

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерный факультет

Кафедра технического обеспечения сельскохозяйственного производства и агрономии

**МАТЕРИАЛЫ**  
**для обеспечения управляемой самостоятельной работы студентов**

Дисциплина                    «ОХРАНА ТРУДА»

Специальность                1-27 01 01 «Экономика и организация производства  
(машиностроение)

Группа                         ЭОП-41

Всего часов по дисциплине:

    академических                90

    аудиторных                    52

Всего часов УСР                 4

СОСТАВИТЕЛЬ:

Старший преподаватель кафедры ТОСПиА

(должность)

\_\_\_\_\_ М.В.Кунаш

(подпись)

(инициалы, фамилия)

# 1 ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЛОК

Цель УСР:

- овладение учебным материалом дисциплины в объеме, требуемом учебной программой;
- формирование навыков самообразования в учебной, научной, производственной и управленческой деятельности;
- развитие учебных способностей, умений, навыков и принятия самостоятельных решений в профессиональной деятельности.

## 1.1 План управляемой самостоятельной работы студентов

№ и тема УСР	Вопросы УСР	Количество часов	Форма реализации	Форма контроля
Тема 2 Производственная санитария 2.6 Защита от инфра- и ультразвука	1. Источники, классификация инфразвука и ультразвука. Их воздействие на организм человека. 2. Нормирование. Методы измерения и контроля инфразвука и ультразвука на рабочих местах. 3. Методы защиты	1	Подготовка мультимедийной презентации	Демонстрация мультимедийной презентаций с их устной защитой
Тема 2 Производственная санитария 2.7 Ионизирующие излучения	1. Виды ионизирующих излучений. Их физическая природа и особенности распространения. 2. Нормирование ионизирующих излучений 3. Защита от ионизирующего излучения	1	Подготовка мультимедийной презентации	Демонстрация мультимедийной презентаций с их устной защитой
Тема 2 Производственная санитария 2.8 Защита от электромагнитных полей	1. Оценка опасности и вредности электромагнитного облучения 2. Способы и средства защиты от электромагнитных полей	1	Подготовка мультимедийной презентации	Демонстрация мультимедийной презентаций с их устной защитой
Тема 2 Производственная санитария 2.9 Защита от электростатических полей	1. Условия возникновения и накопления электростатических зарядов 2. Способы и средства защиты	1	Подготовка мультимедийной презентации	Демонстрация мультимедийной презентаций с их устной защитой

## 1.2 Рекомендации по выполнению заданий.

Задания выполняются согласно утвержденному графику.

УСР должна быть выполнена лично студентом или являться самостоятельно выполненной частью коллективной работы.

Результаты УСР студентов должны:

- демонстрировать достаточную компетентность автора в раскрываемых вопросах;

- иметь учебную, научную или практическую направленность и значимость (если это учебно-исследовательская работа);
- оформлены в соответствии с установленными в университете требованиями.

### **1.3. Теоретические вопросы к изучению.**

1. Защита от инфра- и ультразвука
2. Ионизирующие излучения
3. Защита от электромагнитных полей
4. Защита от электростатических полей

### **1.4. Список рекомендуемых источников.**

1. *Челноков, А. А.* Охрана труда / И. Н. Жмыхов, В. Н. Цап. – Минск: Вышэйшая школа, 2020 – 543 с.

2. *Лазаренков, А. М.* Охрана труда и пожарная безопасность: учеб. / А. М. Лазаренков, Ю. Н. Фасевич. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – 548 с.

3. *Кравченя, Э. М.* Охрана труда и основы энергосбережения: Учеб. пособие/Э.М. Кравченя, Р.Н. Козел, И.П. Свирид. – 4-е изд – Мн.: Тетрасистемс, 2008-288с.:ил

4. Охрана труда: учеб. – 2-е изд., доп. и перераб. / Г. А. Вершина, А. М. Лазаренков – ИВЦ Минфина, 2020. – 564 ст.

5. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): учеб. пособие для вузов/П. П. Кукин [ и др.]. – 4-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2009. – 616 с.

6. *Ширшов, А. И.* Менеджмент охраны труда: учеб. пособие /А. И. Ширшов. – Ростов н/Д: Феникс, 2000. – 384 с.

7. *Харламов, Г. А.*Безопасность производственных процессов на предприятиях машиностроения / Г. А. Харламов. – М.: Новое знание, 2006. – 460 с.

## 2 БЛОК ЗАДАНИЙ

- 2.1. Изучить предлагаемые вопросы по литературным источникам.
- 2.2. Оформить мультимедийную презентацию.
- 2.3. Защитить работу.

### Тема 2.6: Защита от инфра- и ультразвука

#### 1. Источники, классификация инфразвука и ультразвука. Их воздействие на организм человека.

Звуковые колебания с частотой более 16-20 кГц являются ультразвуковыми.

В последние десятилетия ультразвуковая энергия получила широкое применение в медицине для диагностики и лечения различных заболеваний, в промышленности для очистки деталей, прошивки мелких отверстий, сварки миниатюрных узлов, ускорения химических реакций и электролитических процессов, в сельском хозяйстве для обработки семян перед посевом и др.

Плотность энергии ультразвуковых колебаний и волн в миллионы раз больше плотности звуковой энергии слышимых звуков, поэтому они сильнее воздействуют на организм человека.

Систематическое воздействие на человека ультразвука больших уровней (100-120 дБ) может вызвать быструю утомляемость, боль в ушах, головную боль, функциональные нарушения нервной и сердечно-сосудистой систем, изменение давления, состава и свойств крови.

Ультразвук может действовать на человека, как через воздушную, так и через жидкую и твердую среды.

