов излучений (нейтронных и бета-потоков, тяжелых заряженных частиц и др.)

Индивидуальный контроль с помощью конденсаторных камер (ИДК). Принцип действия конденсаторных камер основан на пропорциональном изменении потенциала под действием рентгеновского или гамма-излучений.

Методика индивидуального фотоконтроля основана на сравнении оптической плотности почернения экспонированных (рабочих) пленок с контрольными, которые были облучены известной дозой.

### Г) Термолюминесцентные дозиметры

В настоящее время наибольшее распространение получили методы термолюминесцентной дозиметрии на основе детекторов из фтористого лития, фтористого кальция и алюмофосфатных стекол. При проведении индивидуального контроля используются термолюминесцентные дозиметры типа ТЛД. При размещении этих дозиметров на поверхности тела работающего необходимо учитывать характер работ, возможность тотального или локального облучения.

При тотальном облучении ТЛД должны располагаться на уровне груди и области таза. При локальных – грудь-голова, грудь-таз, грудь - нижние конечности и др.

### Д) Дозиметр рентгеновского излучения - клинический (ДРК-1)

Комплекс мероприятий, направленных на определение полученной дозы называется «дозиметрический контроль».

Также в санитарной практике при оценке индивидуальных доз облучения персонала рентгенкабинета и пациента нашел в настоящее время применение метод измерения произведения поглощенной дозы на площадь рентгеновского излучения на выходе рентгеновского аппарата и метод определения расчетным путем эффективной дозы, полученной пациентом при рентгеновской диагностике и рентгенотерапии, с использованием соответствующих методик расчета. Для проведения этого исследования измерение поглощенной дозы рентгеновского излучения проводится с помощью дозиметра рентгеновского излучения - клинического (ДРК-1)



Рис. 10 Дозиметр рентгеновского излучения - клинический (ДРК-1)

Для получения достоверных результатов измерения внешнего облучения необходимо соблюдать следующие основные правила:

- выбор мест для отдельных замеров намечается на основании предварительного санитарного описания условий труда, в котором указывается характер работы, режим работ с ионизирующим излучением и др.

- для измерений следует использовать только стандартные приборы, градуированные официальными учреждениями.
- для большей надежности измерения проводятся в каждой точке не менее 2 – 3 раз.
- в тех случаях, когда облучение персонала в период работы неравномерно, оценка полученных доз может быть проведена только на основании данных индивидуальной дозиметрии.
- необходимо учитывать суммарное облучение за счет всех видов облучения, воздействующих на работающих в обследуемом производстве.
- данные индивидуальной дозиметрии, полученные дозиметрической службой объекта, могут быть использованы только после проверки показаний индивидуальных дозиметров.

Оценка доз внутреннего облучения. При определении степени радиационной опасности наряду с данными, характеризующими уровни внешнего облучения, важна оценка доз внутреннего облучения, которая в отдельных случаях (при работе с радиоактивными веществами в открытом виде) может играть решающую роль в характере радиационного воздействия.

Для условий профессиональной деятельности на первом месте стоит ингаляционный путь поступления радионуклидов, а затем контактный. При оценке доз внутреннего облучения для отдельных лиц из населения ведущий пероральный и затем ингаляционный пути поступления.

Следует иметь в виду, что до настоящего времени не существует методов прямой дозиметрии, позволяющей сразу оценить уровни внутреннего облучения. В связи с этим определение доз внутреннего облучения производят на основе сведений по содержанию радиоактивных веществ в теле человека или по поступлению их в организм, применяя следующие методы:

1. Прямой – определение радиоактивных веществ во всем теле или отдельных критических органах путем измерения интенсивности излучения тела человека. Используется, например, при определении мощности дозы гамма-излучения от пациента при выходе его из радиологического отделения, где с терапевтической целью были введены радиофармацевтические препараты. Она не должна превышать 3 мкЗв/ч на расстоянии от него 1 метр. Для этой цели могут использовать сцинтилляционные спектрометры (с кристаллическими NaI (Т1) или жидкостными детекторами).
2. Косвенный, основанный на определении содержания радиоактивных веществ во всем теле или в отдельном органе по данным радиометрии биосубстратов человека (слюна, пот, выдыхаемый воздух, кровь, фекалии, моча) или по результатам радиометрических исследований воздуха, пищевых, продуктов, воды и уровней загрязнения поверхностей.

