Энгельсский технологический институт

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств»

РАСЧЕТ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Методические указания
к практической работе
по курсу «Безопасность жизнедеятельности»
для студентов направлений

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
09.03.04 «Программная инженерия»
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
18.03.01 «Химическая технология»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»
29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности»

очной и заочной формы обучения

Электронное издание локального распространения

Энгельс 2025 г.

Цель работы: оценить радиационную обстановку согласно данным варианта на соответствие нормам радиационной безопасности и научиться определять методы защиты в зависимости от вида ионизирующего излучения.

Нормативная база

1. СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)»;
2. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009»

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

В основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 99/2010) Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10 нормах радиационной безопасности Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) установлены:

1. Три категории облучаемых лиц:

категория *А* – персонал (профессиональные работники);

категория *Б* – профессиональные работники, не связанные с использованием источников ионизирующих излучений, но рабочие места которых расположены в зонах воздействия радиоактивных излучений;

категория *В* – население области, края, республики, страны.

2. Три группы критических органов:

1-я группа – все тело, половые органы, костный мозг;

2-я группа – мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт (ЖКТ), легкие, хрусталик глаза и другие органы, за исключением тех, которые относятся к 1-й и 3-й группам

3-я группа – кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, стопы.

3. Основные дозовые пределы, допустимые для лиц категорий *А, Б* и *В*.

Основные дозовые пределы – предельно допустимые дозы (ПДД) облучения (для категории *А*) и пределы дозы (ПД) (для категории *Б*) за календарный год. ПДД и ПД измеряются в миллизивертах в год (*мЗв/год*). ПДД и ПД не включают в себя дозы естественного фона и дозы облучения, получаемые при медицинском обследовании и лечении (см. табл. 1.)

Таблица 1 – Основные дозовые пределы, мЗв/год

Категория облучаемых лиц	Группа критических органов		
	1-я	2-я	3-я
А	20	150	500
В	1	15	50

Примечание. Дозы облучения для персонала категории *Б* не должны превышать ¼ значений для персонала категории *А*.

ПДД – наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы облучения за календарный год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

ПД – основной дозовый предел, при котором равномерное облучение в течение 70 лет не вызовет изменений здоровья, обнаруживаемых современными методами.

1. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ.

При проведении радиационного контроля и оценке соответствия параметров радиационной обстановки нормативам должны соблюдаться следующие соотношения:

$$Н \leq ПДД, \qquad (1.)$$

где *H* – максимальная эквивалентная доза излучения на данный критический орган, *мЗв/год* :

$$H = D \cdot k, \qquad (2.)$$

где *D* – поглощенная доза излучения, *мЗв/год*; *k* – коэффициент качества излучения (безразмерный коэффициент, на который следует умножить поглощенную дозу рассматриваемого излучения для получения эквивалентной дозы этого излучения);

Для категории *В*

$$H \leq ПД, \qquad (3.)$$

где *H* рассчитывают по формуле (2.)

Таблица 2 – Значения коэффициента k приведены ниже.

Вид излучения	*k*
Рентгеновское и γ - излучение	1
Электроны и позитроны, β – излучение	1
Протоны с энергией < 10 *МэВ*	10
Нейтроны с энергией < 0,02 *МэВ*	3
Нейтроны с энергией 0,1 …10 *МэВ*	10
А – излучение с энергией < 10 *МэВ*	20
Тяжелые ядра отдачи	20

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

В зависимости от типа ионизирующего излучения могут быть разные меры защиты: уменьшение времени облучения, увеличение расстояния до источников ионизирующего излучения, ограждение источников ионизирующего излучения, герметизация источников ионизирующего излучения, оборудование и устройство защитных средств, организация дозиметрического контроля, меры гигиены и санитарии.

Защита от альфа-излучения осуществляется путём:

- увеличения расстояния до источника ИИ, т.к. альфа-частицы имеют небольшой пробег;
- использования спецодежды и спецобуви, т.к. проникающая способность альфа-частиц невысока;
- исключения попадания источников альфа-частиц с пищей, водой, воздухом и через слизистые оболочки, т.е. применение противогазов, масок, очков и т.п.

В качестве защиты от бета-излучения используют:

- ограждения (экраны), с учётом того, что лист алюминия толщиной несколько миллиметров полностью поглощает поток бета-частиц;
- методы и способы, исключающие попадание источников бета-излучения внутрь организма.

Защиту от рентгеновского излучения и гамма-излучения необходимо организовывать с учётом того, что эти виды излучения отличаются большой проникающей способностью. Наиболее эффективны следующие мероприятия (как правило, используемые в комплексе):

- увеличение расстояния до источника излучения;
- сокращение времени пребывания в опасной зоне;

- экранирование источника излучения материалами с большой плотностью (свинец, железо, бетон и др.);

- использование защитных сооружений (противорадиационных укрытий, подвалов и т.п.) для населения;

- использование индивидуальных средств защиты органов дыхания, кожных покровов и слизистых оболочек;

- дозиметрический контроль внешней среды и продуктов питания.