Допустимые уровни звукового давления в среднегеометрических частотах соответственно равны:

12500 Гц	75 дБ
16000 Гц	85 дБ
20000 Гц и выше	110 дБ

Вредное воздействие ультразвука на организм человека может быть устранено или снижено путем повышения рабочих частот, исключения паразитного излучения звуковой энергии, применением звукоизолирующих кожухов и экранов, механизацией и автоматизацией процессов, использованием дистанционного управления ультразвуковыми технологическими установками.

Важное значение имеют организационно-планировочные мероприятия (обучение, инструктаж, рационализация режима труда и отдыха и др.).

Используемые для защиты от ультразвука кожухи и экраны изготавливаются из листовой стали, дюралюминия (толщиной 1 мм), текстолита или гетинакса (толщиной 5 мм). Эластичные кожухи могут быть изготовлены из нескольких слоев резины общей толщиной 3-5 мм. Экраны могут быть прозрачными.

## 2. Нормирование. Методы измерения и контроля инфразвука и ультразвука на рабочих местах.

Инфразвук – это упругие волны, аналогичные звуковым, но с частотами ниже области слышимых человеком частот. За верхнюю границу инфразвуковой области принимают частоты 16-20 Гц.

Инфразвуковые колебания в природе генерируются землетрясениями, извержениями вулканов, морскими бурями и штормами. Они содержатся в шуме атмосферы и леса. Их источниками являются также грозовые разряды, взрывы и орудийные выстрелы. В сфере производства источниками инфразвука являются крупногабаритные машины и механизмы (турбины, компрессоры, промышленные вентиляционные установки, холодновысадочное и штамповочное оборудование, кузнечное производство и др.).

Инфразвуковые колебания ввиду их большой длины волны характеризуются незначительным поглощением. Поэтому инфразвуковые волны в воздухе, в воде и в земной коре могут распространяться на большие расстояния, что используется как предвестник стихийных бедствий. В конце 60-х годов прошлого столетия французский исследователь Гавро обнаружил, что инфразвук определенных частот может вызвать у человека тревожность и беспокойства.

Слабые инфразвуки действуют на вестибулярный аппарат и вызывают ощущение морской болезни.

Длительное воздействие инфразвуковых колебаний на организм человека приводит к появлению утомляемости, головокружению, нарушению сна, психическим расстройствам, нарушению периферического кровообращения, функции центральной нервной системы и пищеварения. Колебания, с уровнем звукового давления более 120-130 дБ в диапазоне частот от 2 до 10 Гц могут приводить к резонансным явлениям в организме.

Для органов дыхания опасны колебания с частотой 1-3 Гц, для сердца – 3-5 Гц, для биотоков мозга – 8 Гц, для желудка – 5-9 Гц.

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц должны быть не более 105 дБ, а в полосе с частотой 32 Гц – не более 102 дБ.

## 3. Методы защиты

Защита от действия ультразвука при контактном воздействии состоит в принятии мер, позволяющих исключить контакт работающего с источником. Так, загрузку и выгрузку изделий следует производить при выключенном источнике ультразвука, а в случаях, когда выключение установки нежелательно, применяют специальные приспособления и индивидуальные средства защиты (ручки с виброизолирующим покрытием, резиновые перчатки и т.п.).

Снижение неблагоприятного воздействия инфразвука достигается комплексом инженерно-технических и медицинских мероприятий, основными из которых являются: устранение причин генерации инфразвука в источнике образования (повышение жесткости конструкций больших размеров), устранение низкоча-

стотных вибраций, применение глушителей реактивного типа (резонансных и камерных), применение индивидуальных средств защиты (специальные противошумы) и проведение медицинской профилактики (предварительных и периодических медицинских осмотров).

Первостепенное значение в борьбе с инфразвуком имеют методы, снижающие его возникновение и ослабление в источнике, так как методы, использующие звукоизоляцию и звукопоглощение малоэффективны

## Тема 2.7: Ионизирующие излучения

### 1. Виды ионизирующих излучений. Их физическая природа и особенности распространения

Человек ежесекундно подвергается воздействию излучений. Излучение Солнца является одним из ключевых факторов возникновения и существования жизни на Земле. Однако некоторые виды излучения опасны для здоровья человека. Какие это излучения? Как от них можно защититься? Заряженные частицы, рентгеновское и излучение, распространяясь в веществе, взаимодействуют с его атомами. За счет своей энергии частицы излучения могут ионизировать атомы, выбивая из них электроны. Часто одна частица в состоянии ионизировать несколько атомов, поэтому процесс распространения такого излучения через вещество сопровождается его сильной ионизацией. Вследствие этого ионизирующим называют такой вид излучения, взаимодействие которого с веществом приводит к ионизации его атомов и молекул.

Основу биологического действия ионизирующего излучения на живые ткани составляют химические процессы, происходящие в их клетках при поглощении ими излучения. Ионизация атомов и молекул тканей вещества приводит к повреждению клеток и изменению структуры тканей. Часть атомов и молекул переходит в возбужденное состояние и, возвращаясь в невозбужденное состояние, отдает излишек энергии в виде электромагнитного излучения. Под воздействием этого излучения в тканях происходят биохимические реакции, обусловленные образованием новых молекул, чуждых нормальной клетке. В результате нарушается клеточное деление и образование новых клеток. В свою очередь это приводит к хромосомным перестройкам и возникновению мутаций, приводящих к изменениям в генах клетки.

Заряженные частицы, рентгеновское и  $\gamma^-$  излучение, распространяясь в веществе, взаимодействуют с его атомами. За счет своей энергии частицы излучения могут ионизировать атомы, выбивая из них электроны. Часто одна частица в состоянии ионизировать несколько атомов, поэтому процесс распространения такого излучения через вещество сопровождается его сильной ионизацией. Вследствие этого **ионизирующим** называют такой вид излучения, взаимодействие которого с веществом приводит к ионизации его атомов и молекул (рис. 2).



