МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ
И ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ВНЕШНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБЛУЧЕНИЯ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ.

Методические указания МУ 2.6.1.25 - 2000

Издание официальное

gost.e-ecolog.ru

Содержание

Введение 60
1. Область применения 61
2. Нормативные ссылки 62
3. Термины, определения и сокращения 63
3.1. Термины и определения 63
3.2. Сокращения 68
4. Цели и задачи дозиметрического контроля внешнего облучения 69
5. Содержание дозиметрического контроля внешнего облучения 70
5.1. Дозиметрический контроль в контролируемых условиях обращения с источником излучения 70
5.2. Дозиметрический контроль в условиях аварийного облучения 73
6. Виды и особенности дозиметрического контроля 75
7. Организация дозиметрического контроля 76
8. Метрологические требования к методикам дозиметрического контроля 78
9. Технические требования к средствам измерения для дозиметрического контроля .. 79
9.1. Физическая схема 79
9.2. Диапазон измерений 79
9.3. Погрешности средств измерений 79
9.4. Энергетическая зависимость чувствительности 81
9.5. Угловая зависимость чувствительности 81
9.6. Особенности отдельных дозиметров 81
9.7. Конструктивное исполнение 82
10. Общие нормативные требования к методикам выполнения измерений и поверке средств измерения 83
11. Принципы планирования программы дозиметрического контроля внешнего облучения 85
11.1. Обоснование принятия решения о введении контроля 85
11.2. Выбор метода контроля 85
11.3. Программы контроля нормальных условий работы в случае планируемого повышенного облучения и аварий 85
12. Регламент дозиметрического контроля 86
12.1. Проведение дозиметрического контроля внешнего облучения 86
12.2. Содержание Регламента радиационного контроля 86
12.3. Подготовка и обоснование Регламента 87
12.4. Порядок организации и проведения контроля 87
12.5. Виды контроля и контрольные уровни 87
12.6. Контролируемый контингент персонала 88
12.7. Периодичность контроля 88
12.8. Метод определения дозы и интерпретация измеряемых величин 88
12.9. Определение индивидуальных доз внешнего облучения 89
12.10. Определение доз внешнего облучения посредством группового дозиметрического контроля 90
12.11. Эквивалентная доза в хрусталике глаза, в коже и на поверхности низа живота женщины 91
12.12. Определение доз посредством индивидуального дозиметрического контроля 91

12.13. Оценка неопределенности определения доз 92
12.14. Принятие решения о проведении контроля внешнего облучения 92
12.15. Порядок проведения контроля облучения персонала группы Б 92
12.16. Запись и хранение результатов дозиметрического контроля 92
Приложения 93
Приложение 1. Оценивание результатов радиационного контроля. Основные понятия. 93
Приложение 2. Методы дозиметрического контроля внешнего облучения 97
Приложение 3. Требования к суммарной погрешности измерения индивидуальной дозы дозиметрами 100
Приложение 4. Соотношения между величинами, нормируемыми НРБ-99 и другими дозиметрическими величинами для фотонного излучения 102
Приложение 5. Соотношения между величинами, нормируемыми НРБ-99 и другими величинами для электронного излучения 104
Приложение 6. Угловая зависимость величин фотонного излучения, нормируемых НРБ-99 106
Приложение 7. Библиографические данные 109
Приложение 8. Список исполнителей 110

Список таблиц

Табл. 1. Нормируемые величины облучения персонала группы А в нормальных условиях эксплуатации источников излучения 71
Табл. 2. Нормируемые величины планируемого повышенного облучения 71
Табл. 3. Параметры для определения значений нормируемых эквивалентных доз облучения отдельных органов или тканей 72
Табл. 4. Соответствие между нормируемыми и операционными величинами при групповом дозиметрическом контроле. 72
Табл. 5. Соответствие между нормируемыми и операционными величинами при индивидуальном дозиметрическом контроле. 73
Табл. 6. Опасные уровни доз кратковременного аварийного облучения 74
Табл. 7. Расположение индивидуальных дозиметров в условиях аварийного облучения 74
Табл. 8. Критерии введения индивидуального дозиметрического контроля 76
Табл. 9. Значения уровня регистрации, отнесенного к длительности периода контроля, равной одному году ($У_{р0}$) 77
Табл. 10. Приемлемые значения фактора неопределенности определения доз 79
Табл. 11. Соотношение между параметрами конструкции средств измерения и соответствующими величинами, определяемыми при ИДК внешнего облучения 80
Табл. 12. Диапазоны измерения величин определяемых при ИДК внешнего облучения 80
Табл. 13. Допустимые относительные неопределенности определения индивидуального эквивалента дозы при ИДК внешнего облучения 81
Табл. 14. Значения коэффициентов перехода от флюенса фотонов ($\varphi_т$) и флюенса нейтронов (φ_n) к дозиметрическим величинам 82
Табл. 15. Перечень ГОСТов на поверочные схемы 84
Табл. 16. Коэффициенты перехода между дозиметрическими величинами для фотонов 103
Табл. 17. Коэффициенты перехода между дозиметрическими величинами для

электронов 105
Табл. 18. Относительные угловые зависимости нормируемых величин H_i и их средние значения в угле 2π $H_i(\varphi) / H_i(0)$, отн.ед. 107

Список рисунков

Рис. 1. Схема определения H*(d). 68
Рис. 2. Схема определения $H_p(d)$. 68
Рис. 3. Принципиальная схема средства измерения, используемого для ИДК внешнего облучения. 80
Рис. 4. Допускаемая натуральная логарифмическая погрешность. 101
Рис. 5. Соотношение между нормируемыми величинами при облучении тела человека параллельным пучков фотонов с энергией E_γ 104
Рис. 6. Соотношение между нормируемыми величинами при облучении тела человека параллельным пучков электронов с энергией E_e 105
Рис. 7. Относительное угловое распределение эквивалентной дозы в хрусталике глаза 107
Рис. 8. Относительное угловое распределение эквивалентной дозы в коже 108
Рис. 9. Относительное угловое распределение для эффективной дозы 108

Введение

В настоящее время службы радиационной безопасности и структурные подразделения, осуществляющие функции дозиметрического контроля (ДК) внешнего облучения при использовании атомной энергии и работах с источниками ионизирующего излучения (ИИИ), а также организации, связанные с разработкой, производством, приобретением и применением технических средств ДК, руководствуются ранее действующими Едиными требованиями к системе приборов индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения и Методическим руководством "Дозиметрический и радиометрический контроль", тт.1,2, М., Атомиздат, 1980 г., разработанных на основе НРБ-76/87.

Целью данных указаний является формулирование общих требований к индивидуальному и групповому дозиметрическому контролю (ИДК и ГДК, соответственно) внешнего облучения персонала на основе Норм радиационной безопасности (НРБ-99), концепций и подходов, принятых в Рекомендациях МКРЗ 1990 года и в Международных Основных Нормах Безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасности источников излучений (МАГАТЭ,1996). Данные методические указания детализируют общие требования и принципы организации, планирования и проведения дозиметрического контроля, изложенные в Методических указаниях «Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в контролируемых условиях обращения с источниками излучения. Общие требования» (МУ 2.6.1.016-2000).

Для обеспечения единства и систематизации методических подходов к дозиметрическому контролю при внедрении в практику указанных документов устанавливаются:

- общие требования и принципы организации, планирования и осуществления ДК внешнего облучения с унификацией основных положений системы контроля доз;
- общие требования к техническим средствам ДК внешнего облучения;
- общие требования к метрологическому обеспечению;
- методики выполнения измерений, требования к ним, а также к средствам измерений и способам интерпретации результатов;
- принципы планирования программы ДК внешнего облучения;
- регламент дозиметрического контроля;
- основные требования к записи и хранению результатов дозиметрического контроля.

Предлагаемая система ДК внешнего облучения базируется на использовании отечественного опыта, а также на рекомендациях МКРЗ и руководствах МАГАТЭ по общим принципам

радиационного контроля и оценке доз от внешнего облучения профессиональных работников.

Внешнее облучение от техногенных и природных источников контролируется в соответствии с требованиями НРБ-99 и ОСПОРБ-99.

Утверждены Руководителем Департамента безопасности и чрезвычайных ситуаций Минатома России А.М.Агаповым 27 сентября 2000 г.

Утверждены Заместителем Главного государственного санитарного врача РФ по специальным вопросам М.Б.Муриным 28 сентября 2000 г.

Согласованы с Директором Центра метрологии ионизирующих излучений ГНЦ РФ «ВНИИФТРИ» В.П.Ярыной 11 сентября 2000 г.

2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ВНЕШНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБЛУЧЕНИЯ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ.

