

Информация о семестре

Название предмета: Безопасность жизнедеятельности

Преподаватель: Трубицин Алексей Васильевич (лектор)

Лекция 1 (08.09.16)

1 Электробезопасность

Действие электрического тока на человека

1. **Термическое:** ожоги кожи и внутренних органов
2. **Электrolитическое:** разложение жидкостей организма (кровь, тканевая жидкость)
3. **Механическое**
 - (a) повреждения тканей, сухожилий из-за сокращения мышц
 - (b) испарение жидкостей
4. **Биологическое:** раздражение и возбуждение тканей организма

Электрические травмы

1. Местные (20% случаев):
 - (a) ожоги (в основном кожи из-за её высокого сопротивления)
 - i. контактные
 - ii. дуговые — воздействие электрической дуги
 - (b) механические травмы
 - (c) электрические знаки (метки) — небольшие пятна на коже в местах контакта
 - (d) металлизация кожи — проникновение расплавленных частиц металла в верхние слои кожи
 - (e) электроофтальмия — поражение глаз сильным ультрафиолетовым излучением электрической дуги

2. Общие (25% случаев): поражения важных органов (сердца, легких, ...)
 - (a) фибрилляция сердца — клиническая смерть (средняя длительность: до 5 минут)
 - (b) асфиксия (удушье, поражение легких)
3. Совместные (местные+общие)

Расчетное сопротивление человека $R_h = 1000 \text{ Ом}$

Первая доврачебная помощь при поражении электрическим током

1. Освободить человека от действия электрического тока
 - (a) отключить электропитание
 - (b) использовать изолирующие подручные средства
2. Оценить состояние человека: проверить наличие жизненных признаков
 - (a) При наличии жизненных признаков:
 - i. наблюдение
 - ii. покой
 - iii. вызов медицинской бригады
 - (b) При отсутствии жизненных признаков:
 - i. вызов медицинской бригады
 - ii. оказание первой помощи:
 - A. непрямой массаж сердца
 - B. искусственное дыхание

Токи поражения

Вид тока	$\sim 50 \text{ Гц}$	$=$
Ощутимый	0.6 — 1.5 мА	5 — 7 мА
Неотпускающий	15 — 25 мА	50 — 80 мА
Фибрилляционный	100 мА	300 мА

Наименьшие значения названных токов называются **пороговыми**.

Факторы (показатели), влияющие на тяжесть поражения электрическим током

1. Напряжение сети (380/220 В)
2. **Напряжение прикосновения** — падение напряжения на элементе
3. Сумма сопротивлений всех элементов цепи (в том числе сопротивление тела человека R_h)
4. **Сила тока** I_h
5. **Длительность воздействия** электрического тока
6. Род тока (постоянный/переменный)
7. Состояние человека (опьянение, усталость, болезненное состояние, повреждения кожи)
8. Окружающие условия (температура, влажность)
9. Путь тока через тело человека (рука-рука, рука-нога)

Государственный стандарт 12.1.000-88 «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.»

1. Устанавливает в качестве критериев электробезопасности:
 - (а) предельно допустимое напряжение прикосновения $v_{\text{пр. доп.}}$, В
 - (б) предельно допустимый нефибрилляционный ток $I_{h \text{ доп.}}$, мА
 - (с) предельно допустимое время воздействия $t_{\text{доп.}}$, с

$$2. \begin{array}{|c|c|} \hline t_{\text{доп.}} & \\ \hline v_{\text{пр. доп.}} & \\ \hline \end{array} v_{\text{пр. доп.}}(t) \approx \frac{50}{t}$$

$$3. \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline t_{\text{доп.}} & 0.1 & \dots & 1 \\ \hline I_{h \text{ доп.}} & 500 & & 50 \\ \hline \end{array} I_{h \text{ доп.}}(t) \approx \frac{50}{t}$$