Рисунок 2 – Виды излучений

Основу биологического действия ионизирующего излучения на живые ткани составляют химические процессы, происходящие в их клетках при поглощении ими излучения. Ионизация атомов и молекул тканей вещества приводит к повреждению клеток и изменению структуры тканей. Часть атомов и молекул переходит в возбужденное состояние и, возвращаясь в невозбужденное состояние, отдает излишек энергии в виде электромагнитного излучения. Под воздействием этого излучения в тканях происходят биохимические реакции, обусловленные образованием новых молекул, чуждых нормальной клетке. В результате нарушается клеточное деление и образование новых клеток. В свою очередь это приводит к хромосомным перестройкам и возникновению мутаций, приводящих к изменениям в генах клетки. Таким образом, биологическое действие ионизирующего излучения сказывается не только на данном организме, но и на последующих поколениях.

Повреждения живого организма, вызванные действием ионизирующего излучения, называется *лучевой болезнью*. Опасность этой болезни усугубляется наличием скрытого периода, т.е. ее симптомы проявляются только через некоторый промежуток времени. Симптомами лучевой болезни являются тошнота, рвота, общая слабость, повышенная температура, выпадение волос, кровоизлияние.

Различные виды ионизирующего излучения обладают различной проникающей способностью (см. рис. 2). Биологическое действие различных видов излучения на живые организмы неодинаково. Например, α-частицы не способны проникнуть через наружный слой кожи. Поэтому они не представляют опасности до тех пор, пока радиоактивные вещества, испускающие α- частицы, не попадут внутрь организма с пищей, вдыхаемым воздухом, на слизистую оболочку или через открытую рану. β - излучение обладает большей проникающей способностью: оно проникает в ткани организма на 1-2 см. Проникающая способность γ-излучения настолько велика, что поглотить его может только достаточно толстая свинцовая или бетонная плита. Чем больше энергии передает излучение тканям живого организма, тем больше в них будет повреждений.

Основную часть облучения население земного шара получает от естественных источников ионизирующих излучений: космических лучей, радиоактивных изотопов, естественной радиоактивности горных пород и почвы, попадающих в пищу радиоактивных радиоизотопов. Человек подвергается облучению двумя способами. Радиоактивные вещества могут находиться вне организма и облучать его снаружи. В этом случае говорят о *внешнем облучении*. В тоже время они могут находиться в пище, воде, воздухе и попасть внутрь организма. Такой способ облучения называют *внутренним*.

## 2. Нормирование ионизирующих излучений

Основными источниками внутреннего фонового облучения человеческого организма являются:

1) естественный изотоп углерода  $^{14}_6\text{C}$ , содержащийся во всех тканях человеческого организма;

2) радон  $^{222}_{86}\text{Rn}$ , торий  $^{232}_{90}\text{Th}$  и их дочерние продукты распада, вдыхаемые с воздухом и откладывающиеся в дыхательных органах человека;

3) долгоживущий изотоп радия  $^{226}_{88}\text{Ra}$  и его короткоживущий изотоп  $^{224}_{88}\text{Ra}$ , отлагающиеся в костных тканях;

4) естественный радиоактивный изотоп калия  $^{40}_{19}\text{K}$ , содержащийся в мягких тканях (преимущественно в мышцах).

Кроме того, отдельные источники ионизирующего излучения избирательно концентрируются в отдельных органах: йод — в щитовидной железе; стронций — в костях, уран — в почках и подвергают их повышенному облучению.

Очень важно уметь определять результат действия ионизирующего излучения на вещество, мерой которого является *доза*. Этим занимается **дозиметрия**.

Количество энергии, переданной единице массы организма ионизирующим излучением, называется дозой (от греч.  $\delta\omicron\sigma\eta$  (доза) — доля, порция). Существуют различные виды доз в зависимости от вида излучения, вида органа или ткани, подвергшихся облучению.

**Поглощенная доза** — количество энергии  $W$ , переданное веществу ионизирующим излучением любого вида в пересчете на единицу массы тела любого вещества.

Доза в органе или биологической ткани — средняя поглощенная доза  $D$  в определенном органе или ткани человеческого тела:

$$D = \frac{W}{m},$$

где  $W$  — полная энергия, переданная ионизирующим излучением ткани или органу;  $m$  — масса органа или ткани.

В СИ единицей поглощенной дозы является **Грей (Гр)**.



$$1 \text{ Гр} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Поглощенная доза излучения равна 1 Гр, если в 1 кг вещества поглощено ионизирующее излучение, энергия которого равна 1 Дж.

Поглощенная доза расходуется на нагревание вещества и на физические и химические превращения в нем. Величина дозы зависит от вида излучения, энергии его частиц, плотности их потока и от состава облучаемого вещества.

При одинаковой поглощенной дозе  $\alpha$ -излучение гораздо опаснее  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучений. Для учета этого фактора, дозу излучения следует умножить на коэффициент  $w_R$ , учитывающий способность излучения данного вида повреждать ткани организма. Он называется *коэффициентом качества излучения (взвешивающий коэффициент)*.

Коэффициент качества излучения показывает во сколько раз радиационная опасность от воздействия на живой организм данного вида излучения больше, чем от воздействия  $\gamma$  излучения (при одинаковых поглощенных дозах).

Пересчитанную таким образом дозу называют *эквивалентной дозой*. **Эквивалентная доза  $H$** — это поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий коэффициент качества излучения:

$$H = w_R D$$

В СИ единицей эквивалентной дозы является **зиверт (Зв)**.

1 Зв равен эквивалентной дозе, при которой поглощенная доза равна 1 Гр и взвешивающий коэффициент равен единице.

Необходимо учитывать также, что одни части тела более чувствительны к облучению, чем другие. Поэтому дозы облучения органов и тканей организма необходимо учитывать с разными взвешивающими коэффициентами  $w_T$ . При умножении эквивалентной дозы на соответствующие коэффициенты и суммировании по всем органам и тканям получают **эффективную дозу**, отражающую суммарный эффект облучения для организма.