Методические указания
МУ 2.6.1.25 - 2000
Дата введения – с момента утверждения
Издание официальное

© Министерство Российской Федерации по атомной энергии
© Федеральное управление медико-биологических и экстремальных проблем при Министерстве здравоохранения Российской Федерации (Федеральное управление "Медбиоэкстрем").
Настоящие методические указания по методам контроля не могут быть полностью или частично воспроизведены и тиражированы без разрешения Минатома России и Федерального управления "Медбиоэкстрем".

1. Область применения

§ 1. Методические указания **«Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения. Общие требования»** (далее – Методические указания или МУ) являются документом, развивающим основные положения Норм радиационной безопасности НРБ-99 (далее – Нормы) и Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99 (далее – Правила) в форме общих требований к методам и приборам контроля доз внешнего облучения персонала и организации соответствующего контроля при использовании атомной энергии в условиях внешнего облучения при работе с техногенными источниками ионизирующих излучений в контролируемых условиях обращения с ними и в условиях радиационной аварии.

§ 2. Методические указания предназначены для использования при разработке методов, средств и регламентов дозиметрического контроля, а также для руководства при разработке, производстве и применении приборов дозиметрического контроля:

- на предприятиях (радиационных объектах), находящихся в ведении Министерства Российской Федерации по атомной энергии;
- на предприятиях (радиационных объектах), подотчетных Министерству Российской Федерации по атомной энергии независимо от их формы собственности;

• в организациях Федерального управления медико-биологических и экстремальных проблем при Минздраве России, осуществляющих государственный надзор и регулирование в области обеспечения радиационной безопасности при использовании атомной энергии.

§ 3. Методические указания распространяются на методы определения индивидуальных эффективных и эквивалентных доз внешнего облучения персонала и организацию соответствующего контроля в организациях Минатома России, к которым относятся:

• предприятия (радиационные объекты), находящиеся в ведении Министерства Российской Федерации по атомной энергии;

• предприятия (радиационные объекты), подотчетные Министерству Российской Федерации по атомной энергии независимо от их формы собственности.

§ 4. В целях обеспечения единства методических подходов к дозиметрическому контролю внешнего облучения при введении в практику Норм и Правил и реализации Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД), а также Методических указаний МУ 2.6.1.016-2000 «Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в контролируемых условиях обращения с источниками излучения. Общие требования» настоящие Методические указания устанавливают:

• номенклатуру дозиметрических величин для контроля внешнего облучения персонала при обращении с источниками ионизирующего излучения в контролируемых условиях и при радиационной аварии;

• общие требования к инструментальным методам определения дозиметрических величин для контроля внешнего облучения;

• общие требования и принципы организации, планирования и проведения дозиметрического контроля внешнего облучения со стандартизацией основных положений Регламента дозиметрического контроля внешнего облучения персонала.

2. Нормативные ссылки

§ 5. В настоящих Методических указаниях использованы положения следующих основных руководящих документов:

• СП 2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы. М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999, 116 с.

• СП 2.6.1. 799-99. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99): Санитарные правила. М.: Минздрав России, 2000.

• ГОСТ 15484-81. Излучения ионизирующие и их измерение. Термины и определения.

• РД50-454-84. Методические указания. Внедрение и применение ГОСТ 8.417-81. ГСИ. Единицы физических величин в области ионизирующих излучений.

• ГОСТ Р 8.563-96. ГСИ. Методики выполнения измерений.

• МИ 2453-98 ГСИ. Методики радиационного контроля. Общие требования.

• МИ 1967- 89 ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения.

• МИ 2377-96 ГСИ. Разработка и аттестация методик выполнений измерений.

• ГОСТ 14337-78. Средства измерения ионизирующих излучений. Термины и определения.

• ГОСТ 4.59-79 СПКП. Средства измерений ионизирующих излучений. Номенклатура показателей.

• ГОСТ 27451-87. Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические условия.

• МИ 2174-91. "Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения".

• ГОСТ 8.508-84 ГСИ. Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП.

• МУ 1.1.017-99 Основные требования к структуре, изложению и оформлению норма-

тивных документов при выполнении НИР «Разработка нормативных и методических документов и адаптация существующей системы обеспечения радиационной безопасности Минатома России к новым принципам нормирования радиационных факторов».

• МУ 2.6.1.016-2000. Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в контролируемых условиях обращения с источниками излучения. Общие требования. АНРИ № 3(22), 2000, с.43–75.

• МУ ИДК-2000. Индивидуальный дозиметрический контроль внешнего облучения персонала АЭС. Концерн Росэнергоатом, 2000. Согласованы Заместителем Главного государственного санитарного врача РФ по специальным вопросам О.И. Шамовым 13.03.2000. Исх. 32-013/85.

• Общие требования к проектированию информационных систем ИДК предприятий Минатома России. Минатом, 1998.

3. Термины, определения и сокращения

§ 6. В настоящих Методических указаниях используются термины и определения, а также сокращения, приведенные в разделах 3.1 и 3.2. Объяснения отдельных величин и терминов, используемых в системе дозиметрического контроля персонала, приведены в МУ 2.6.1.016-2000.

3.1. Термины и определения

§ 7. *Авария радиационная* – потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями работников (персонала), стихийными бедствиями или иными причинами, которые могли привести или привели к облучению людей выше установленных норм или радиоактивному загрязнению окружающей среды.

§ 8. *Величина нормируемая* – величина, являющаяся мерой ущерба (вреда) от воздействия ионизирующего излучения на человека и его потомков.

§ 9. *Величина операционная* – величина, однозначно определяемая через физические характеристики поля излучения в точке, максимально возможно приближенная в стандартных условиях облучения к величине, нормируемой в целях ограничения облучения, и предназначенная для консервативной оценки этой величины при дозиметрическом контроле.

§ 10. *Вещество тканеэквивалентное* – вещество, имеющее массовый химический состав, эквивалентный составу мягкой биологической ткани: 76,2% – кислород, 11,1% – углерод, 10,1% – водород и 2,6% – азот.

§ 11. *Геометрия облучения* – виды наиболее вероятных полей излучения, падающих на тело человека: изотропное (2π или 4π) поле излучения и параллельный учет излучения, падающий на тело спереди (передне-задняя (ПЗ) геометрия).

§ 12. *Детектор** – чувствительный элемент, предназначенный для преобразования энергии ионизирующего излучения в другой вид энергии, удобный для индикации, последующей регистрации и/или измерения.

§ 13. *Доза индивидуальная эффективная (эквивалентная в органе или ткани)* – эффективная доза (эквивалентная доза в органе или ткани), которая была бы получена стандартным работником, если бы он находился в тех же производственных условиях и выполнял те же работы с источником, что и данный индивид. Значение индивидуальной дозы приписывается индивиду по результатам дозиметрического контроля.

§ 14. *Доза поглощенная* (D) – значение энергии ионизирующего излучения, переданной веществу:

$$D = \frac{d\bar{e}}{dm}, \quad (1)$$

где $d\bar{e}$ – средняя энергия, переданная ионизирующим излучением веществу, находящемуся в элементарном объеме, а dm – масса вещества в этом объеме. В единицах СИ поглощенная доза измеряется в джоулях, деленных на килограмм (Дж/кг), и имеет специальное

название – грей (Гр). Использовавшаяся ранее внесистемная единица рад равна 0,01 Гр.

§ 15. *Доза в органе или ткани* (D_T) – средняя поглощенная доза в определенном органе или ткани человеческого тела:

$$D_T = \frac{1}{m_T} \int_{m_T} D dm, \quad (2)$$

где m_T – масса органа или ткани, а D – поглощенная доза в элементе массы dm.

§ 16. *Доза эквивалентная в органе или ткани* (*эквивалентная доза*) ($H_{T,R}$) - поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида падающего на тело излучения, W_R:

$$H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R}, \quad (3)$$

где $D_{T,R}$ – средняя поглощенная доза в органе или ткани T, а W_R – взвешивающий коэффициент для падающего на тело излучения R [1]. При воздействии различных видов излучения с различными взвешивающими коэффициентами эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для этих видов излучения

$$H_T = \sum_R H_{T,R}. \quad (4)$$

Единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

§ 17. *Доза экспозиционная фотонного излучения* – отношение суммарного заряда всех ионов одного знака, созданных в воздухе, когда все электроны и позитроны, освобожденные фотонами в элементарном объеме воздуха полностью остановились в воздухе к массе воздуха в указанном объеме. Применяемая ранее внесистемная единица измерения рентген (Р).

§ 18. *Доза эффективная (Е)* – величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет собой сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты:

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T, \quad (5)$$

где W_T – взвешивающий коэффициент для органа или ткани T, а H_T – эквивалентная доза в органе или ткани T. Единица эффективной дозы – зиверт (Зв).

§ 19. *Доза эффективная (эквивалентная) годовая* (ГЭД) – сумма эффективной (эквивалентной) дозы внешнего облучения, полученной за календарный год. Единица годовой эффективной (эквивалентной) дозы – зиверт (Зв).