Классификация помещений по электроопасности

1. Помещение с повышенной опасностью — все помещения, в которых присутствует один из следующих признаков:
 - (a) токопроводящие полы
 - (b) токопроводящая пыль
 - (c) температура 35° градусов и более
 - (d) влажность 75% и более
 - (e) наличие возможности одновременного прикосновения к металлическому нетоковедущему корпусу электроустановки и заземленной коммуникации (водопроводные трубы, отопительные батареи)
2. Помещение особо опасное
 - (a) химически активная среда в помещении
 - (b) влажность 100%
 - (c) наличие двух и более признаков помещения с повышенной опасностью
3. Помещение без повышенной опасности
 - (a) отсутствуют выше названные признаки

Способы и средства электрозащиты

Классификация средств по назначению

1. не допускающие прикосновение человека к токоведущим частям
2. обеспечивающие защиту при прикосновении человека к токоведущим частям
3. не допускающие попадание напряжения на металлические нетоковедущие части электроустановки
4. обеспечивающие защиту при попадании напряжения на металлические нетоковедущие части электроустановки

Средства электрозащиты

1. изоляция
2. средства индивидуальной защиты: коврики, перчатки, изолирующие средства, измерительные инструменты
3. автоматическое защитное отключение
4. защитное заземление
5. зануление
6. компенсация емкостных токов
7. электрическое разделение сетей
8. оградительные устройства и блокировки
9. плакаты: запрещающие, предупреждающие, разрешающие
10. применение малых напряжений

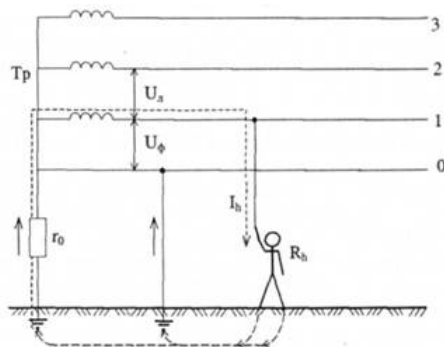
Лекция 2 (22.09.16)

1.1 Анализ опасности прикосновения человека к трехфазным сетям

1.1.1 Трехфазная электрическая сеть с изолированной нейтралью

— класс сетей, применяющийся для электроснабжения шахт, рудников, открытых горных разработок, передвижных электроустановок.





Однофазное прикосновение

Формулы

$$1. I_h = U_{\text{пр}} \cdot Y_h$$

(а) Y_h — проводимость человека

$$2. U_{\text{пр}} = U_\phi - U_{\text{оо'}}$$

(а) $U_{\text{оо'}}$ — напряжение смещения нейтрали

$$3. U_{\text{оо'}} = \frac{\sum U_i Y_i}{\sum Y_i} = \frac{U_A(Y_A + Y_h) + U_B Y_B + U_C Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_h}$$

$$4. a = e^{j\omega t} = e^{120j} \text{ — фазовый множитель}$$

5. **Важно:** $I_h = U_\phi Y_h \frac{Y_B(1-a^2) + Y_C(1-a)}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_h}$ — наиболее общее выражение тока через тело человека при однофазном прикосновении в трехфазной сети с изолированной нейтралью.

Частные случаи

1. $Y_A = Y_B = Y_C = Y$ — симметричная трехфазная сеть

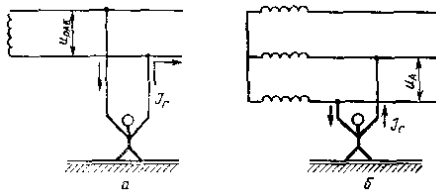
$$(а) \text{ **Важно:} I_h = U_\phi Y_h \frac{3Y}{3Y + Y_h}**$$

2. $\frac{1}{R_{\text{из}}} \gg \omega C_{\text{из}}; Y \approx \frac{1}{R_{\text{из}}}$ — короткие малоразветвленные сети

$$(а) \text{ **Важно:} I_h = \frac{3U_\phi}{3R_h + R_{\text{из}}}**$$

3. $\frac{1}{R_{\text{из}}} \ll \omega C_{\text{из}}; Y \approx j\omega C_{\text{из}}$ — протяженные сильно разветвленные сети с большой емкостью фазных проводов относительно земли

$$(а) \text{ **Важно:} I_h = \frac{3U_\phi}{\sqrt{9R_h^2 + (\frac{1}{\omega C_{\text{из}}})^2}}**$$