Из всех видов выделений наиболее часто для радиометрических исследований берут мочу.

Радиометрия слюны и пота мало пригодна для подобных исследований, так как сведений о соотношении между активностью этих биосубстратов и

содержанием радиоактивных веществ в организме пока недостаточно. Радиометрия выдыхаемого воздуха применяется только для оценки содержания в организме радия и тория (по выдыхаемому радону и торону).

Интерпретация результатов радиометрии по активности фекалий также является сложной, ибо радиоактивные вещества попадают в них несколькими путями: через рот, с пищеварительными соками и желчью. Некоторая часть радиоактивных изотопов поступает в желудочно-кишечный тракт при заглатывании мокроты, поступающей из легких. Связь между результатами активности фекалий и содержанием радиоактивных веществ в теле надежно устанавливается, если имеется только один путь поступления (пероральный или ингаляционный), а всасыванием радиоактивных изотопов из желудочно-кишечного тракта в этом случае пренебрегают.

При интерпретации результатов необходимо располагать информацией о функции удержания радиоактивных веществ во всем теле и критическом органе, о функции выделения, а также о той доле изотопа, которая перейдет из крови в критический орган.

Интерпретация данных радиохимического или радиометрического анализа зависит от путей и продолжительности поступления радионуклидов, распределения их в организме (равномерное, остеотропное, щитовидная железа и др.), от времени пребывания радиоизотопа в организме (период полураспада и биологический период выведения).

Работа с радиоактивными веществами в открытом виде (порошками, растворами) может привести к загрязнению ими рук и одежды работающих, приборов и лабораторного оборудования, рабочих поверхностей, пола и стен помещений, а также воздуха. С этих объектов радиоактивные вещества могут попадать внутрь организма, вследствие чего работающий персонал может подвергаться как внешнему, так и внутреннему облучению.

Для решения вопросов защиты лиц, имеющих дело с радионуклидами, производится определение уровней загрязненности поверхностей. Найденные величины сравнивают с допустимыми уровнями.

При установлении этих предельно допустимых уровней были приняты следующие положения.

1. Суммарная поглощенная доза, полученная организмом за счет внешнего и внутреннего облучения, не должна превышать установленной предельно допустимой дозы облучения.
2. При попадании в организм альфа-активные вещества представляют большую опасность, чем бета-активные вещества.
3. Предельно допустимые уровни загрязненности для рук и других частей тела должны быть меньше, чем для других поверхностей, так как вероятность попадания радиоактивных веществ внутрь организма в этом случае большая, чем в других случаях.

Определение уровней загрязненности радиоактивными веществами различных поверхностей может быть осуществлено с помощью радиометрических приборов стационарного и переносного типа, а также с помощью ме-



тогда мазков. Сущность данного метода заключается в снятии радиоактивных веществ с загрязненной поверхности каким-либо материалом (марля, ватные тампоны и др.) с последующим определением уровня радиоактивности этого материала. Мазки можно брать сухими или влажными материалами. Смачивание водой или кислотой материала, которым берут мазок, повышает чувствительность метода, однако несколько затрудняет выполнение последующих операций. Во многих случаях, особенно когда имеется загрязнение гладких поверхностей (сталь, плитки и др.), а уровни загрязнения значительны, вполне приемлем сухой метод.

Эффективность снятия мазков зависит от ряда причин (характер поверхности, вид мазка, качество снятия и др.), методика снятия мазка слабо поддается стандартизации и поэтому метод не является высокоточным. Вместе с тем он очень прост в исполнении, может быть использован даже при отсутствии под рукой нужных приспособлений и дает необходимые сведения об уровне и характере загрязнения поверхностей.