§ 20. *Дозиметр* (краткая форма термина дозиметрический прибор)* – прибор или установка для измерения ионизирующего излучения, предназначенные для получения измерительной информации о дозе, мощности дозы излучения и/или об энергии, переносимой ионизирующим излучением или переданной им объекту, находящемуся в поле действия излучения. В зависимости от вида измеряемой дозиметрической величины к термину дозиметр добавляют наименование этой величины: дозы излучения, мощности дозы излучения, флюенса и т. д.

§ 21. *Дозиметр аварийный** – прибор или установка для измерения ионизирующего излучения, предназначенные для получения измерительной информации о дозе, мощности дозы излучения и/или об энергии, переносимой ионизирующим излучением или переданной им объекту, находящемуся в поле действия излучения, обусловленного радиационной аварией.

[1] Значения W_R, регламентированные Нормами и Правилами, относятся к излучению, падающему на тело. Для типов и энергий излучений, не включенных в соответствующую таблицу Норм, значение величины W_R следует принимать равным среднему значению коэффициента качества $\bar{k}$ излучения на глубине 10 *мм* в шаровом фантоме МКРЕ. Определение $\bar{k}$ приведено в §29.

§ 22. *Дозиметр индивидуальный** – прибор для измерения дозы и/или мощности дозы ионизирующего излучения и/или энергии, переносимой ионизирующим излучением или переданной им всему телу человека, определенному органу или ткани человеческого тела, находящихся в поле его действия. Габаритные размеры и масса индивидуального дозиметра позволяют, не затрудняя выполнения производственных операций, применять его для ношения человеком с целью получения дозиметрической информации.

§ 23. *Источник ионизирующего излучения (источник излучения)* – радиоактивное вещество или устройство, испускающее или способное испускать ионизирующее излучение, на которые распространяется действие НРБ-99 и ОСПОРБ-99.

§ 24. *Керма (К)* – отношение суммы начальных кинетических энергий dE_k всех заряженных ионизирующих частиц, образовавшихся под действием косвенно ионизирующего излучения в элементарном объеме вещества, к массе dm вещества в этом объеме:

$$K = \frac{dE_k}{dm}. \quad (6)$$

Керма и поглощенная доза равны друг другу в той степени, с какой достигается равновесие заряженных частиц и с какой можно пренебречь тормозным излучением и ослаблением потока фотонов на пути пробега вторичных электронов. Единица кермы – грей (Гр).

§ 25. *Контроль радиационный* – получение информации о радиационной обстановке в организации, в окружающей среде и об уровнях облучения людей (включает в себя дозиметрический и радиометрический контроль).

§ 26. *Контроль дозиметрический (ДК)** – контроль облучения персонала, заключающийся в определении индивидуальных доз облучения работников и мощности дозы на рабочих местах, обусловленных обращением с техногенными источниками ионизирующего излучения. Включает групповой и индивидуальный дозиметрический контроль.

§ 27. *Контроль дозиметрический групповой* (ГДК) – контроль облучения персонала, заключающийся в определении индивидуальных доз облучения работников на основании результатов измерений характеристик радиационной обстановки (мощности дозы) в рабочем помещении (на рабочих местах) с учетом времени пребывания там персонала.

§ 28. *Контроль дозиметрический индивидуальный* (ИДК) – контроль облучения персонала, заключающийся в определении индивидуальных доз облучения работника на основании результатов индивидуальных измерений характеристик облучения тела или отдельных органов каждого работника.

§ 29. *Коэффициент качества излучения* (k(L)) – величина, которая учитывает повреждения биологической ткани, возникающие вследствие микроскопического распределения поглощенной энергии в точке взаимодействия излучения с веществом. Коэффициент качества излучения является функцией полной линейной передачи энергии излучения в воде, L, и определен МКРЗ как:

$$k(L) = \begin{cases} 1 \text{ при } L \le 10 \\ 0{,}32 \cdot L - 2{,}2 \text{ при } 10 < L < 100 \\ \dfrac{300}{\sqrt{L}} \text{ при } L \ge 100 \end{cases} \quad (7)$$

где L выражена в *кэВ/мкм*.

§ 30. *Мощность дозы* – доза излучения за единицу времени (секунду, минуту, час).

§ 31. *Место рабочее* – место постоянного или временного пребывания персонала для выполнения производственных функций в условиях воздействия ионизирующего излучения в течение более половины рабочего времени или двух часов непрерывно.

§ 32. *Облучение* – воздействие на человека ионизирующего излучения.

§ 33. *Облучение аварийное* – облучение в результате радиационной аварии.

§ 34. *Облучение внешнее* – облучение органов и тканей человека в результате воздей-

ствия излучения, падающего на тело.

§ 35. *Облучение планируемое повышенное* – планируемое облучение персонала в дозах, превышающих установленные основные пределы доз, с целью предупреждения развития радиационной аварии или ограничения ее последствий.

§ 36. *Облучение природное* – облучение человека, обусловленное воздействием природных источников излучения.

§ 37. *Облучение производственное* – облучение работников от всех техногенных и природных источников ионизирующего излучения в процессе производственной деятельности.

§ 38. *Облучение профессиональное* – облучение персонала в процессе его работы с техногенными источниками ионизирующего излучения.

§ 39. *Облучение техногенное* – облучение персонала от техногенных источников как в нормальных, так и в аварийных условиях, за исключением медицинского облучения пациентов.

§ 40. *Передача энергии излучения линейная полная*, (ЛПЭ, L) – отношение средней энергии $d\bar{\varepsilon}$, переданной веществу заряженной частицей вследствие столкновений на элементарном пути dl, к длине этого пути:

$$L = \frac{d\bar{\varepsilon}}{dl}, \quad (8)$$

где $d\bar{\varepsilon}$ означает полную среднюю энергию, теряемую заряженной частицей во всех столкновениях с электронами. Единица ЛПЭ – *кэВ/мкм*. Если не определяется иное, через ЛПЭ (L) обозначают полную передачу энергии заряженной частицей воде.

§ 41. *Период контроля* – промежуток времени между последовательными измерениями характеристик радиационной обстановки в рабочем помещении (на рабочих местах) при проведении ГДК; либо между последовательными индивидуальными измерениями характеристик облучения каждого работника при проведении ИДК.

§ 42. *Персонал* – лица, работающие с техногенными источниками ионизирующего излучения (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б).

§ 43. *Предел дозы (ПД)* – значение годовой эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения, которое не должно превышаться в условиях нормальной работы. Соблюдение предела годовой дозы предотвращает возникновение детерминированных эффектов, а вероятность стохастических эффектов сохраняется при этом на приемлемом уровне.

§ 44. *Работник стандартный* – воображаемый человек, обладающий биологическими и физическими свойствами, присущими среднестатистическому здоровому взрослому человеку. Свойства стандартного работника включают:

- антропометрические характеристики тела, отдельных органов и тканей человека;
- характеристики физиологических показателей человека;
- параметры биокинетики химических элементов в органах и тканях человека;

рекомендованные МКРЗ и использованные при определении значений допустимых уровней облучения, установленных Нормами.

§ 45. *Радиационная безопасность населения* – состояние защищенности настоящего и будущего поколения людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения.

§ 46. *Регламент дозиметрического контроля** – последовательность действий, позволяющая решить поставленные задачи контроля профессионального облучения.

§ 47. *Риск радиационный* – вероятность возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения.

§ 48. *Уровень введения индивидуального дозиметрического контроля* ($У_{вк}$) – такое значение годовой эффективной дозы или эквивалентной дозы облучения органа, при действительном или предполагаемом превышении которого определение соответствующих доз следует проводить с помощью индивидуального дозиметрического контроля облучения работника.

§ 49. *Уровень действия* ($У_д$) – такое значение дозы, при действительном или предполагаемом превышении которого следует провести мероприятия по улучшению радиационной обстановки на рабочем месте.

§ 50. *Уровень контрольный* (КУ) – значение контролируемой величины дозы, мощности дозы, радиоактивного загрязнения и т. д., устанавливаемое для оперативного радиационного контроля, с целью закрепления достигнутого уровня радиационной безопасности, обеспечения дальнейшего снижения облучения персонала и населения.

§ 51. *Уровень исследования* ($У_и$) – такое значение дозы, полученной в течение периода контроля, при превышении которого следует провести исследование причин повышения дозы и при необходимости провести мероприятия по улучшению радиационной обстановки на рабочем месте.

§ 52. *Уровень регистрации* ($У_р$) – такое значение дозы облучения, полученной в течение периода контроля, значения выше которого заслуживают учета при определении дозы облучения работника.

§ 53. *Уровень собственного фона прибора** – показания прибора для измерения ионизирующего излучения в нормальных условиях эксплуатации, обусловленные собственным фоном прибора при отсутствии внешних источников ионизирующего излучения природного происхождения и источника, излучение которого должно измеряться.