Облучению от естественных источников подвергается любой житель Земли. Естественный фон составляет около 1,3 мЗв в год на человека. Однако одни из них получают большую дозу, а другие — меньшую. Это зависит от места проживания, образа жизни. Использование газа для приготовления пищи, герметизация помещений, полеты на самолетах, применение некоторых строительных материалов — все это увеличивает уровень облучения за счет естественных источников. В среднем земные источники ионизирующего излучения обеспечивают более 5/6 годовой эффективной дозы, получаемой населением, в основном за счет внутреннего облучения. Остальную часть естественного облучения вносят космические лучи путем внешнего облучения.

При перелете Нью-Йорк — Париж пассажир реактивного самолета получает дозу около 50 мкЗв. Всего за счет использования воздушного транспорта челове-

чество получает в год коллективную эффективную эквивалентную дозу около 2000 чел.×Зв.

Радиационный фон, создаваемый космическими лучами, дает меньше половины внешнего облучения, получаемого населением от естественных источников радиации. Люди, живущие на уровне моря, получают в среднем из-за космического излучения эффективную дозу около 300 мкЗв в год. Для людей, живущих выше 2 км над уровнем моря, эта величина в несколько раз больше. При подъеме с высоты 4 км до высоты 12 км уровень облучения за счет космических лучей возрастает примерно в 25 раз.

В среднем примерно 2/3 эффективной дозы облучения, которую человек получает от естественных источников излучения, поступают от радиоактивных веществ, попавших в организм с водой, пищей и воздухом.

### 3.Защита от ионизирующего излучения

Для защиты от ионизирующего излучения, по возможности, нужно использовать следующие способы:

- 1) удаление на большое расстояние от источника;
- 2) ограничение времени пребывания на загрязненной местности;
- 3) применение защитных веществ (свинец, бор, кадмий), эффективно поглощающих ионизирующее излучение;
- 4) применение веществ, ослабляющих воздействие ионизирующих излучений на организм;
- 5) дозиметрический контроль окружающей среды и продуктов питания.

Широкое применение находят ионизирующие излучения в науке и технике. В результате взаимодействия частиц высоких энергий с исследуемым веществом образуются радиоактивные нуклиды. При переходе их в стабильное состояние испускается  $\gamma$ -излучение. По виду  $\gamma$ -спектров и интенсивности спектральных линий определяют химический состав вещества и концентрации содержащихся в нем элементов. Для этого метода характерны универсальность методики, быстрота измерения и очень высокая относительная чувствительность. Она достигает величины порядка  $10^{-7}$ .

Радиоаквационный анализ широко применяется в геологоразведке, особенно при исследовании руд, содержащих редкие и драгоценные металлы. В технике благодаря высокой чувствительности им исследуют скорость износа металлических деталей, например, исследование износа железнодорожных рельсов.

Радионуклиды (изотопы йода, технеция, ксенона, таллия) широко используются в медицинской диагностике.

Применение ионизирующих излучений в медицине, биологии, сельском хозяйстве основано на том, что при взаимодействии ионизирующего излучения с живой материей нарушаются межмолекулярные связи. В результате живая клетка либо разрушается, либо теряет способность к воспроизводству. Именно на этом основаны лучевая терапия, стерилизация, обеззараживание отходов.



Рисунок 3- Счётчик Гейгера для смартфона

**Лучевая терапия** — один из основных методов борьбы с раковыми заболеваниями. Ее цель заключается в подавлении жизнедеятельности больных клеток с помощью излучений. Основной прогресс в этой области связан с переходом к источникам все более высокой энергии (30 МэВ и более).

Радиационная обработка пищевых продуктов обычно преследует одну из двух целей: стерилизацию (или пастеризацию) пищи, позволяющую долго хранить ее в герметичной упаковке, или задержку процессов естественного развития. Например, замедление прорастания картофеля.

При облучении зерна погибают вредные насекомые и их личинки.

В качестве приборов для измерения дозы или ее мощности используются дозиметры. Ими служат приборы, способные регистрировать ионизирующие излучения. Шкалы приборов специально проградуированы в единицах дозы либо в единицах мощности дозы.

Прототип первого прибора для обнаружения субатомных частиц был сконструирован немецким физиком Гансом Гейгером (1882—1945). В 1928 г. совместно с немецким физиком С. Мюллером прибор был усовершенствован и получил название счетчика Гейгера-Мюллера (рис. 3).

**Внимание!** Знак, предупреждающий о радиационной опасности изображен на рисунке 4



Рисунок 4- Знак, предупреждающий о радиационной опасности

Беккерель первым столкнулся с «результатами» воздействия радиоактивного излучения на ткани живого организма. Он положил пробирку с радием в карман и получил серьезный ожог кожи.

Ионизирующее излучение используется в медицине, как для лечения, так и в диагностических целях. Одним из самых распространенных медицинских приборов является рентгеновский аппарат. Самым значительным достижением рентгенодиагностики стала компьютерная томография. Ее применение позволило уменьшить дозы облучения в десятки раз.

Если доза облучения достаточно велика, облученный человек погибнет. Доза облучения порядка 100 Гр вызывает настолько серьезные поражения центральной нервной системы, что смерть наступает в течение нескольких часов или дней. Доза облучения от 10 до 50 Гр приводит к кровоизлияниям в желудочно-кишечном тракте и человек умрет через одну — две недели. При меньших дозах, например 3-5 Гр, при облучении всего тела умрет примерно половина всех облученных из-за разрушения клеток красного костного мозга — главного компонента кровеносной системы организма.

Наиболее чувствительными к поражению ионизирующим излучением являются кроветворные органы, а наиболее опасными являются дозы, полученные в течение очень малого промежутка времени. Красный костный мозг и другие элементы кроветворной системы теряют способность нормально функционировать при дозах 0,5 - 1 Гр.