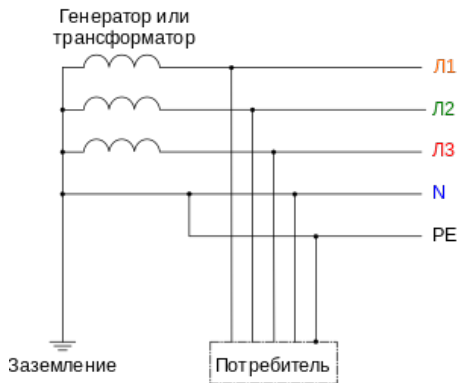


Двухфазное прикосновение

Важно: $I_h = \frac{\sqrt{3}U_\Phi}{R_h}$

1.1.2 Трехфазная сеть с глухозаземленной нейтралью

— класс сетей, применяющийся для электроснабжения промышленных предприятий, общественных и жилых зданий и сооружений.



1. $R_0 \leq 4 \text{ Ом}$ — сопротивление заземления
2. Однофазное прикосновение: **Важно:** $I_h = \frac{U_\Phi}{R_h}$
3. Двухфазное прикосновение: **Важно:** $I_h = \frac{\sqrt{3}U_\Phi}{R_h}$

Лекция 3 (6.10.16)

1.2 Организационные и технические методы обеспечения электробезопасности

1. Защита изоляцией (защита первого уровня)

- (а) **основная (рабочая)**: выдерживает испытательное напряжение (в 1.5 — 2 раза превышающее рабочее) и обеспечивает требуемый уровень электробезопасности (заданный в ТЗ). Может применяться только в единственном числе.
- (б) **дополнительная**: не может применяться в единственном числе, а только в сочетании с основной (рабочей). Также должна выдерживать испытательное напряжение и обеспечивать тот же уровень электробезопасности, что и основная (рабочая). Выполняется из диэлектриков и конструктивно отлична от основной (рабочей).
- (с) **двойная**: сочетание основной (рабочей) и дополнительной. Токоведущие части обмотки изолированы и корпуса выполнены из токоизолирующего материала. Применяется, в основном, при производстве ручного электроинструмента.
- (д) **усиленная**: основная (рабочая), которая обеспечивает уровень защиты тот же, что и двойная. Выполняется из диэлектриков повышенного качества и прочности.

2. **Нормирование изоляции** — установление численного значения (научно обоснованного и технически реализуемого) активного сопротивления изоляции токоведущих частей электроустановки относительно её корпуса или земли.

В настоящее время нормируется лишь значение сопротивления активной изоляции. В связи с трудностью измерения емкостного сопротивления изоляции, его нормирование еще не производится, хотя эта ёмкость, также как и активная, влияет на электробезопасность.

Правила устройства электроустановок (ПУЭ): $R_{из}^н = 0.5 \text{ МОм}$ (сопротивление изоляции нормативное).

$$I_h^{доп} = \frac{3U_{\Phi}}{3R_h + R_{из}}$$

$$R_{из}^{кр} = \frac{3U_{\Phi}}{I_h^{доп}} - 3R_h = 107 \text{ кОм}$$

$$\begin{cases} R_{из}^н > R_{из}^{кр} \cdot K_1 \\ R_{из}^{реал} \geq R_{из}^н \end{cases}$$

3. **Непрерывный контроль изоляции**: производится периодически путём снятия напряжения на «холодной» (обесточенной) электроустановке. Обязательно производится после ремонта или модернизации установки.

- (а) **Метод трёх вольтметров**: основан на предположении о том, что одновременное и равномерное снижение сопротивления изоляции во

всех трёх фазах маловероятно. Сопротивления изоляции всех трёх фаз исходно равны. При снижении сопротивления изоляции фазы А, напряжение фазы А уменьшится, а напряжения других фаз возрастут.