### **3.3. Организация радиационной разведки на этапах медицинской эвакуации**

Комплекс мероприятий, направленных на определение повышенного уровня проникающей радиации называется радиационной разведкой. Ее основная задача - своевременно установить факт радиационного загрязнения местности и определить уровень радиации и осуществлять контроль за изменением уровня радиации на местности

Заражение местности радиоактивными веществами измеряется в рентген-часах (Р/ч) и характеризуется уровнем радиации.

Уровень радиации показывает дозу облучения, которую может получить человек в единицу времени (ч) на зараженной местности. Местность считается зараженной при уровне радиации 0,5 Р/ч и выше.

Радиационная разведка проводится как силами службы РХБЗ, так и силами и средствами медицинской службы.

Организация радиационной разведки на этапах медицинской эвакуации включает проведение радиационного наблюдения и радиационной разведки.

Комплекс мероприятий, направленных на определение радиационного загрязнения объекта носит название радиометрический контроль. Его основная задача - установить нуждаемость объекта в специальной обработке.

Радиометрический контроль осуществляется с использованием приборов ДП-5А, ДП-5Б, ДП-64

Наблюдение – осуществляется как на территории проведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ, так и на путях медицинской эвакуации.

Осуществляет санинструктор-дозиметрист.



- В нештатных аварийно-спасательных формированиях наблюдение проводится с помощью ДП-64, который находится в помещении дежурного. После включения сигнала определение уровня радиации производится с помощью ренгенометра-радиометра ДП-5 А (Б, В).
- На этапах медицинской эвакуации радиационное наблюдение производят путем периодического (через 20-30 мин.) включения ренгенометра-радиометра ДП-5 А (Б, В).
- Во время приема пораженных радиационное наблюдение осуществляется на сортировочном посту (приемной отделении больницы) санитарным-дозиметристом с помощью ренгенометра-радиометра ДП-5 А (Б, В).

При передислокации нештатных аварийно-спасательных формирований, выдвижения их в район развертывания, перемещения лечебных учреждений разведка проводится в виде дозора на машинах (БРДМ-РХ, УАЗ) или в пешем порядке с помощью ренгенометра ДП-3Б или ренгенометра-радиометра ДП-5 А (Б, В). Разведывательный дозор решает следующие задачи:

- установить радиационную загрязненность маршрутов передвижения и путей объезда;
- установить радиационную загрязненность района развертывания этапа медицинской эвакуации (ЭМЭ), выбор безопасного района развертывания

Таблица 13

### Допустимые норы заражения

Наименование объекта	Мощность дозы гамма-излучения (мР/час)
Тело человека	20
Нательное белье	20
Лицевая часть противогаза	10
Одежда, обувь, средства индивидуальной защиты	30
Поверхность тела животного	50
Техника	200
Защитные сооружения:	
• внутренние поверхности	100
• наружные поверхности	500

Задачи радиационной разведки:

- своевременно установить факт радиационного загрязнения местности и определить уровень радиации;
- контролировать радиоактивное заражение кожных покровов людей, их одежды, сельскохозяйственных животных, различных предметов, техники, транспорта, продовольствия, воды и т.п.

- доложить вышестоящему начальнику и по его команде подать сигнал оповещения;
- оградить радиационно загрязненную территорию с помощью знаков «Заражено»;
- найти безопасные пути подъезда и эвакуации;
- осуществлять контроль за изменением уровня радиации на местности.

Для измерения уровня радиации на местности и степени радиоактивного заражения одежды, кожных покровов, воды и продуктов используется рентгенометр-радиометр ДП-5 А (Б,В). Он позволяет измерить уровень радиоактивного заражения местности в пределах от 0,05 мР/ч до 200 Р/ч, а одежды, кожных покровов, воды, продовольствия, техники, медико – санитарного имущества от 0,05 до 5000 мР/ч.



Рис. 11 Рентгенометр-радиометр ДП-5 В

Рис. 12 Микроамперметр ДП-5В



Рис. 13 Переключатель поддиапазонов ДП-5В

Подготовка прибора к работе:

- Поместить элементы А-336 в отсек питания;
- Переключатель поддиапазонов повернуть на черный треугольник, при этом стрелка микроамперметра должна установиться в пределах черной дужки шкалы;

Если стрелка не принимает этого положения – заменить питание.