§ 54. *Условия облучения стандартные* – определенные в Нормах для целей нормирования техногенного облучения условия воздействия техногенных источников на человека, которые характеризуются следующими параметрами:

- временем облучения в течение календарного года, равным 1700 ч для персонала группы А и 2000 ч – для персонала группы Б;
- степенью однородности потока излучения, падающего на тело, при которой отношение максимальной плотности потока излучения к средней не превышает 2,0.

§ 55. *Условия обращения с источником излучения контролируемые* – условия обращения с ИИИ, при которых облучение персонала источником находится под контролем и управляемо. К контролируемым условиям относятся нормальные условия эксплуатации источников излучения и условия планируемого повышенного облучения.

§ 56. *Фантом шаровой МКРЕ* – шар диаметром 30 см из тканеэквивалентного материала плотностью 1 *г/см*^{3}.

§ 57. *Фильтр** – слой вещества, расположенный между источником ионизирующего излучения и детектором, предназначенный для поглощения и ослабления компонентов излучения или компенсации энергетической зависимости чувствительности детектора.

§ 58. *Флюенс частиц* (Ф) – отношение числа частиц dN, проникающих в элементарную сферу, к площади центрального сечения dS этой сферы:

$$\Phi = \frac{dN}{dS}. \qquad (9)$$

Единица флюенса – *част./см*^{2}.

§ 59. *Чувствительность дозиметрического прибора** – отношение изменения выходного сигнала дозиметрического прибора к вызывающему его изменению измеряемой величины при ее определенном значении.

§ 60. *Эквивалент дозы* (Н) – произведение поглощенной дозы в точке на средний коэффициент качества излучения, воздействующего на биологическую ткань в данной точке:

$$H = \bar{k} \cdot D = \int_0^{\infty} k(L)D(L)dL, \qquad (10)$$

где $\bar{k}$ – средний коэффициент качества излучения; k(L) – зависимость коэффициента качества от ЛПЭ и L выражена в кэВ/мкм; D(L)dL – поглощенная доза в точке от излучения с ЛПЭ в интервале (L, L+dL).

Единица эквивалента дозы – зиверт (Зв).

§ 61. *Эквивалент амбиентной дозы (амбиентная доза)* ($H^*(d)$) – эквивалент дозы, который был бы создан в шаровом фантоме МКРЕ на глубине d (мм) от поверхности по диаметру, параллельному направлению излучения, в поле излучения (см. Рис. 1), идентичном рассматриваемому по составу, флюенсу и энергетическому распределению, но мононаправленном и однородном. Эквивалент амбиентной дозы используется для характеристики поля излучения в точке, совпадающей с центром шарового фантома.

§ 62. *Эквивалент индивидуальной дозы* ($H_p(d)$) – эквивалент дозы в мягкой биологической ткани, определяемый на глубине d (мм) под рассматриваемой точкой на теле (см. Рис. 2).

§ 63. *Эффекты облучения детерминированные* – клинически выявляемые вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, в отношении которых предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше – тяжесть эффекта зависит от дозы.

§ 64. *Эффекты облучения стохастические* – вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, не имеющие дозового порога возникновения, вероятность возникновения которых пропорциональна дозе и для которых тяжесть проявления не зависит от дозы.

Примечение. Термины, помеченные знаком * впервые приводится в данном документе.

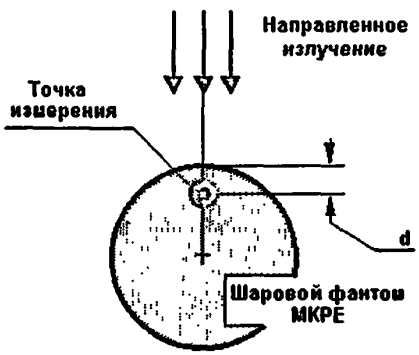

Рис.1. Схема определения $H^*(d)$.

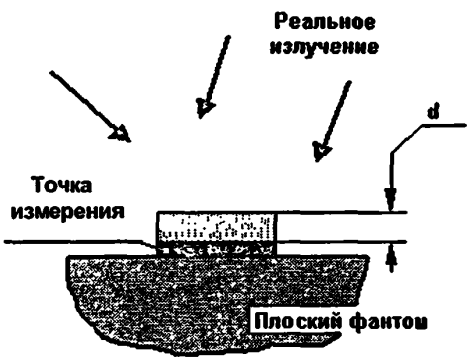

Рис.2. Схема определения $H_p(d)$.

3.2. Сокращения

§ 65. Применительно к настоящим Методическим указаниям приняты следующие условные обозначения и сокращения:

- D – поглощенная доза в точке
- $D_{T,R}$ – поглощенная доза в органе или ткани T излучения R
- E – эффективная доза
- ε – переданная веществу энергия излучения
- E_R – энергия частиц (фотонов) вида R
- φ – плотность потока частиц
- Φ – флюенс частиц
- F – коэффициент перехода от операционных к нормируемым величинам при контроле индивидуальной эффективной дозы внешнего облучения.
- H – эквивалент дозы
- $H^*(d)$ – эквивалент амбиентной дозы (амбиентная доза) внешнего облучения
- $H_p(d)$ – эквивалент индивидуальной дозы внешнего облучения
- H_T – эквивалентная доза внешнего облучения в органе или ткани T
- k(L) – коэффициент качества излучения

- L – линейная передача энергии
- R – индекс излучения
- T – индекс органа или ткани-мишени
- u – относительная неопределенность результатов измерения
- U – абсолютная неопределенность результатов измерения
- W_R – взвешивающий коэффициент для излучения R
- W_T – взвешивающий коэффициент для органа или ткани T
- X – экспозиционная доза
- δ – относительная погрешность средства измерения (МВИ)
- Δ – абсолютная погрешность средств измерения (МВИ)
- ГДК – групповой дозиметрический контроль облучения
- ГЭД – годовая эффективная доза
- ДК – дозиметрический контроль
- ЕТ – единые требования
- ИДК – индивидуальный дозиметрический контроль облучения
- ИИИ – источник ионизирующего излучения
- КУ – контрольный уровень
- ЛПЭ – полная линейная передача энергии заряженной частицей воде
- К – керма
- МБТ – мягкая биологическая ткань
- МКРЕ – Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям
- МКРЗ – Международная комиссия по радиологической защите
- МВИ – методика выполнения измерений
- МУ – методические указания
- ПД – предел дозы
- ПЗ – передне-задняя (геометрия)
- ППД – полупроводниковый детектор или дозиметр
- РФЛД – радиофотолюминесцентный детектор или дозиметр
- СИ – средство измерения
- СРБ – служба радиационной безопасности организации
- ТЛД – термолюминесцентный детектор или дозиметр
- $У_{вк}$ – уровень введения индивидуального дозиметрического контроля
- $У_д$ – уровень действия
- $У_и$ – уровень исследования
- $У_р$ – уровень регистрации
- ФЭУ – фотоэлектронный умножитель.

4. Цели и задачи дозиметрического контроля внешнего облучения

§ 66. Дозиметрический контроль внешнего облучения является неотъемлемой частью системы обеспечения радиационной безопасности организации при использовании атомной энергии, направленной на охрану здоровья людей от воздействия ИИИ. Согласно международной практике, в Нормах и Правилах проводится четкое разграничение целей и задач обеспечения радиационной безопасности персонала при осуществлении практической деятельности в контролируемых условиях и в случае выхода источника ионизирующего излучения из-под контроля, т. е. в случае радиационной аварии.

§ 67. Цель ДК внешнего облучения в контролируемых условиях эксплуатации ИИИ заключается в достоверном определении:

- индивидуальных эффективных доз внешнего облучения персонала;
- индивидуальных эквивалентных доз облучения отдельных органов и тканей для оценки достаточности мер по контролю за ИИИ, обеспечивающих безопасное их использование в соответствии с требованиями Норм и Правил.

В соответствии с действующей системой ограничения облучения основной задачей ДК внешнего облучения персонала в контролируемых условиях эксплуатации ИИИ является

определение значения индивидуальной годовой эффективной дозы (ГЭД) внешнего облучения, обусловленной обращением с техногенными ИИИ в течение календарного года. Результаты ДК, в том числе и контроля радиационной обстановки в рабочих помещениях и на рабочих местах служат для демонстрации соответствия условий труда работника требованиям к ограничению облучения персонала в нормальных условиях эксплуатации ИИИ и в условиях планируемого повышенного облучения, содержащихся в разделе 3.1 Норм и § 5.2-5.3 МУ 2.6.1.016-2000.

§ 68. Цель ДК внешнего облучения в условиях радиационной аварии заключается в достоверном определении индивидуальных доз и иных характеристик внешнего облучения работника для оценки медицинских последствий его аварийного облучения.