Достоинства:

- i. позволяет выявить фазу с ухудшенной изоляцией
- ii. контролирует полное сопротивление, т.е. определяет уровень электробезопасности

Недостатки:

- i. контролирует полное сопротивление, в то время как нормируется только активное
- ii. не позволяет измерить значение сопротивления

(b) Метод наложения постоянного оперативного тока

Достоинства:

- i. контролирует активное сопротивление изоляции, которое и нормируется

Недостатки:

- i. не позволяет выявить фазу с ухудшенной изоляцией
- ii. не контролирует полное сопротивление, т.е. не определяет уровень электробезопасности

4. **Защитное заземление** (защита второго уровня) — преднамеренное соединение металлических нетоковедущих частей электроустановки (корпусов и других элементов конструкции) посредством заземляющего проводника с заземлителем (металлической конструкцией, погруженной в землю). Снижает напряжение прикосновения и шунтирует сопротивление тела человека.

Растекание тока с полусферического заземлителя. $\vec{j} = \frac{I_3}{2\pi r^2} = \frac{\vec{E}}{\rho}$;
 ρ [Ом*м]

$$U_{аб} = \int_{r_a}^{r_b} E(r) dr = \int_{r_a}^{r_b} \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi r^2} dr = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi} \int_{r_a}^{r_b} \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b} \right)$$

$$U_3 = \lim_{r_a \rightarrow r_3, r_b \rightarrow \infty} U_{аб} = \frac{I_3 \rho}{2\pi r_3} - \text{потенциал на заземлителе}$$

$R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{\rho}{2\pi r_3}$ — сопротивление заземлителя — сопротивление, оказываемое почвой току, стекающему с заземлителя данной конструкции.

На практике зона растекания принимается за радиус 30-40м от заземлителя.

Шаговое напряжение: $U_{\text{ш}} = \frac{I_3 \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3 + r} - \frac{1}{r_3 + r + a} \right)$

5. **Зануление** — преднамеренное соединение металлических нетоковедущих частей электроустановки с нулевым проводом. Применяется в трёхфазных сетях с глухо заземлённой нейтралью напряжением до 1000В.

Обеспечивает защиту при пробое фазной изоляции и переходе фазного напряжения на металлические нетоковедущие части. Такой пробой очень легко распознать и разорвать цепь при помощи плавкого предохранителя, либо автомата.

Принцип действия зануления При пробое изоляции и переходе фазного напряжения на занулённые нетоковедущие части возникает режим короткого замыкания (КЗ) по контуру «Источник питания — Фазный провод — Место пробоя — Корпус установки — Нулевой провод — Источник питания».

Режим КЗ характеризуется большим током (десятки, сотни или тысячи ампер). Этот режим является аварийным, т.к. приводит к нагреванию проводов, которое может закончиться либо воспламенением изоляции, либо перегоранием проводников или источника. Во избежание этих нежелательных последствий, в контур замыкания в фазный провод включается защитное устройства (плавкая вставка, пробка, автомат максимальной токовой защиты), которые срабатывают за $t < t_{\text{без.}}$ и разрывают контур КЗ, отключая поврежденную электроустановку.

$$I_{\text{к.з.}} > K_1 \cdot I_{\text{защ}}^{\text{ном.}}, K_1 = 1.4 \dots 6$$

С целью повышения эффективности зануления нулевой провод повторно заземляют на воздушных линиях электропередач через каждые 250м и обязательно около мощных нагрузок. Спротивление повторного заземления также нормируется: $R_{\text{п.з.}}^{\text{ном.}} = 10, 30 \text{ Ом.}$

6. **Защитное отключение (ЗО)** — преднамеренное отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения электрическим током. Функции ЗО реализуются устройствами защитного отключения (УЗО).

В общем случае УЗО может содержать:

- (а) Датчик информационного сигнала
- (б) Прибор защитного отключения, выполняющий функции усиления сигнала, его преобразования
- (с) Аппарат защитного отключения, производящий размыкание силовой цепи

Основные характеристики УЗО:

- (a) Чувствительность
- (b) Помехоустойчивость
- (c) Рабочее напряжение
- (d) Число контактов (однофазное, трехфазное)
- (e) Рабочий ток (нагрузки), который пропускают силовые контакты
- (f) Циклоустойчивость — число циклов нормального срабатывания
- (g) ...

В зависимости от датчика информационного сигнала различают около 10 типов УЗО. В настоящее время наибольшее распространение получили УЗО, реагирующие на дифференциальный ток. Рассмотрим принцип действия этого УЗО на примере однофазного УЗО (рис. из ЛР 4).