По правилам МАГАТЭ (Международное Агентство по Атомной Энергии), предельная доза облучения составляет 5 мЗв в год для населения и 0,05 Зв в год для людей вредных профессий (не считая фонового излучения).

В Республике Беларусь с 28 декабря 2012 г. введены следующие Нормы радиационной безопасности. Основным пределом доз для населения является эффективная доза, равная 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год или эффективная доза за период жизни (70 лет) — 70 мЗв. Эквивалентные дозы за год: в хрусталике глаза — 15 мЗв; в коже, кистях и стопах — 50 мЗв .

## 2.Количество энергии, переданной единице массы организма

Радиационный фон, создаваемый космическими лучами, дает меньше половины внешнего облучения, получаемого населением от естественных источников радиации. При подъеме с высоты 4 км до высоты 12 км уровень облучения за счет космических лучей возрастает примерно в 25 раз.

В среднем примерно 2/3 эффективной дозы облучения, которую человек получает от естественных источников излучения, поступают от радиоактивных веществ, попавших в организм с водой, пищей и воздухом

В результате взаимодействия частиц высоких энергий с исследуемым веществом образуются радиоактивные нуклиды. При переходе их в стабильное состояние испускается  $\gamma$ - излучение. По виду  $\gamma$ -спектров и интенсивности спектральных линий определяют химический состав вещества и концентрации содержащихся в нем элементов. Для этого метода характерны универсальность методики, быстрота измерения и очень высокая относительная чувствительность. Она достигает величины порядка  $10^{-7}$ .

Радиоактивационный анализ широко применяется в геологоразведке, особенно при исследовании руд, содержащих редкие и драгоценные металлы. В технике благодаря высокой чувствительности им исследуют скорость износа металлических деталей, например, исследование износа железнодорожных рельсов.

Радионуклиды (изотопы йода, технеция, ксенона, таллия) широко используются в медицинской диагностике.

Применение ионизирующих излучений в медицине, биологии, сельском хозяйстве основано на том, что при взаимодействии ионизирующего излучения с живой материей нарушаются межмолекулярные связи. В результате живая клетка либо разрушается, либо теряет способность к воспроизводству. Именно на этом основаны лучевая терапия, стерилизация, обеззараживание отходов.

## Тема 2.8: Защита от электромагнитных полей

### 1. Оценка опасности и вредности электромагнитного облучения

Гигиеническая оценка электромагнитного поля заключается в измерении или расчете ожидаемых уровней нормируемых энергетических характеристик поля: напряженностей электрической  $E$ , В/м, и магнитной  $H$ , А/м, составляющих в диапазонах высоких (30 кГц - 30 МГц) и ультравысоких (30 - 300 МГц) частот и плотности потока энергии (ППЭ), Вт/м<sup>2</sup> (мкВт/см<sup>2</sup>), в диапазоне сверхвысоких частот (300 МГц - 300 ГГц) и сравнении их фактических значений на рабочих местах или на территории жилой застройки с предельно допустимыми - ЕПД, НПД, ППЭПД в зависимости от продолжительности воздействия.

Достоверная оценка опасности и вредности электромагнитного поля на производстве или в жилой зоне позволяет определить необходимость проведения профилактических мероприятий против их вредного воздействия на организм людей и применения способов и средств защиты. Рассчитанные значения нормируемых энергетических характеристик поля допускается использовать для гигиенической оценки его на планируемых производствах или объектах с источниками электромагнитных излучений, то есть для прогнозирования электромагнитной обстановки в том или ином производственном помещении или на территории жилых застроек. Расчетные формулы для определения  $E$ ,  $H$  и ППЭ представлены в табл. 1.

В диапазоне частот 300 Гц - 30 кГц устанавливаются фиксированные значения предельно допустимых уровней, равные их электрической составляющей 1000 В/м (для условий шахт- 500 В/м), по магнитной составляющей - 25 А/м.

Для персонала предельно допустимое значение  $E$  и  $H$  в диапазоне частот 30 кГц - 300 МГц на рабочем месте следует определять исходя из допустимой энергетической нагрузки и времени воздействия по формулам:

$$E_{ПД} = \sqrt{\frac{\Delta H_{E_{ПД}}}{T}}, \quad H_{ПД} = \sqrt{\frac{\Delta H_{H_{ПД}}}{T}},$$

где  $T$  – время воздействия, ч;

$\text{ЭН}_{E_{\text{ПД}}}$ ,  $\text{ЭН}_{H_{\text{ПД}}}$  – предельно допустимое значение энергетической нагрузки в течение рабочего дня, соответственно в  $(\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$  и  $(\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$  (табл. 2).

Таблица 1

Расчетные формулы		
Частота ЭМП	Формулы для расчета нормируемых параметров	Обозначения
от 30 кГц до 300 МГц	$E = \frac{I \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \omega \cdot r^3}, \text{В/м}$	$I$ , – ток в проводнике (антенне); А $L$ , – длина проводника (антенны); м
	$H = \frac{I \cdot L}{4 \cdot \pi \cdot r^2}, \text{А/м}$	$\varepsilon$ – диэлектрическая проницаемость среды; Ф/м $\omega$ – круговая частота поля, рад/с
От 300 МГц до 300 ГГц	$\text{ППЭ} \approx \frac{P_{\text{изл}}}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \cdot \Phi_3, \text{Вт/м}$ $\text{ППЭ} \approx \frac{P_{\text{изл}} \cdot g}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \cdot \Phi_3, \text{Вт/м}$	$P_{\text{изл}}$ – излучаемая мощность, Вт $r$ – расстояние до излучателя, м $g$ – коэффициент усиления антенны $\Phi_3$ – фактор земли, зависящий от типа передатчика и характеристики трассы