Проверка работоспособности прибора:

- Поворотный экран зонда (шторку) установить в положении «К» (совместить с риской корпуса зонда);
- Подключить телефон;
- Переключатель поддиапазонов поставить в положение « $\times 10$ ». Стрелка отклоняется до цифр 2-3 по верхней шкале в положении « $\times 1$ » и « $\times 0,1$ » стрелка зашкаливает.
- В наушниках телефонов слышны щелчки.

Измерение мощности экспозиционной дозы (уровня радиации) на местности – ведение радиационной разведки:

- Поворотный экран зонда в положении «Г»
- Зонд на высоте 70-100 см от земли (в футляре или на удлинительной штанге)
- Переключатель поддиапазонов в положение 200 и по нижней шкале (0-200) отметить уровень радиации. Если он меньше 5 Р/ч, переключатель поставить в положение « $\times 1000$ », по верхней шкале отметить на каком делении установилась стрелка прибора, это и будет уровень радиации в Р/ч.
- Если стрелка не доходит до 0,5 Р/ч, то местность считается незараженной (на воен. время)

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Радиационная разведка. Задачи радиационной разведки. Требования, предъявляемые к радиационной разведке
2. Наблюдательные посты или разведывательные дозоры. Организация их работы
3. Принципы работы приборов для измерения радиоактивности и доз излучения: ионизационный, сцинтилляционный, люминесцентный, фотохимический, химический.
4. Контроль степени радиоактивного загрязнения. Его организация.
5. Дозиметрический контроль. Его задачи и организация.
6. Дозы облучения личного состава, не приводящие к потере трудо- и боеспособности.
7. Классификация приборов для дозиметрического контроля.
8. Спектрометрический комплекс «Прогресс». Его предназначение и характеристика
9. Комплект индивидуальных дозиметров ДП-22В. ДКП-50 и ИД-1 Их предназначение, принцип действия и возможности
10. Термолюминесцентные дозиметры. Их предназначение, принцип действия и возможности
11. Дозиметр рентгеновского излучения - клинический (ДРК-1). Его предназначение, принцип действия и возможности.
12. Оценка доз внутреннего облучения. Прямой и косвенный методы

13. Организация определения уровней загрязненности радиоактивными веществами различных поверхностей
14. Организация радиационной разведки на этапах медицинской эвакуации
15. Рентгенометр-радиометр ДП-5 А (Б,В) Порядок проверки, подготовки к работе, измерения

## Вопрос 5 Защита от механического травмирования

К средствам защиты от механического травмирования относятся: предохранительные, тормозные, оградительные устройства, системы дистанционного управления.

**1. Предохранительные защитные средства** предназначены для автоматического отключения агрегатов и машин при отклонении какого-либо параметра, характеризующего режим работы оборудования за пределы допустимых значений.

Таким образом, при аварийных режимах исключаются возможность взрывов, поломок, воспламенений.

В соответствии с ГОСТ 12.4.125 – 83 предохранительные устройства *по характеру действия* бывают: блокировочными и ограничительными.

*Блокировочные* устройства по принципу действия подразделяют на:

1. Механические – обеспечивающие связь между ограждением и тормозным (пусковым) устройством. При снятом ограждении его невозможно пустить в ход.
2. Электронные (радиационные) применяют для защиты опасных зон на прессах, гильотинных ножницах и других видах технологического оборудования машиностроения.
3. Электрические – на ЭУ напряжением 500 В и выше, а также на различных видах технологического оборудования с электроприводом. Она обеспечивает включение оборудования только при наличии ограждения.
4. Электромагнитные – (радиочастотные) применяются для предотвращения попадания человека в опасную зону.
5. Магнитные – использующие постоянное магнитное поле.
6. Оптические – с использованием фотоэлементов. Применяются в кузнечно–прессовых и механических цехах машиностроительных заводов.
7. Пневматические – применяются там, где рабочие тела находятся под повышенным давлением: турбинах, компрессорах, воздуходушках и т.д. Преимущества: малая инерционность.
8. Гидравлические – аналогично п.7.
9. Комбинированные.