§ 69. Согласно МУ 2.6.1.016-2000 под индивидуальной дозой понимается доза (эффективная или эквивалентная доза в органе или ткани в зависимости от контекста), которая была бы получена стандартным работником, если бы он находился в тех же производственных условиях и выполнял те же работы с источником, что и данный индивид. При определении индивидуальной дозы работника игнорируется ее возможное отличие от истинной дозы облучения индивида, обусловленное различием между характеристиками «стандартного работника» и персональными характеристиками индивида.

Значение индивидуальной дозы приписывается индивиду по результатам дозиметрического контроля.

5. Содержание дозиметрического контроля внешнего облучения

§ 70. Методология контроля за состоянием радиационной безопасности опирается на современную систему дозиметрических величин, которая включает:

- физические величины, являющиеся характеристиками источников и полей ионизирующего излучения и их взаимодействия с веществом;
- нормируемые величины, являющиеся мерой ущерба (вреда) от воздействия излучения на человека;
- операционные величины, являющиеся величинами, однозначно определяемыми через физические характеристики поля излучения в точке, максимально возможно приближенные к соответствующим нормируемым величинам в стандартных условиях облучения и предназначенными для консервативной оценки этой величины при дозиметрическом контроле.

§ 71. При проведении дозиметрического контроля решаются следующие задачи:

- измерение физических величин и операционных величин;
- интерпретация результатов определения операционных величин в терминах индивидуальной дозы внешнего облучения.

5.1. Дозиметрический контроль в контролируемых условиях обращения с источником излучения

§ 72. В соответствии с задачами обеспечения радиационной безопасности персонала главной функцией дозиметрического контроля в контролируемых условиях обращения с источниками ионизирующего излучения является определение значений эффективной дозы и эквивалентных доз облучения отдельных органов и тканей работника.

§ 73. Для обеспечения радиационной безопасности в организации, производственная деятельность которой заключается в обращении с техногенными ИИИ, персонал организации делится на две группы. Согласно Нормам и Правилам, к персоналу группы А относятся лица, работающие с техногенными источниками излучения. Лица, находящиеся по условиям работы в сфере воздействия этих источников, относятся к персоналу группы Б.

§ 74. Для обеспечения защиты детей, которые могут родиться у работницы, в Нормах (п.3.1.8) из персонала группы А выделены женщины в возрасте до 45 лет, для профессионального облучения которых установлены дополнительные ограничения.

§ 75. Согласно пп.3.1.2, 3.1.4, 3.1.6 и 3.1.8 Норм в случае облучения персонала группы А в нормальных условиях эксплуатации источников излучения нормируются дозиметричес-

кие величины, представленные в Табл.1.

Значения пределов доз, равно как и значения допустимых уровней облучения персонала группы Б, равны 1/4 соответствующих значений для персонала группы А.

§ 76. Значения годовых доз облучения студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих профессиональное обучение с использованием ИИИ, не должны превышать значений, установленных для персонала группы Б.

Табл.1. Нормируемые величины облучения персонала группы А в нормальных условиях эксплуатации источников излучения.

Нормируемая величина	Значение предела, мЗв
Годовая эффективная доза	50
Годовая эффективная доза, усредненная за любые последовательные 5 лет	20
Эффективная доза, накопленная за период трудовой деятельности (50 лет)	1000
Годовая эквивалентная доза облучения хрусталика глаза	150
Годовая эквивалентная доза облучения кожи	500
Годовая эквивалентная доза облучения кистей и стоп	500
Месячная эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота женщин в возрасте до 45 лет	1

§ 77. Согласно п.3.2.2 Норм в случае облучения персонала группы А в условиях планируемого повышенного облучения нормируются дозиметрические величины, представленные в Табл.2. Пределы для доз планируемого повышенного облучения не устанавливаются, однако Нормами определены граничные значения доз повышенного облучения, превышение которых в течение года должно рассматриваться как потенциально опасное.

§ 78. Дозы профессионального облучения при нормальной эксплуатации ИИИ и при планируемом повышенном облучении контролируются и регистрируются раздельно и независимо. Согласно пп.3.1.2 и 3.1.3 Норм указанные в Табл.1 и в Табл.2 нормируемые величины характеризуют воздействие техногенных источников (одного из компонентов техногенно измененного радиационного природного фона) на работника вследствие его производственной деятельности в контролируемых условиях обращения с источниками излучения и не включают в себя:

- дозы, обусловленные воздействием природных источников излучения в месте расположения организации;
- дозы медицинского облучения;
- дозы вследствие радиационных аварий.

Табл.2. Нормируемые величины планируемого повышенного облучения.

Нормируемая величина	Граничное значение, мЗв
Эффективная доза повышенного облучения	200
Эквивалентная доза повышенного облучения хрусталика глаза	600
Эквивалентная доза повышенного облучения кожи	2000
Эквивалентная доза повышенного облучения кистей и стоп	2000

§ 79. При контроле эквивалентных доз внешнего облучения отдельных органов или тканей, для которых согласно Табл.1 установлены пределы доз, за значение нормируемой величины следует принимать среднее значение дозы в чувствительном объеме органа или ткани. Параметры соответствующих чувствительных объемов определены МУ 2.6.1.016-2000 и приведены в Табл.3. Химический состав облучаемой ткани принимать равным составу тканеэквивалентного вещества.

Табл.3. Параметры для определения значений нормируемых эквивалентных доз облучения отдельных органов или тканей.

Контролируемая величина	Параметры чувствительной области облучаемого органа или ткани
Эквивалентная доза облучения хрусталика глаза	Тонкий слой, расположенный на глубине 300 мг/см^2 под поверхностью органа
Эквивалентная доза облучения кожи	При облучении кожи всего тела за исключением кожи ладоней – плоский слой с площадью сечения 1 см^2 и толщиной 5 мг/см^2, расположенный под покровным слоем толщиной 5 мг/см^2 При облучении кожи ладоней – плоский слой с площадью сечения 1 см^2 и толщиной 5 мг/см^2, расположенный под покровным слоем толщиной 40 мг/ см^2
Эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота женщин	Тонкий слой, расположенный на глубине 1000 мг/см^2 под поверхностью кожи в области лонного сочленения

§ 80. Нормы и Правила предписывают определять облучение персонала техногенными источниками ионизирующего излучения в единицах нормируемых величин, являющихся мерой ущерба от воздействия излучения на человека (эффективная доза, эквивалентная доза облучения органа или ткани, ожидаемая эффективная доза). В МУ 2.6.1.016-2000 для соблюдения указанных требований Норм и Правил установлены операционные величины, однозначно определяемые через физические характеристики поля излучения в точке, максимально возможно приближенные к нормируемым величинам в стандартных условиях облучения и предназначенные для определения индивидуальных доз внешнего облучения, которые при дозиметрическом контроле являются консервативными оценками этих величин.

§ 81. Согласно МУ 2.6.1.016-2000 операционной величиной для контроля радиационной обстановки в рабочих помещениях и на рабочих местах в целях группового дозиметрического контроля персонала является мощность эквивалента амбиентной дозы, $\dot{H}^*(d)$. Рекомендуемая единица мощности эквивалента амбиентной дозы – мкЗв/ч. Значение парамет-

Табл.4. Соответствие между нормируемыми и операционными величинами при групповом дозиметрическом контроле.

Нормируемая величина	Операционная величина: Мощность эквивалента амбиентной дозы	
	d, мм	Условное обозначение
Мощность эквивалентной дозы внешнего облучения кожи	0,07	$\dot{H}^*(0,07)$
Мощность эквивалентной дозы внешнего облучения хрусталика глаза	3	$\dot{H}^*(3)$
Мощность эквивалентной дозы внешнего облучения на поверхности нижней части области живота женщин	10	$\dot{H}^*(10)$
Мощность эффективной дозы внешнего облучения	10	$\dot{H}^*(10)$

ра d, мм, определяющего требования к приборам дозиметрического контроля зависит от того, для определения какой нормируемой величины используется ее эквивалент. Соответствие между нормируемыми и операционными величинами представлено в Табл.4.

§ 82. Согласно МУ 2.6.1.016-2000 операционной величиной для индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения является эквивалент индивидуальной дозы, $H_p(d)$. Рекомендуемая единица эквивалента индивидуальной дозы – мЗв. Значение параметра d, мм, определяющего требования к индивидуальному дозиметру внешнего облучения, а также положение дозиметра на теле работника, определяются тем, для определения какой нормируемой величины используется ее эквивалент. Соответствие между нормируемыми и операционными величинами, используемыми в индивидуальном дозиметрическом контроле, представлено в Табл.5.

§ 83. Измерение операционных величин регламентируется в отдельных методиках выполнения измерений (МВИ). Технические требования к соответствующим средствам измерения сформулированы в разделе 8.

Табл.5. Соответствие между нормируемыми и операционными величинами при индивидуальном дозиметрическом контроле.