Таблица 2

Предельно допустимые значения энергетической нагрузки

Параметр	Предельные значения в диапазоне частот, МГц		
	от 0,03 до 3,0	свыше 3 до 30	свыше 30 до 300
$\text{ЭН}_{E_{\text{ПД}}}, (\text{В/м})^2 \cdot \text{ч}$	20000	7000	800
$\text{ЭН}_{H_{\text{ПД}}}, (\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$	200	–	–

Для диапазона 30 кГц – 300 ГГц при воздействии на персонал ЭМП от нескольких источников, работающих в частотных диапазонах, для которых установлены единые предельно допустимые уровни, следует определять суммарную энергетическую нагрузку при равных ПДУ по формуле:

$$\begin{aligned} \text{ЭН}_{E_1} + \text{ЭН}_{E_2} + \dots + \text{ЭН}_{E_n} &\leq \text{ЭН}_{E_{\text{ПД}}}, \\ \text{ЭН}_{H_1} + \text{ЭН}_{H_2} + \dots + \text{ЭН}_{H_n} &\leq \text{ЭН}_{H_{\text{ПД}}}, \\ \text{ЭН}_{\text{ППЭ}_1} + \text{ЭН}_{\text{ППЭ}_2} + \dots + \text{ЭН}_{\text{ППЭ}_n} &\leq \text{ЭН}_{\text{ППЭ}_{\text{ПД}}}. \end{aligned}$$

При наличии источников, работающих в частотных диапазонах, для которых установлены разные значения ПДУ, безопасность воздействия ЭМП оценивается суммой отношений энергетических нагрузок, создаваемых каждым источником и соответствующим предельно допустимым значениям параметра:

$$\frac{\text{ЭН}_{E_1}}{\text{ЭН}_{E_{\text{ПД}1}}} + \frac{\text{ЭН}_{E_2}}{\text{ЭН}_{E_{\text{ПД}2}}} + \dots + \frac{\text{ЭН}_{E_n}}{\text{ЭН}_{E_{\text{ПД}n}}} \leq 1.$$

При воздействии на персонал ЭМП с различными нормируемыми параметрами безопасность воздействия оценивается по критерию:

$$\frac{\text{ЭН}_{\text{ППЭ}}}{\text{ЭН}_{\text{ППЭ}_{\text{пд}}}} + \frac{\text{ЭН}_{\text{Е}}}{\text{ЭН}_{\text{Е}_{\text{пд}}}} \leq 1, \quad \frac{\text{ЭН}_{\text{ППЭ}}}{\text{ЭН}_{\text{ППЭ}_{\text{пд}}}} + \frac{\text{ЭН}_{\text{Н}}}{\text{ЭН}_{\text{Н}_{\text{пд}}}} \leq 1.$$

Одновременное воздействие электрического и магнитного полей в диапазоне от 0,03 до 3,0 МГц следует считать допустимыми при условии:

$$\frac{\text{ЭН}_{\text{Е}}}{\text{ЭН}_{\text{Е}_{\text{пд}}}} + \frac{\text{ЭН}_{\text{Н}}}{\text{ЭН}_{\text{Н}_{\text{пд}}}} \leq 1.$$

Предельно допустимые значения ППЭ в диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц следует определять исходя из допустимой энергетической нагрузки (ЭН ППЭ<sub>пд</sub>), равной 2 Вт·ч/м<sup>2</sup> или 200 мкВт·ч/см<sup>2</sup>, и времени воздействия (Т, ч) по формуле:

$$\text{ППЭ}_{\text{пд}} = K \frac{\text{ЭН}_{\text{ППЭ}_{\text{пд}}}}{T},$$

где К - коэффициент ослабления биологической активности, равный 1 (единице) для всех случаев воздействия, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антенн, и 10 (десяти) - для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн с частотой вращения или сканирования не более 1 Гц и скважностью не менее 50.

Для жилой территории предельно допустимые уровни (ПДУ) распространяются на диапазон частот 30 кГц - 300 ГГц. ПДУ ЭМП для населения при круглосуточном непрерывном излучении в диапазоне частот 30 кГц - 30 ГГц указаны в табл. 3.

Таблица 3

ПДУ ЭМП для населения

№ диапазона	Частоты	Длина волны	ПДУ
5	30 - 300 кГц	10 - 1 км	25 В/м
6	0,3 - 3 МГц	1 - 0,1 км	15 В/м
7	3 - 30 МГц	100 - 10 м	10 В/м
8	30 - 300 МГц	10 - 1 м	3 В/м
9	300 - 3000 МГц	1 - 0,1 м	10 мкВт/см <sup>2</sup>
10	3 - 30 ГГц	10 - 1 см	10 мкВт/см <sup>2</sup>

## 2. Способы и средства защиты от электромагнитных полей

При выборе защиты персонала или населения от электромагнитных излучений необходимо учитывать особенности производства, условия эксплуатации оборудования, рабочий диапазон частот, характер выполняемых работ, интенсивность поля, продолжительность облучения и др. Для снижения интенсивности поля в рабочей или жилой зоне рекомендуется применять различные инженерно-

технические способы и средства, а также организационные и лечебно-профилактические мероприятия. В качестве инженерно-технических методов и средств применяются: экранирование излучателей, помещений или рабочих мест; уменьшение напряженности и плотности потока энергии в рабочей или жилой зоне за счет уменьшения мощности источника (если позволяют технические условия) и использование ослабителей (аттенюаторов) мощности и согласованных нагрузок (например, эквивалентов антенн); применение средств индивидуальной защиты.

При экранировании используются такие явления как поглощение электромагнитной энергии материалом экрана и её отражение от поверхности экрана. Поглощение ЭМП обуславливается тепловыми потерями в толще материал за счет индукционных токов и зависит от электромагнитных свойств материала экрана (электрической проводимости, магнитной проницаемости и др.). Отражение обуславливается несоответствием электромагнитных свойств воздуха (или другой среды, в которой распространяется электромагнитная энергия) и материала экрана (главным образом, волновых сопротивлений). Для изготовления экранов применяют либо тонкие металлические (сталь, алюминий, медь, сплавы) листы, либо металлические сетки, т.к. металлы, являясь хорошими проводниками, реализуют оба явления, используемые при экранировании. Толщина экрана ( $d$ ) из металлического листа выбирается исходя из соображений механической прочности, но не менее 0,5 мм, и должна быть больше глубины проникновения ЭМ волны в толщу экрана.