Согласно ПУЭ (глава 7), установка УЗО является обязательной. УЗО ставится после вводного автомата.

7. Электрическое разделение сети

8. Компенсация емкостных токов через тело человека

Область применения: Трёхфазные сети с изолированной нейтралью, протяженные и разветвлённые, с большим значением ёмкости фазных проводов относительно земли.

Защитные функции: компенсация емкостных токов позволяет снизить ток через тело человека как при разрыве изоляции, так и при однофазном прикосновении.

Условие полной компенсации: $L_{др} = \frac{1}{3\omega^2 C_{из}}$.

9. Защита недоступной высотой и расстоянием

10. Защитные ограждения, кожухи, блокировки

11. Медицинский осмотр и профессиональный отбор электроперсонала

- (a) Инструктажи: вводный, первичный на рабочем месте, повторный, плановый
- (b) Обучение электроперсонала по специальным программам, аттестация по группам электробезопасности
 - i. работа без снятия напряжения

ii. работа на высоковольтных сетях

12. Средства индивидуальной защиты

Всякое диэлектрическое: перчатки,

13. Предупреждающие и запрещающие знаки, надписи, плакаты

Лекция 5 (20.10.16)

2 Защита от электромагнитных полей

Электромагнитные поля различают на

1. Естественные (естественный электромагнитный фон биосферы), образованное следующими источниками:
 - (a) Квазистатическое магнитное поле Земли
 - (b) Квазистатическое электрическое поле Земли
 - (c) Электро-магнитные волны, формируемые грозовыми разрядами
 - (d) Радиоизлучение Солнца
 - (e) Интегральное радиоизлучение из космоса
2. Искусственные (техногенного происхождения)

2.1 Воздействие электромагнитных полей на человека

1. Тепловая (энергетическая) теория
2. Информационная теория

2.2 Основные характеристики магнитного поля

1. Напряженность электрического поля $\overline{E}$ [В/м]
2. Напряженность магнитного поля $\overline{H}$ [А/м]
3. $\overline{\Pi} = \frac{1}{2}[\overline{E} \overline{H}]$ — характеристика направления распространения электромагнитной волны
4. $I = \text{ППМ}$ [Вт/м²]

5. Энергетическая нагрузка $\Theta = \text{ППМ} \cdot t_{\text{обл}}$
6. Мощность излучения $P_{\text{изл}}$ [Вт]
7. Коэффициент направленного действия антенны КНД (G)
8. $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{\text{отн}}$ — диэлектрическая проницаемость
9. $\mu = \mu_0 \cdot \mu_{\text{отн}}$ — магнитная проницаемость
10. σ [Сим*м] — удельное сопротивление
11. Коэффициент отражения электромагнитной волны на границе раздела двух сред, имеющих разное сопротивление $p = \frac{w_2 - w_1}{w_2 + w_1}$

2.3 Нормирование электромагнитных полей

Этапы нормирования:

1. Установление биологически значимого параметра
2. Установление предельно допустимых значений этого фактора

При нормировании ЭМП значимыми являются следующие параметры:

1. Плотность потока мощности (ППМ) [Вт/м²]
2. Энергетическая нагрузка
3. Время облучения

Нормы для различных частот:

- При $f < 300$ МГц нормируются отдельно напряженности электрического и магнитного полей по диапазонам частот.
- При $f > 300$ МГц нормируется энергетическая нагрузка $\Theta^{\text{доп}} = \text{ППМ}^{\text{доп}} \cdot f^{\text{доп}}$
$$f^{\text{доп}} = \begin{cases} 200 \text{ мкВт} \cdot \text{ч/м}^2 & \text{для неподвижных антенн} \\ 20000 \text{ мкВт} \cdot \text{ч/м}^2 & \text{для сканирующих антенн} \end{cases}$$

2.4 Принципы и методы защиты от электромагнитных полей

$$\Theta = \frac{P_{\text{изл}} \cdot G}{4\pi r^2 \cdot K} \cdot t_{\text{обл}}$$