Нормируемая величина	Операционная величина: Эквивалент индивидуальной дозы		
	Положение индивидуального дозиметра	d, мм	Условное обозначение
Эквивалентная доза внешнего облучения кожи	Непосредственно на поверхности наиболее облучаемого участка кожи	0,07	$H_p(0,07)$
Эквивалентная доза внешнего облучения хрусталика глаза	На лицевой части головы	3	$H_p(3)$
Эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота женщины	На соответствующем месте поверх спецодежды	10	$H_p(10)$
Эффективная доза внешнего облучения	На нагрудном кармане спецодежды либо внутри него	10	$H_p(10)$

5.2. Дозиметрический контроль в условиях аварийного облучения

§ 84. В соответствии с задачами обеспечения радиационной безопасности персонала главной функцией дозиметрического контроля в условиях радиационной аварии является определение значений эквивалентных и поглощенных доз облучения отдельных органов и тканей работника, а также в случае необходимости, исследование и детальное восстановление (реконструкция) условий аварийного облучения.

§ 85. В условиях аварийного облучения, когда дозы внешнего облучения превышают или могут превысить граничные уровни, нормируемые для планируемого повышенного облучения (Табл.2), для решения задач обеспечения радиационной безопасности необходимо определять поглощенные дозы облучения органов и тканей человека. Согласно разделу 6 Норм пределы для доз аварийного облучения не устанавливаются, однако Нормами определены (таблица 6.1 Норм) значения поглощенных доз кратковременного облучения (с длительностью не более 2 суток), при превышении которых возможны клинически определяемые детерминированные эффекты, которые могут привести к стойкой потере человеком трудоспособности (инвалидности) или к его гибели в течение короткого промежутка времени. Значения опасных уровней доз кратковременного аварийного облучения при внешнем облучении органов или тканей приведены в Табл.6.

§ 86. При определении поглощенных доз внешнего аварийного облучения отдельных органов или тканей за значение определяемой величины следует принимать среднее зна-

Табл.6. Опасные уровни доз кратковременного аварийного облучения.

Орган или ткань	Поглощенная доза в органе или ткани за 2 суток, Гр
Все тело	1
Хрусталик глаза	2
Кожа	3

чение дозы в чувствительном объеме органа или ткани. В случае радиационной аварии важнейшей задачей дозиметрического контроля является исследование и детальное восстановление (реконструкция) условий облучения и определение пространственного распределения поглощенных доз в теле облученного на основании измеряемых характеристик внешнего облучения.

§ 87. Операционные величины для определения поглощенных доз аварийного облучения не устанавливаются. В качестве характеристики внешнего облучения при радиационной аварии используются:

- для характеристики облучения фотонами – индивидуальная поглощенная доза внешнего облучения органа или ткани, $D_P(10)$, равная поглощенной дозе в мягкой биологической ткани, определяемой на глубине 10 мм под рассматриваемой точкой на теле. Схема определения $D_P(10)$ аналогична приведенной на Рис.2;
- для характеристики облучения нейтронами – индивидуальная керма на поверхности тела, K(0), равная керме в мягкой биологической ткани, определяемой на поверхности тела в рассматриваемой точке;
- для характеристики слабопроникающего излучения (электроны, позитроны или фотоны низких энергий) при облучении кожи и хрусталика глаза необходимо определение глубинного распределения дозы в облученной ткани согласно отдельным МУ.

Перечень характеристик внешнего аварийного облучения, определение которых необходимо при контроле аварийного облучения, приведен в Табл.7.

Табл.7. Расположение индивидуальных дозиметров в условиях аварийного облучения

Характеристика внешнего аварийного облучения	Расположение индивидуального дозиметра*	d, *мм*	Условное обозначение
Индивидуальная поглощенная доза внешнего облучения всего тела фотонами	На нагрудном кармане спецодежды либо внутри него	10	$D_P(10)$
Индивидуальная керма на поверхности при внешнем облучении всего тела нейтронами	На нагрудном кармане спецодежды либо внутри него	0	K(0)

Примечание. * В зависимости от ожидаемых условий облучения рекомендуется использовать несколько дозиметров, расположенных на различных участках спецодежды.

§ 88. Дозы аварийного облучения контролируются и регистрируются раздельно и независимо от доз облучения при нормальной эксплуатации ИИИ и при планируемом повышенном облучении.

§ 89. При определении дозы аварийного облучения сопоставляют результаты, полученные в результате:

- проведения ИДК;
- контроля радиационной обстановки стационарными средствами контроля;
- моделирования аварийного облучения.

В случае нейтронного облучения сопоставляют активацию тепловыми нейтронами на-

трия в теле пострадавшего и в фантоме и сведения об активации окружающих предметов и их дубликатов, помещенных при моделировании на их место расположения. От флюенса нейтронов и сведений об их энергетических спектрах переходят к определению поглощенной дозы. Конечные данные представляются в виде распределения поглощенной дозы по телу пострадавшего раздельно для фотонного излучения и нейтронов.

§ 90. Дозиметры для определения доз аварийного облучения используются в рабочих помещениях, на рабочих местах и персонально, когда вероятность радиационной аварии велика, в условиях радиационной аварии, при мероприятиях по устранению ее последствий, при кратковременном аварийном облучении и при возможном облучении со значениями доз более граничных для планируемого повышенного облучения, а также при реконструкции аварийных доз (см. разделы 6, 11.2, 11.3 и Приложение 2).

§ 91. Измерение характеристик внешнего аварийного облучения регламентируется в отдельных методиках выполнения измерений (МВИ). Технические требования к соответствующим средствам измерения сформулированы в разделе 9.

6. Виды и особенности дозиметрического контроля

§ 92. Выделяют три основных вида ДК внешнего облучения:

- текущий контроль;
- оперативный контроль;
- аварийный контроль.

§ 93. Задача текущего контроля заключается в определении индивидуальной дозы профессионального облучения работника в нормальных условиях эксплуатации ИИИ.

§ 94. Задача оперативного контроля заключается в определении индивидуальной дозы профессионального облучения работника при выполнении запланированных работ по дозиметрическим нарядам, связанных с возможным повышенным внешним облучением. К таким работам относятся операции по ремонту и техническому обслуживанию оборудования, когда повышенное облучение не планируется, а также работы в условиях планируемого повышенного облучения, включая работы по ликвидации последствий радиационных аварий.

§ 95. Задача аварийного контроля заключается в определении больших доз облучения работника в случае выхода источника из-под контроля.

§ 96. Текущий контроль применяют при длительном (хроническом или дискретном) облучении в контролируемых условиях при нормальных условиях эксплуатации источников ионизирующего излучения.

§ 97. Оперативный контроль применяют:

- в качестве дополнительного к текущему контролю при неопределенном характере облучения в нормальных условиях эксплуатации источников ионизирующего излучения;
- в качестве основного вида контроля при планируемом повышенном облучении.

§ 98. Аварийный контроль применяют в тех случаях, когда вероятность выхода источника из-под контроля велика.

§ 99. При текущем и оперативном контроле в случае равномерного облучения, в зависимости от отношения $H_p(0,07)/ H_p(10)$, необходимо применять (см. Табл.11):

- дозиметр для контроля дозы $H_p(10)$, располагаемый обычно на уровне груди (при $H_p(0,07)/ H_p(10) <25$);
- дозиметр для контроля дозы $H_p(0,07)$, усредненной по площади в 1 см^2 (при $H_p(0,07)/ H_p(10) >25$), располагаемый на открытом контролируемом участке кожи.

§ 100. В зависимости от условий работы могут быть использованы индивидуальные дозиметры:

- фотонного излучения для контроля дозы $H_p(10)$;
- бета-фотонного излучения для контроля доз $H_p(0,07)$ и $H_p(10)$;
- нейтронного излучения для контроля дозы $H_p(10)$.

Соответствие между нормируемыми и операционными величинами, используемыми в индивидуальном дозиметрическом контроле, представлено в Табл.5.

§ 101. При дозиметрическом контроле в смешанных полях гамма-нейтронного излуче-

ния должны применяться дозиметры, имеющие одинаковую чувствительность к нейтронам и фотонам, либо нейтронный дозиметр, малочувствительный к фотонному излучению, совместно с гамма-дозиметром, малочувствительным к нейтронам (в предположении, что регистрируются несуществующие чисто фотонное и чисто нейтронное излучения).

Могут быть использованы одновременно несколько дозиметров нейтронов, чувствительных к разным участкам энергетического спектра нейтронов.

7. Организация дозиметрического контроля

§ 102. Дозиметрический контроль вводится во всех организациях, где ведутся работы с источниками излучения. Дозиметрический контроль осуществляется ответственным по организации, назначаемым по приказу в соответствии с вводимым Регламентом (Программой) дозиметрического контроля. Регламент дозиметрического контроля персонала организации является основным распорядительным документом, устанавливающим правила проведения дозиметрического контроля персонала. Основные требования к содержанию Регламента дозиметрического контроля сформулированы в МУ 2.6.1.016-2000. Детальные требования к содержанию Регламента дозиметрического контроля в части проведения дозиметрического контроля внешнего облучения сформулированы в разделе 12 настоящих МУ. Службы организаций, осуществляющие дозиметрический контроль, должны быть аккредитованы в установленном порядке.