Блокировочные устройства препятствуют проникновению человека в опасную зону или во время пребывания его в этой зоне устраняют опасный фактор. Применяются там в основном, где нет ограждений или, где работа может вестись при снятом ограждении.

*Ограничительные устройства* по конструктивному исполнению подразделяются на: муфты, штифты, клапаны, шпонки, мембраны, пружины и шайбы.

Примером ограничительных устройств являются элементы механизмов и машин, рассчитанных на разрушение (или несрабатывание) при перегрузках.

Слабые звенья делятся на 2 группы:

1. Звенья с автоматическим восстановлением кинематической цепи, после того как контролируемый параметр пришел в норму (например муфты трения).
2. Звенья с восстановлением кинематической цепи путем замены слабого звена (например штифты и шпонки). Срабатывание слабого звена приводит к останову машины на аварийных режимах.

## **2. Тормозные устройства** подразделяются:

По конструктивному исполнению: колодочные; дисковые; полуавтоматические.

По способу срабатывания:

1. Ручные;
2. Автоматические;
3. Полуавтоматические;

По принципу действия:

1. Механические;
2. Электромагнитные;
3. Пневматические;
4. Гидравлические;
5. Комбинированные.

По назначению:

1. Рабочие;
2. Резервные;
3. Стояночные;
4. Экстренного торможения.

**3. Оградительные устройства** – класс средств защиты, препятствующих попаданию человека в опасную зону. Их применяют для изоляции систем привода машин и агрегатов, зоны обработки заготовок на станках, прессах, штампах, оголенных токоведущих частей, зон интенсивных излучений (тепловых, электромагнитных, ионизирующих), зон выделения вредных веществ, загрязняющих воздушную среду и т.п. Ограждают также, рабочие зоны расположенные на высоте.

В соответствии с ГОСТ 12.4.125 – 83 оградительные устройства подразделяют:

А) по конструктивному исполнению: кожухи, дверцы, щиты, козырьки, планки, барьеры, экраны.

Б) по способу изготовления: сплошные; не сплошные (перфорированные, сетчатые, решетчатые); комбинированные.

В) по способу установки: стационарные; передвижные.

Переносные являются временными, их используют при ремонтных и наладочных работах для защиты от механических травм, ожогов, от случайного прикосновения к токоведущим частям, от воздействия электрической дуги и ультрафиолетового излучения (при сварочных работах).

Конструкция и материал оградительных устройств определяется особенностями оборудования и технологического процесса в целом.

**4. Системы дистанционного управления** и автоматические сигнализаторы на опасную концентрацию паров, газов, пылей, применяют чаще всего во взрывоопасных производствах и производствах с выделением в воздух рабочей зоны токсичных веществ.

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Предохранительные защитные средства. Их классификация и принцип действия
2. Тормозные устройства. Их классификация и принцип действия
3. Оградительные устройства . Их классификация и принцип действия
4. Система дистанционного управления.

## **Вопрос 6 Обеспечение комфортных условий жизнедеятельности**

Одной из основных задач руководства организации является обеспечение нормальных условий труда. Независимо от сферы деятельности (физический или интеллектуальный труд) они влияют на результат работы. Забота о здоровье сотрудника, улучшение условий труда и обеспечение безопасности приводит к повышению производительности труда, что тоже является одной из главных задач руководства. Одновременно, это решает и такую задачу, как затраты на оплату медицинской страховки, льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях.

### **Система обеспечения параметров микроклимата и состава воздуха.**

Чтобы условия труда не стали причиной вышеперечисленных «проблем» и не понизили производительность труда, надо следить за чистотой воздуха, соответствием метеорологических условий нормальному уровню. Комфортными условиями считаются:

- в помещении в холодный период 20-22<sup>0</sup>С;
- на открытом воздухе в теплый период 18-22<sup>0</sup>С;
- на открытом воздухе в холодный период 7-10<sup>0</sup>С;
- относительная влажность воздуха 40-60%;
- скорость движения воздуха 01- 0,2 м/с;
- токсичные вещества(кратность превышения ПДК) менее 0,8;
- промышленная пыль(кратность превышения ПДК) менее 0,8.