1. Защита пониженной мощностью $P_{\text{изл.}}$ ↓
 - (a) Применение эквивалентов антенн (поглощающих нагрузок передатчиков) — устройства, поглощающие энергию передатчика без излучения.
 - (b) Замена мощного передатчика маломощным генератором с теми же характеристиками (кроме мощности). Этот метод применяют при настройке антенн и снятии диаграмм направленности. Характеристики антенны не зависят от мощности (линейное устройство).
 - (c) Применение помехоустойчивых видов модуляции и кодирование сигналов в передатчике, а также помехоустойчивых методов приёма и обработки сигналов в приёмнике, что позволяет обеспечить требуемую дальность радиосвязи и достоверность передачи информации при меньшей мощности передатчика.
2. Защита ориентацией главного лепестка диаграммы направленности
 - (a) Подъём антенн на антенных мачтах.
 - (b) Испытание мощных радиопередающих средств производится на радиополигонах — специально выделенных площадках, имеющих ограждение периметра с указанием разрешенного сектора излучения.
 - (c) Для лабораторий и помещений, в которых производится отработка и испытание радиосредств, как правило, должны выделяться угловые помещения в верхнем или цокольном этажах здания для снижения контингента лиц, работающих в соседних помещениях.
 - (d) В любом случае, главный лепесток диаграммы направленности антенны следует ориентировать в иную сторону относительно направления на рабочие места.
3. Защита расстоянием
 - (a) Сооружение периметра (ограждения), обеспечивающего $r > r_{\text{без.}}$
 - (b) Применение индивидуальных индикаторов интенсивности, подающих сигнал при приближении к границе опасной зоны.

4. Экранирование. Любой экран частично отражает падающую волну, частично поглощает её и частично пропускает сквозь себя. В зависимости от того, доля какой энергии преобладает, отражённой или поглощенной, экраны условно делятся на отражающие и поглощающие соответственно.

(а) Отражающие экраны

- i. разделяют пространство относительно источника излучения на предэкранное и заэкранное пространство.
- ii. способны существенно снизить интенсивность ЭМП в заэкранном пространстве, в то время как в предэкранном пространстве интенсивность поля может даже повыситься за счёт суперпозиции падающей и отражённой волн.
- iii. выполняются из материалов с высокой удельной проводимостью (медь, дюралюмин, различные марки стали)
- iv. с целью повышения экранирующих свойств экраны с активной стороны иногда покрывают слоем серебра
- v. конструктивно отражающие экраны выполняются сплошными или сетчатыми
 - А. сплошные экраны могут быть любой формы (плоские, прямоугольные, сферические, сложной формы)
 - В. при падении переменной электромагнитной волны на проводящий отражающий экран, в нём по закону электромагнитной индукции наводятся вихревые токи, которые в свою очередь возбуждают отражённую волну
 - С. толщина сплошного экрана для снижения мощности излучения в заданное число раз определяется формулой: $\delta = \frac{10 \lg \frac{I_{\text{пад}}}{I_{\text{скв}}}}{15.4 \sqrt{f \mu \sigma}}$
 - Д. в ряде случаев применение сплошных экранов невозможно, например, на оконных проёмах, в вентиляции и т.д., поэтому используют также сетчатые экраны
 - Е. экранирующие свойства экрана определяются шагом сетки: $a < \frac{\lambda}{4}$. Чем сильнее выполняется это условие, тем выше экранирующие свойства.

5. Средства индивидуальной защиты

- (а) Очки, покрытые прозрачным слоем двуокиси олова
- (б) Средства измерения электромагнитных полей для оценки условия пребывания персонала в опасных зонах
 - i. Сокращённый рабочий день

- ii. Увеличенный отпуск (на неделю)
- iii. Сокращённый стаж, необходимый для пенсионного обеспечения (на 5 лет)
- iv. Назначение бесплатного питания
- v. Надбавка к зарплате

3 Защита от ионизирующего излучения

К ионизирующим излучениям относятся

1. корпускулярное излучение: α -излучение, β -излучение, нейтронное излучение, осколки ядер
2. волновое излучение: рентгеновские лучи, γ -излучение

Энергия кванта: $E = h\nu$

Основные характеристики ионизирующего излучения:

1. Активность радиоактивного изотопа $c = C_0 e^{-\lambda t}$ [Бк][Ки]
 - (a) $1\text{Ки} = 3.7 \cdot 10^{10}\text{Бк}$
2. Период полураспада T
3. Доза D
 - (a) Поглощённая доза [Дж/кг][рад] — энергию любого вида ионизирующего излучения, поглощённого мишенью
 - (b) Экспозиционная доза [Кл/кг][рентген] — энергия, вызвавшая ионизацию
 - (c) Эквивалентная доза [бэр][Зв(Зиверт)] — характеризует степень воздействия ионизирующего излучения на живые организмы

3.1 Воздействие ионизирующего излучения на живые организмы

При облучении живых организмов ионизирующим излучением происходит ионизация атомов и молекул органической ткани, что приводит к образованию химически активных свободных радикалов, образующих новые химические связи, часто несвойственные организму, что приводит к нарушениям биохимических процессов и, в конечном счёте, к функциональным и физиологическим патологиям.

Лучевая болезнь (лимфопения, лейкопения).

1. до 25 бэр — последствия облучения практически не проявляются, а если проявляются, то весьма незначительно в виде недомогания.
2. 25-50 бэр — может диагностироваться лёгкая форма лучевой болезни в виде подкорных кровоизлияний, появлении тошноты и иногда рвоты. В дальнейшем симптомы бесследно проходят.
3. 50-100 бэр — средняя форма лучевой болезни: появления рвоты, подкожных кровоизлияний и летальных исход в 10% случаев.
4. 100-500 бэр — тяжёлая форма лучевой болезни: обширные подкожные излияния, появления рвоты в течение 2 часов после облучения.
5. более 700 бэр — неудержимая рвота, сплошные подкожные кровоизлияния, летальный исход в 100% случаев.

Ионизирующее излучение является самым мощным из известных мутагенных факторов.

3.2 Нормирование ионизирующего излучения

Основные документы: Нормы радиационной безопасности, Основные санитарные правила при работе с источниками ионизирующего излучения.

Согласно НРБ население делится на три категории:

1. А — профессионалы, которые постоянно связаны с контактом с источниками ионизирующего излучения (рудники, горно-обогатительные комбинаты, заводы ядерного топлива для электростанций, производство оружейного урана и плутония, перевозка топлива, его хранение и эксплуатация)
 - (а) Предельно допустимая доза (ПДД): 5 бэр в год
 - (б) Работники обязаны полностью менять одежду, принимать душ, иметь с собой индивидуальный дозиметр
2. Б — лица, проживающие на местности, на которой находятся предприятия категории А, или эпизодически посещающие предприятия категории А.
 - (а) $ПДД_B = 0.1 ПДД_A$
3. В — всё остальное население
 - (а) Генетически значимая доза (до сих пор не установлена)

3.3 Принципы и методы защиты

α -излучение

1. Особая защита не требуется (достаточно одежды)
2. Представляет опасность при внутреннем облучении: зараженная пища, вода

β -излучение

1. Длина свободного пробега: метры
2. Длина проема в органике: миллиметры
3. Представляет опасность даже при наружном облучении
4. Для защиты применяются двойные экраны: первый слой экрана из лёгких материалов (орг. стекло) защищает от β -излучения, а второй слой из тяжелых металлов (свинец) от рентгеновского и γ -излучения

Рентгеновское и γ -излучение

1. Свинцовые экраны, специальные виды бетона
2. $I_\gamma = I_0 e^{-\mu d} B(\mu d, Z, E_\gamma)$
3. $K_{\text{осл}} = \frac{D_{\text{погл. до экрана}}}{D_{\text{погл. после экрана}}}$
4. $D_{\text{погл}} = \frac{ctk_\gamma}{r^2}$

3.4 Утилизация радиоактивных отходов

Категории активности

1. Высокой активности, представляющие непосредственную угрозу
 - (а) Переводятся в твёрдое состояние с последующим захоронением в специальных контейнерах, исключающих случайный выход вещества наружу, которые должны захороняться в литосфере в районах малой тектонической активности.
2. Средней активности
 - (а) Переводятся в отходы высокой активности

3. Малой активности

- (а) Распыляются в биосфере, немного повышая радиоактивный фон