Для защиты от ЭМП при работе в антенном поле, проведении испытательных и регулировочных работ на объектах, устранении аварийных ситуаций и ремонте рекомендуется использование индивидуальных средств защиты. Для защиты всего тела применяются комбинезоны, халаты и капюшоны. Их изготавливают из трёх слоев ткани. Внутренний и наружный слои делают из хлопчатобумажной ткани (диагональ, ситец), а средний, защитный слой - из радиотехнической ткани, имеющей проводящую сетку. Для защиты глаз используются специальные радиозащитные очки из стекла, покрытого полупроводниковым оловом. Эффективность таких очков составляет 20- 22 дБ. Организационные мероприятия включают в себя: требования к персоналу (возраст, медицинское освидетельствование, обучение, инструктаж и т.п.), выбор рационального взаимного размещения в рабочем помещении оборудования, излучающего ЭМ энергию, и рабочих мест; установление рациональных режимов работы оборудования и обслуживающего персонала; ограничение работы оборудования во времени (например, за счёт сокращения времени на проведение наладочных и ремонтных работ); защита расстоянием (удаление рабочего места от источника ЭМП, когда имеется возможность использовать дистанционное управление оборудованием); применение средств предупреждающей сигнализации (световой, звуковой и т.п.) и др.

Лечебно-профилактические мероприятия направлены на предупреждение заболевания, которое может быть вызвано воздействием ЭМП, а также на своевременное лечение работающих при обнаружении заболевания. Для предупреждения профессиональных заболеваний у лиц, работающих в условиях ЭМП применяются такие меры как предварительный (для поступающих на работу) и периодический (не реже одного раза в год) медицинский контроль за состоянием



здоровья, а также ряд мер, способствующих повышению устойчивости организма человека к действию ЭМП. Медицинский контроль позволяет выявить людей с такими патологическими изменениями в организме, при которых работа в условиях облучения ЭМП противопоказана, и определить необходимость проведения лечения. К мероприятиям, способствующим повышению резистентности организма к ЭМП, могут быть отнесены регулярные физические упражнения, рационализация времени труда и отдыха, а также использование некоторых лекарственных препаратов и общеукрепляющих витаминных комплексов.

Для локализации ЭМП внутренних источников применяются электрогерметичные помещения, аппаратные и кабины, представляющие собой замкнутые электромагнитные экраны. В таких помещениях экранируются стены, потолок, пол, оконные и дверные проемы и вентиляционные системы. Такие помещения и кабины могут использоваться и для защиты от внешних полей. Монтаж экранов в больших помещениях производится прикреплением металлических листов (стальных, дюралюминиевых и т. д.) непосредственно к поверхности помещения. Размеры листов обшивки и их толщина определяются сортаментом проката. Для достижения электромагнитной герметичности рекомендуется листы соединять внахлест, встык.

## 2.9 Защита от электростатических полей

### 1. Условия возникновения и накопления электростатических зарядов

Статическая электризация веществ имеет сложную природу. Существует электризация, электрохимический механизм, асимметричное заряджение в результате индукции в сильном электростатическом поле и др. Образование электростатических зарядов при контактной электризации происходит при разделении контактирующих поверхностей (разрыве контакта). Величина образовавшегося заряда определяется зарядами двойного слоя, электрическим сопротивлением материала и скоростью отрыва поверхностей. В обычных условиях при контакте двух материалов на их поверхностях вследствие действия внутриатомных электрических сил образуется двойной электрический слой. На поверхностях одного материала в месте контакта преобладают отрицательные заряды, на поверхности другого – положительные. При сохранении контакта суммарный заряд контактирующих материалов равен нулю. Образовавшиеся заряды при контактной электризации могут оставаться на поверхностях после их разделения, если время разрушения контакта окажется меньше времени релаксации зарядов (рис. 5).

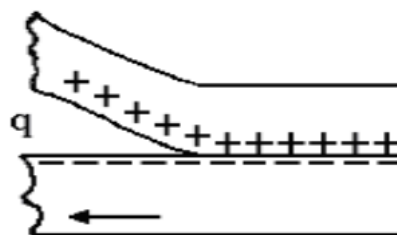


Рисунок 5 - Образование электростатических зарядов в результате контактной электризации

Последнее в значительной степени определяет величину зарядов на разделительных поверхностях, то есть чем выше скорость отрыва (чем интенсивнее ведется процесс), тем больший заряд остается на поверхностях.

Толщина двойного электрического слоя, то есть пространственного разделения электрических зарядов на границах соприкосновения двух фаз (поверхностей) соответствует диаметру иона, равного  $10^{-10}$  м. При контактной электризации положительные заряды возникают на материале, имеющем большее значение и электрической постоянной.

Возникновение электрического заряда на материале сопровождается появлением электрического поля, каждая точка которого характеризуется потенциалом. Величина заряда прямо пропорциональна электрической емкости заряженных материалов и потенциалу поля.

Если при контактной электризации соприкасающиеся поверхности электропроводны, то возникающие заряды практически мгновенно релаксируют (рассеиваются), и электрические заряды на этих поверхностях не накапливаются.

Наиболее сильно электризуются материалы, имеющие удельное электрическое сопротивление  $10^8$  Ом·см и более (диэлектрики). Материалы, имеющие удельное сопротивление не более  $10^5$  Ом·см, являются электропроводниками статического электричества, в силу чего на них заряды не накапливаются.