Требуемое состояние воздуха в рабочем помещении обеспечивается отоплением, вентилированием и кондиционированием.

### **Отопление.**

В холодное время года необходимая температура воздуха в помещении поддерживается за счет отопления. Существуют различные системы отопления: водяные, паровые, воздушные и комбинированные. В системах водяного отопления, нашедших широкое применение благодаря удобству и эффективности, используются радиаторы и трубы. В воздушной системе подается нагретый калорифером воздух. Необходимое условие для нормальной жизнедеятельности организма – наличие в воздухе достаточного количества кислорода. Снижение его количества ведет к кислородному голоданию – гипоксии, сопровождающейся головной болью, замедлением реакции организма, нарушением нормального обмена веществ и работы органов слуха и зрения.

### **Вентиляция.**

Вентиляция – совокупность мероприятий и устройств, используемых при организации воздухообмена для обеспечения заданного состояния воздушной среды в помещениях и на рабочих местах в соответствии со СНиП (Строительные нормы и правила). Система вентиляции – это комплекс архитектурных и специальных инженерных решений, который при правильной эксплуатации обеспечивает необходимый воздухообмен в помещении.

Вентиляционная система – это инженерная конструкция, которая имеет определенное функциональное назначение (приток, вытяжка, местный отсос)



и является элементом вентиляции. Система вентиляции называется технологической, если она создает условия для технологического процесса, и комфортной – если она поддерживает в помещении заданные климатические условия для высокопродуктивной работы человека.

Различают несколько видов вентиляции.

По зонам действия они делятся на следующие виды:

- общеобменная – воздухообмен охватывает все помещения;
- местная – воздухообмен происходит на ограниченном участке.

По способу перемещения воздуха вентиляцию разделяют на следующие виды:

- естественная вентиляция – это вентиляция, в которой воздушные массы перемещаются за счет образования разности давлений внутри и снаружи данного здания. Для требуемого по условиям поддержания чистоты воздуха в помещении постоянного воздухообмена необходима организованная вентиляция или аэрация. Аэрация – организованная или естественная, имеющая общий обмен вентиляция различных помещений, за счет поступающего и удаляющегося воздуха через открывающиеся фрамуги окон и дверей. В зависимости от температуры, скорости и направления ветра воздухообмен в помещении регулируется различной степенью открытия фрамуг. Основным достоинством естественной вентиляции является отсутствие затрат механической энергии при осуществлении больших воздухообменов. Естественная вентиляция как средство поддержания микроклимата и оздоровления воздуха в помещении применяется больше в бытовых помещениях, где не выделяются вредные вещества, нет избыточной влаги или тепла.

- механическая вентиляция – вентиляция, с помощью которой воздух подается в помещение по системам вентиляционных каналов, используя при этом специальные различные механические побудители. Приточно-вытяжная – наиболее используемая система вентиляции, в которой воздух подается в помещение приточной системой, удаляется, соответственно, вытяжной. В обеих системах воздух обычно подвергается обработке – нагреву или охлаждению, увлажнению, очистке от загрязнений: пыли или других вредных веществ, при помощи специально встроенных очистных сооружений. Преимущества механической вентиляции перед естественной заключаются в следующем: □ большой радиус действия (вентилятор создает большое давление); сохранение нужного климата в помещении независимо от внешних условий; возможность воздействия на подаваемый воздух – очистка, сушка или увлажнение; □ возможность подачи воздуха к рабочим местам; □ очищение воздуха непосредственно в местах выделения вредных веществ и предотвращение их распространения по всему объему помещения, а так же очистка воздуха перед выбросом его в атмосферу.

## **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности
2. Критерии оценки тяжести труда
3. Параметры микроклимата, влияющие на здоровье и самочувствие человека
4. Системы обеспечения параметров микроклимата

**После изучения учебного материала ответить на вопросы тестов по ссылке**

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScn43PzDoMJbV2C75qUEIm17ztuCSmu65JRuFVT5We6MaSORw/viewform>