§ 103. Для контроля внешнего профессионального облучения применяют:

- групповой дозиметрический контроль облучения (ГДК), заключающийся в определении индивидуальных доз облучения работников на основании результатов последовательных измерений характеристик радиационной обстановки за определенный период контроля в рабочем помещении (на рабочих местах) с учетом времени пребывания персонала в этом помещении;
- индивидуальный дозиметрический контроль облучения (ИДК), заключающийся в определении индивидуальных доз облучения работника на основании результатов последовательных индивидуальных измерений характеристик облучения тела или отдельных органов каждого работника за определенный период контроля.

§ 104. Согласно МУ 2.6.1.016-2000 в нормальных условиях эксплуатации источников излучения для организации контроля облучения персонала группы А в Регламенте ДК устанавливаются уровни введения индивидуального дозиметрического контроля ($У_{вк}$). Критерии введения индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения персонала приведены в Табл.8.

Табл.8. Критерии введения индивидуального дозиметрического контроля

Контролируемая величина	Уровень 1, мЗв	Уровень 2, мЗв
Годовая эффективная доза внешнего облучения фотонами	0,5	1
Годовая эффективная доза внешнего облучения любым излучением кроме фотонного	1	5
Годовая эквивалентная доза облучения хрусталика глаза	20	50
Годовая эквивалентная доза облучения кожи, кистей и стоп	20	50
Месячная эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота женщин в возрасте до 45 лет	0,1	0,2

Для контроля различных видов облучения значения $У_{вк}$ устанавливаются независимо, при этом:

- нецелесообразно устанавливать значения $У_{вк}$ ниже уровня 1 из Табл.8;

• решение об установлении значения $У_{вк}$ выше уровня 1, но ниже уровня 2 из Табл.8 принимается по принципам обоснования и оптимизации с учетом конкретной обстановки;

• значения $У_{вк}$ не следует устанавливать выше уровня 2 из Табл.8.

§ 105. Индивидуальный дозиметрический контроль следует использовать:

• для определения доз облучения персонала группы А в условиях нормальной эксплуатации источника излучения, если по имеющимся данным значение годовой дозы облучения на рабочем месте превышает или по прогнозу может превысить $У_{вк}$;

• для определения доз облучения всех лиц, работающих с ИИИ в условиях планируемого повышенного облучения;

• для определения доз аварийного облучения.

§ 106. Групповой дозиметрический контроль характеризуется значительной неопределенностью определения индивидуальных доз и может использоваться для определения доз облучения персонала только в условиях нормальной эксплуатации ИИИ:

• для определения доз профессионального облучения персонала группы А, если по имеющимся данным значение годовой дозы облучения на рабочих местах не превышает или по прогнозу не может превысить $У_{вк}$;

• для определения доз профессионального облучения персонала группы Б.

§ 107. Для целей организации контроля доз профессионального облучения МУ 2.6.1.016-2000 установлены уровни регистрации ($У_р$) значения индивидуальной дозы. $У_р$ – такое значение дозы облучения, полученной в течение периода контроля, значения выше которого заслуживают учета при определении дозы облучения работника. При этом:

$$У_р = У_{р0} \cdot \frac{\Delta T}{12}, \quad (11)$$

где $У_{р0}$ – уровень регистрации, отнесенный к максимальной длительности периода контроля, равной 12 месяцам; ΔT – длительность периода контроля, *мес.* Значения $У_{р0}$, установленные настоящими МУ, приведены в Табл. 9.

Табл. 9. Значения уровня регистрации, отнесенного к длительности периода контроля, равной одному году ($У_{р0}$)

Нормируемая величина	Значение $У_{р0}$, мЗв
Годовая эффективная доза	1
Годовая эквивалентная доза облучения хрусталика глаза	2
Годовая эквивалентная доза облучения кожи, кистей и стоп	5

Уровень регистрации месячной эквивалентной дозы на поверхности нижней части области живота женщин в возрасте до 45 лет устанавливается равным 0,1 мЗв.

§ 108. В случае, когда определенное посредством ГДК или ИДК значение эффективной дозы или эквивалентной дозы облучения органа или ткани работника, полученной в течение периода контроля профессионального облучения, не превышает значения $У_р$, его индивидуальной дозе облучения за период контроля приписывается следующее значение:

• равное нулю для расчета коллективной дозы, представляемой во внешние организации;

• равное определенному по результату ГДК и ИДК в учетную карточку работника.

В случае, когда определенное посредством ГДК или ИДК значение эффективной дозы или эквивалентной дозы облучения органа или ткани работника, полученной в течение периода контроля профессионального облучения, превышает $У_р$, его индивидуальной дозе облучения за период контроля приписывается значение, равное определенному по результатам ИДК или ГДК значению дозы облучения.

§ 109. Значение индивидуальной эффективной дозы внешнего облучения, характеризующее облучение работника в условиях нормальной эксплуатации ИИИ в течение периода контроля, определяется:

• посредством группового дозиметрического контроля согласно требованиям раздела

8.1 МУ 2.6.1.016-2000; либо

• посредством индивидуального дозиметрического контроля согласно требованиям раздела 8.2 МУ 2.6.1.016-2000.

Выбор метода контроля регламентирован требованиями раздела 6 МУ 2.6.1.016-2000.

Требования к дозиметрическому контролю при пространственно-неравномерном облучении рассмотрены в отдельном МУ.

8. Метрологические требования к методикам дозиметрического контроля

§ 110. Нормативные документы Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) определяют следующие общие требования к метрологическому обеспечению контроля доз облучения персонала:

• методики выполнения измерений (МВИ) должны удовлетворять требованиям ГОСТ Р 8.563-96 и МИ 2453-98;

• для контроля доз облучения персонала должны применяться средства измерений (СИ) утвержденного типа (прошедшие испытания и внесенные в Государственный реестр СИ) и периодически поверяемые в установленном порядке.

§ 111. Определение доз облучения персонала проводится на основании результатов измерений операционных величин, характеризующих воздействие ИИИ на работника. Результат определения значения дозы (искомой величины), полученной в течение периода контроля, характеризуется диапазоном значений ($D^{мин}$; $D^{макс}$), в котором с вероятностью 0,95 находится ее истинное значение (см. Приложение 1).

Результат определения дозы должен содержать:

• значение искомой величины D, основанное на измерении или расчете по результатам измерения ;

• оценку абсолютной (в единицах величины D) неопределенности значения искомой величины U, рассчитываемой как:

$$U = D^{макс} - D. \quad (12)$$

Конкретные алгоритмы определения значения дозы и неопределенности, а также значения погрешностей применяемых средств измерения должны регламентироваться методикой определения индивидуальной дозы и входящими в ее состав МВИ и методиками выполнения расчетов.

§ 112. При оценке неопределенности значения искомой величины, определяемой по результатам дозиметрического контроля, следует учитывать:

• неопределенность определения соответствующей величины согласно МВИ ($U_{изм}$);

• неопределенность распространения результатов измерений или расчетов на реальный объект контроля (неопределенность за счет организации радиационного контроля, обусловленная его представительностью, в частности, погрешность усреднения $\dot{H}^*(d)$, $H_p(d)$ и т. д.) ($U_{дк}$):

$$U = \sqrt{U_{изм}^2 + U_{дк}^2}. \quad (13)$$

При оценке неопределенности значения искомой величины, определяемой по результатам дозиметрического контроля, не следует учитывать неопределенности принятых в обоснование Норм и используемых в радиационном контроле дозиметрических моделей и их параметров, характеризующих стандартного работника.

§ 113. При суммировании величин (например, для определения дозы, полученной в течение нескольких периодов контроля) следует руководствоваться следующими правилами:

$$D = \sum_k D_k \quad (14)$$

$$U = \sqrt{\sum_k U_k^2}, \quad (15)$$

где k – индекс обозначения частного результата.

§ 114. При разработке средств измерения и методик определения доз следует руководствоваться соображениями о безусловно приемлемой относительной неопределенности оценки значений дозиметрических величин, близких к пределу дозы:

$$u = \frac{U}{D} \le \alpha - 1, \quad (16)$$

где α – фактор неопределенности определения доз.

Значения параметра α, установленные МУ 2.6.1.016-2000 на основании рекомендаций МКРЗ и МАГАТЭ и отражающие реально достижимую в настоящее время точность определения доз, приведены в Табл.10.

Табл. 10. Приемлемые значения фактора неопределенности определения доз

Определяемая величина	Значение α
Эффективная доза внешнего облучения фотонами	1,5
Эффективная доза внешнего облучения нейтронами	2,0
Эквивалентная доза внешнего облучения кожи, кистей и стоп, а также хрусталика глаза любым излучением	2,0

Примечание: Значения α указаны для доз, близких к ПД.