При использовании различных защитных экранов следует учитывать, что мощность экспозиционной дозы ионизирующего излучения снижается в соответствии с величиной коэффициента ослабления (Косл). Коэффициент ослабления определяется из выражения:

$$Косл = 2^{\left(\frac{h}{d_{пол}}\right)}, \qquad 2^{0,31} \qquad (4.)$$

где h – толщина защитного слоя, см;

$d_{пол}$ – толщина слоя, ослабляющего радиацию в 2 раза, см.

Толщина слоя половинного ослабления ($d_{пол}$) для нейтронного излучения определяется по справочным данным (табл. 7).

Толщина слоя половинного ослабления для γ-излучения источников ИИ на местности и при ядерном взрыве находится по таблице 7.

Если защитная преграда состоит из нескольких слоев, то подсчитывают степень ослабления для каждого слоя в отдельности, а затем перемножают полученные значения коэффициентов, т.е.:

$$Косл.общ = \prod_{i=1}^{n} Косл i, \quad 1,24*1,24= 1 \qquad (7)$$

где Косл i – коэффициент ослабления i-го материала.

Таблица 3 – Толщина слоя половинного ослабления различных материалов

Материал	$d_{пол}$, см		
	для нейтронов	для γ-излучения на местности	для γ-излучения ядерного взрыва
Вода	2,7	13,0	23,0
Древесина	9,7	19,0	33,0
Полиэтилен	2,7	14,0	24,0
Грунт	12,0	7,2	13,0
Кирпичная кладка	10,0	8,4	14,4
Стекло	11,0	9,3	16,5
Бетон	12,0	5,6	10,0
Сталь	11,5	1,8	3,0
Свинец	12,0	1,3	2,0
Стеклопластик	4,0	8,0	12,0

Доза облучения при размещении или действиях на загрязненной местности определяется по формуле:

$$Д = \frac{P_{СР} \cdot t_{ОБЛ}}{Косл общ}, \qquad (8)$$

$$P_{СР} = \frac{H + D}{2}, \qquad (9)$$

где $P_{СР}$ – средний уровень радиации (мощность дозы излучения);

H – максимальная эквивалентная доза излучения;

D – поглощенная доза излучения, мЗв/год;

$\Delta t_{ОБЛ}$ – продолжительность облучения, час.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ.

2.1. Получить вариант задания о преподавателя.
3.2. Ознакомиться с методикой.
3.3. В соответствии с категорией облучаемых лиц, группой критических органов и режимов работы определить основные дозовые пределы (ПДД и ПД).
3.4. По формуле (2.) определить максимальную эквивалентную дозу излучения.
3.5. С помощью формул (1.) и (3.) сделать вывод о соответствии радиационной обстановки нормам радиационной безопасности.
3.6. Рассчитать кратность ослабления нейтронного излучения различными материалами по формуле (4), γ-излучения источников ИИ и γ-излучения проникающей радиации ядерного взрыва многослойным укрытием/
3.7. Рассчитать дозу облучения при размещении или действиях на загрязненной местности определяется по формуле (8).
3.8. Сделать вывод и сдать преподавателю.

ТАБЛИЦА 4 – ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Вариант	Категория облучаемых лиц	Облучение			Толщина защитного слоя, см и их количество	Материал защитного слоя и их количество	Продолжительность облучения, час
		Группа критических органов	Вид излучения	Поглощенная доза, мЗв/год			
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
01	А	Все тело	*α* – излучение с энергией < 10 *МэВ*	1	12/2	Деревянная стена	40
02	А	Все тело	*α* – излучение с энергией < 10 *МэВ*	2	24/2	Кирпичная кладка	30
03	А	Щитовидная железа	*β* – излучение	75	38/2	Грунт	30
04	А	Печень, почки	Протоны с энергией < 10 *МэВ*	10	50/3	Бетон	24
05	А	Легкие	Протоны с энергией < 10 *МэВ*	20	63/3	Стекло	20
6	А	Голени и стопы	Нейтроны с энергией 0,1 …10 *МэВ*	15	12/2	Сталь	16
07	А	Кожный покров	Нейтроны с энергией 0,1 …10 *МэВ*	20	30/2	Свинец	12
08	Б	Все тело	*γ* - излучение	1	20/2	Стеклопластик	10
09	А	Все тело	*γ* - излучение	2	40/2	Полиэтилен	8
10	Б	Все тело	Рентгеновское излучение	3	50/2	Деревянная стена	6