Заряды статического электричества в производственных условиях могут накапливаться на теле работающих и их одежде при выполнении ручных операций при промывке, чистке, протирке, проклеивании с применением этилового эфира, бензина, ацетона, непроводящих резиновых клеев, изготовлении упаковочной тары (пакетов, мешков) из синтетических пленок, на аппаратах, трубопроводах, воздухопроводах при движении по ним порошков, пылегазовоздушных смесей, сжатых и сжиженных газов, а также при работе ременных передач и резиновых транспортеров, при окрасочных работах с применением пульверизаторов и др.

Увеличение электростатического заряда и разности потенциалов на разделенных поверхностях может привести к электрическому пробое разделяющей среды. Возникновение искрового разряда и высоких потенциалов представляет собою наиболее опасное проявление статического электричества.

Разряд статического электричества возникает тогда, когда напряженность электрического поля над поверхностью диэлектрика или проводника, обусловленная накоплением на них зарядов, достигает пробивной величины.

При достижении энергией искрового разряда величины энергии воспламенения пылегазовоздушных и других взрыво- и пожароопасных смесей возникает опасность взрыва и пожара. Электростатическая искробезопасность объекта достигается при выполнении следующего условия безопасности.

Заряды статического электричества и высокие потенциалы часто ведут к отказам отдельных элементов аппаратуры (полупроводниковых приборов, микросхем), являются причиной ухудшения условий труда, вызывая у работающих при разрядах неприятные болезненные ощущения.

Степень опасности статического электричества определяется электростатическими свойствами веществ и материалов, используемых на производстве, нали-

чем в рабочей зоне взрывоопасных концентраций воздушных смесей газов, паров и пыли, а также чувствительностью изделий к электростатическим разрядам.

## 2. Способы и средства защиты

К общим способам по снижению возможности образования и накопления зарядов статического электричества на рабочих поверхностях, изделиях, одежде и теле работающих относятся:

- заземление электропроводных (в том числе и неметаллических) элементов оборудования и инструментов;
- общее и местное увлажнение воздуха и его ионизация;
- увеличение поверхностной и объемной проводимости обрабатываемых материалов;
- подбор контактирующих материалов, при которых уровень электризации минимален;
- ограничение скорости переработки и транспортирования электризующихся материалов (уменьшение скорости перемешивания и переливания жидкостей, возможности вскубливания, разбрызгивания и т.п.).

На производстве заземлению подлежат все металлические части оборудования, инструмента, корпуса измерительной аппаратуры, конструктивные элементы рабочего места и т.п.

Неметаллическое оборудование может считаться электростатически заземленным, если сопротивление растеканию тока в земле с любых точек его внешней и внутренней поверхностей не превышает  $10^7$  Ом (при относительной влажности воздуха не выше 60%). Например, покрытие пола считается электропроводным для статического электричества, если электрическое сопротивление между металлической пластиной площадью  $50 \text{ см}^2$ , уложенной на пол и прижатой с силой в  $25 \text{ кг}\cdot\text{см}$ , и заземлением не превышает  $10^7$  Ом (бетон, керамическая плитка, ксилолит, антистатический линолеум и др.).

Заземление работающих обеспечивается применением антистатических заземляющих браслетов, антистатической одежды и обуви.

Заземляющий браслет соединяется с заземлением (или с заземленной нейтралью трехфазной сети) через резистор сопротивлением не менее в один мегом (для обеспечения электробезопасности) гибким многожильным проводом (сечением не менее  $1 \text{ мм}^2$ ). Общее сопротивление цепи «тело человека - земля» не должно превышать  $10^7$  Ом.

Для снижения поверхностного сопротивления покрытий рабочих поверхностей производственных участков, где позволяет технология, повышают относительную влажность до 65-75%, что достигается свободным испарением воды с больших площадей, ее распылением или выпуском пара из форсунок.

Для уменьшения плотности зарядов наэлектризованного материала применяются индукционные, высоковольтные и радиационные нейтрализаторы.

Для увеличения поверхностной и объемной электропроводимости жидких и твердых материалов при их производстве вводятся различные присадки (добавки). Так, электропроводность жидкостей можно значительно увеличить, вводя в них

хромовые соли синтетических жирных кислот. Для достижения желаемого эффекта количество их в процентном отношении может не превышать 0,001-0,003%.

Лучшим наполнителем для твердых диэлектриков является ацетиленовая кислота, снижающая удельное сопротивление на несколько порядков. С этой целью могут применяться также алюминиевая, медная и цинковая пыли.

Снижение поверхностного сопротивления полимерных материалов достигается применением гигроскопических и поверхностно-активных веществ типа многоатомных спиртов (гликоль, глицерин) и низкомолекулярных полигликолевых эфиров.

Недостатком поверхностного нанесения антистатических веществ является недолговечность их действия, так как они неустойчивы к механическим воздействиям. Наиболее эффективным является внутреннее введение этих веществ в полимеры.

Снижение возможности образования опасной искры с поверхности наэлектризованного материала достигается в некоторых случаях увеличением электрической емкости заряженного материала по отношению к земле путем установки заземленной металлической пластины либо сетки непосредственно под заряженной поверхностью.

Для снижения напряженности электростатического поля в рабочей зоне применяют стационарные или переносные экраны из металлической сетки с ячейкой 4-8 см<sup>2</sup>.

Для устранения взрывоопасных концентраций мелкодисперсной пыли необходимо устройство эффективной вентиляции непосредственно с места контакта электризуемых материалов. При этом в системе вытяжной вентиляции должны устанавливаться индукционные нейтрализаторы.

## **3 КОНТРОЛЬНЫЙ БЛОК**

### **3.1 Форма контроля знаний.**

Проверка подготовленной мультимедийной презентации (с их устной защитой) производится с выставлением отметки по 10-балльной шкале. Результаты УСП учитываются при промежуточной аттестации обучающегося.