11	А	Органы пищеварения	Рентгеновское излучение	10	60/3	Кирпичная кладка	40
12	А	Органы пищеварения	Нейтроны с энергией < 0,02 *МэВ*	1	67/3	Грунт	30
13	А	Легкие	Нейтроны с энергией < 0,02 *МэВ*	2	80/3	Бетон	30
14	А	Легкие	Нейтроны с энергией < 0,02 *МэВ*	3	75/3	Стекло	24
15	А	Легкие	Нейтроны с энергией < 0,02 *МэВ*	4	65/2	Сталь	20
16	А	Все тело	Нейтроны с энергией 0,1 …10 *МэВ*	2	44/2	Свинец	16
17	А	Все тело	Нейтроны с энергией 0,1 …10 *МэВ*	3	45/2	Стеклопластик	12
18	А	Костная ткань	Протоны с энергией < 10 *МэВ*	20	35/2	Полиэтилен	10
19	А	Мышцы	Протоны с энергией < 10 *МэВ*	10	37/2	Деревянная стена	8
20	А	Легкие	β – излучение	100	39/2	Кирпичная кладка	6
21	А	Кисти рук	β – излучение	200	32/2	Грунт	40
22	А	Кожный покров	α – излучение	20	28/2	Бетон	30
23	А	Печень, почки	α – излучение	10	10.0/3	Стекло	30
24	Б	Все тело	γ - излучение	2	200/3	Сталь	24
25	Б	Все тело	γ - излучение	4	77/2	Свинец	20
26	Б	Все тело	Нейтроны с энергией < 0,02 МэВ	1	150/3	Стеклопластик	16
27	Б	Легкие	Нейтроны с энергией < 0,02 *МэВ*	2	112/3	Полиэтилен	12
28	Б	Легкие	Нейтроны с энергией < 0,02 *МэВ*	1	116/3	Деревянная стена	10
29	Б	Органы пищеварения	Рентгеновское излучение	5	180/3	Кирпичная кладка	8
30	Б	Органы пищеварения	Рентгеновское излучение	10	145/3	Грунт	6

Вопросы для самопроверки

1. Как проводят нормирование ионизирующего излучения?
2. Какие виды ионизирующего излучения вы знаете?
3. Что означает группы критических органов?
4. Назовите методы защиты от альфа-излучения ионизирующих излучений
5. Назовите методы защиты от гамма-излучения ионизирующих излучений
6. Назовите методы защиты от бетта-излучения ионизирующих излучений
7. Что означает коэффициент ослабления радиации?
8. Назовите методы защиты от рентген-излучения ионизирующих излучений
9. Перечислите документы, регламентирующие ионизирующего излучения на производственных площадках.
10. какие источники ионизирующего излучения вы знаете

ЛИТЕРАТУРА

1. Обязательные издания

1. Борисова, Н. В. Безопасность жизнедеятельности. Лабораторный практикум / Н. В. Борисова, Е. В. Бычкова. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 168 с. — ISBN 978-5-507-46610-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/351905. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Рысин, Ю. С. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / Ю. С. Рысин, С. Л. Яблочников. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2023. — 132 с. — ISBN 978-5-4497-0440-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/124636.html. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей.

3. Безопасность жизнедеятельности : учебник / под редакцией Э. А. Арустамова. — 21-е изд. — Москва : Дашков и К, 2018. — 446 с. — ISBN 978-5-394-02972-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/105582. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Л.А. Муравей [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 431 с. – Режим доступа: http:// www.iprbookshop.ru/7017. – ЭБС «IPRbooks»

2. Дополнительные издания

1. Еременко В.Д. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Еременко В.Д., Остапенко В.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Российский государственный университет правосудия, 2016.— 368 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/49600.html.— ЭБС «IPRbooks».

2. Безопасность жизнедеятельности в химической промышленности : учебник / Н.И. Акинин, Л.К. Маринина, А.Я. Васин [и др.] ; под общей редакцией Н.И. Акинина. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-3891-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/116363

3. Екимова И.А. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие / Екимова И.А. – Электрон. текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2012. – 192 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13876.— ЭБС «IPRbooks»

3. Бурашников, Ю.М. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда на предприятиях пищевых производств : учебник / Ю.М. Бурашников, А.С. Максимов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 496 с. — ISBN 978-5-8114-2497-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/93587

4. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Л.А. Муравей [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 431 с. – Режим доступа: http:// www.iprbookshop.ru/7017. – ЭБС «IPRbooks».

5. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». - М.: Стандартинформ, 2022. – 412 с.

3. Периодические издания

6. Журнал «Безопасность труда в промышленности» https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8430

7. Журнал «Охрана и экономика труда» https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32420

8. Журнал «Экология промышленного производства» https://www.elibrary.ru/title_about_new.asp?id=9263

4.Интернет-ресурсы

9.http://www.tehdoc.ru; http://www.safety.ru – нормативная документация по охране труда;

10.http://www.mintrans.ru –официальный сайт министерства транспорта РФ;

11.http://www.minzdravsoc.ru – официальный сайт Минздравсоцразвития;

12.http://www.mchs.ru/ -официальный сайт МЧС;

13.http://www.gks.ru/ -официальный сайт федеральной службы государственной статистики;

14.http://www.novtex.ru –научно-практический и учебно-методический журнал БЖД;

15.http://www.sci.aha.ru –web атлас по БЖД.

5. Источники ИОС

16. Безопасность жизнедеятельности
http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=1