9. Технические требования к средствам измерения для дозиметрического контроля

§ 115. Инструментально определяемыми величинами при дозиметрическом контроле являются операционные величины, приведенные в Табл.4 и Табл.5, а также характеристики аварийного облучения, приведенные в Табл.7. В Приложении 2 описаны некоторые методы ИДК, используемые в дозиметрическом контроле профессионального облучения.

§ 116. Технические требования к средствам измерения, используемым для группового дозиметрического контроля сформулированы в отдельных МУ «Контроль радиационной обстановки. Общие требования». Технические требования к средствам измерения для индивидуального дозиметрического контроля сформулированы в настоящем разделе.

9.1. Физическая схема

§ 117. Конструкция средства измерения, используемого для ИДК внешнего облучения, должна удовлетворять общей физической схеме, приведенной на Рис.3. Основными элементами конструкции средства измерения является поглотитель из тканеэквивалентного материала толщиной d_n (мм при плотности 1 г/см^2) и детектор из материала, близкого по свойствам к тканеэквивалентному с толщиной $d_д$ (мм при плотности 1 г/см^2). Соотношения между параметрами конструкции средств измерения и соответствующими определяемыми при ИДК величинами приведены в Табл.11.

Специальные требования к конструкции средств измерения, используемых для ИДК внешнего нейтронного излучения и ИДК облучения кожи и хрусталика глаза, рассмотрены в отдельных МУ.

9.2. Диапазон измерений

§ 118. Диапазоны измерений (определения) доз при текущем, оперативном и аварийном контроле приведены в Табл.12. Значения нижних и верхних пределов диапазонов установлены из соображений, приведенных в Приложении 2.

9.3. Погрешности средств измерений

§ 119. Для фотонного излучения суммарная относительная погрешность дозиметра δ должна определяться для ПЗ – геометрии при доверительной вероятности 0,95. Другие направления должны учитываться требованием к погрешности за счет углового распределения.

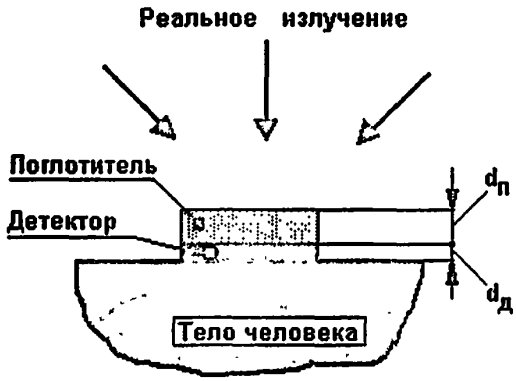

Рис.3. Принципиальная схема средства измерения, используемого для ИДК внешнего облучения; $d_п$ – толщина поглотителя (кассеты дозиметра); $d_д$ – толщина детектора.

***Табл.11.** Соотношение между параметрами конструкции средств измерения и соответствующими величинами, определяемыми при ИДК внешнего облучения*

Определяемая величина	Вид излучения	Параметры конструкции дозиметра	
		Толщина поглотителя, $d_п$, мм*	толщина детектора, $d_д$, мм*
$H_P(10)$	фотоны, нейтроны	10	1÷5
$H_P(0,07)$**	фотоны, нейтроны, электроны	0,05	0,05
$H_P(3)$	фотоны, электроны	3	0,5÷0,8
$D_P(10)$	фотоны	10	1÷5
K(0)	нейтроны	1	1÷5

Примечания: *В единицах толщины тканеэквивалентного вещества с плотностью 1 г/см^2; **В особых случаях $d_п$ = 0,4 мм согласно отдельным МУ.

***Табл.12.** Диапазоны измерения величин определяемых при ИДК внешнего облучения*

Определяемая величина	Вид контроля	Диапазон измерения	Вид излучения
$H_P(10)$	текущий	0,2*–500 мЗв	Фотоны, нейтроны
	оперативный	0,2–200 мЗв	
	аварийный	10–5000 мЗв	
$H_P(0,07)$	текущий	2,0–5000 мЗв	Фотоны, нейтроны, электроны
	оперативный	2,0–5000 мЗв	
	аварийный	1–80 Зв	
$H_P(3)$	текущий	0,5–1500 мЗв	Фотоны, электроны
	оперативный	0,5–1500 мЗв	
	аварийный	0,05–10 Зв	
$D_P(10)$	аварийный	0,05–50 Гр	Фотоны
Керма на поверхности тела K(0)	аварийный	0,05–50 Гр	Нейтроны

Примечание: *Нижняя граница диапазона в полях смешанного гамма-нейтронного излучения при раздельном определении компонентов должна быть в 2 раза меньше.

Табл.13. Допустимые относительные неопределенности определения индивидуального эквивалента дозы при ИДК внешнего облучения

Излучение*			Условия определения
Фотоны	нейтроны	электроны	
+50 % -30 %	+100 % - 50 %	+100 % - 50 %	на уровне основных пределов дозы
+100 % - 50 %	+170 % - 60 %	+170 % - 60 %	на уровне 1/5 основных пределов дозы
+180 % - 65 %	+270 % - 70 %	+270 % - 70 %	на уровне регистрации дозы

Примечание: * С учетом энергетической зависимости чувствительности (см. Приложение 4), нелинейности и др. для облучения всего тела; при ИДК облучения кожи хрусталика глаза, кистей и стоп и для неуказанных в Табл.13 уровней доз, в т. ч. для аварийного облучения, следует руководствоваться рекомендациями Приложения 3. Границы неопределенности измерения (определения) доз указаны в Приложении 3. Значения погрешности учитывают значения фактора неопределенности α, приведенные в Табл.10.

§ 120. При выборе типа дозиметра и методики выполнения измерений следует руководствоваться требованиями к допустимым относительным неопределенностям определения величин, приведенным в Табл.13.

§ 121. Погрешность на конкретный дозиметр должна быть указана в технической документации.

9.4. Энергетическая зависимость чувствительности

§ 122. Энергетическая зависимость чувствительности дозиметра для значений доз, приведенным в Табл. 12, должна быть приведена в эксплуатационной документации.

§ 123. Рекомендуемая энергетическая зависимость чувствительности дозиметров для фотонов приведена в Приложении 4, для электронов – в Приложении 5, для средней энергии бета-спектра – в табл.8.4 НРБ-99, для нейтронов – в табл.8.8 НРБ-99.

В Табл.14 приведены значения коэффициентов перехода от флюенса фотонов φ_γ к $H_p(10)$, $D_p(10)$ и $H_p(0,07)$, а также коэффициенты перехода от флюенса нейтронов φ_n к $H_p(10)$.

Значения коэффициентов перехода от флюенса электронов к $H_p(0,07)$ и $H_p(3)$ приведены в Приложении 5.

§ 124. Дополнительная погрешность за счет отличия энергетической зависимости от рекомендуемой временно (до накопления опыта разработки дозиметров для контроля величин, нормируемых НРБ-99) не нормируется.

9.5. Угловая зависимость чувствительности

§ 125. Угловая зависимость чувствительности как зависимость показаний дозиметра от угла падения регистрируемого излучения на дозиметр (детектор) должна быть приведена в эксплуатационной документации. Рекомендуемая угловая зависимость чувствительности и ее средние значения в угле 2π для различных энергий фотонов приведены в Приложении 5. Дополнительная погрешность за счет отличия угловой зависимости от рекомендуемой временно (до накопления опыта разработки дозиметров для контроля величин, нормируемых НРБ-99) не нормируется.

9.6. Особенности отдельных дозиметров

§ 126. Дозиметр для контроля дозы $H_p(10)$ в поле фотонного и нейтронного излучения должен иметь равную чувствительность к этим видам излучения или необходимо использовать совместно два дозиметра (детектора), позволяющих раздельно определить дозы нейтронного и фотонного излучений.

§ 127. Дозиметр для контроля дозы $H_p(10)$ фотонного излучения при отсутствии бета-

Табл. 14. Значения коэффициентов перехода от флюенса фотонов (φ_γ) и флюенса нейтронов (φ_n) к дозиметрическим величинам

E_γ, МэВ	$H_P(10)/\varphi_\gamma$, пЗв·см^2 $D_P(10)/\varphi_\gamma$, пГр·см^2	$H_P(0,07)/\varphi_\gamma$, пЗв·см^2	E_n, МэВ	$H_P(10)/\varphi_n$, пЗв·см^2
0,010	0,067	7,036	$2,53\cdot10^{-8}$	11,4
0,015	0,824	3,061	$1\cdot10^{-7}$	12,6
0,020	1,026	1,756	$1\cdot10^{-6}$	14,4
0,030	0,802	0,887	$1\cdot10^{-5}$	13,2
0,040	0,639	0,619	$1\cdot10^{-4}$	10,3
0,050	0,570	0,527	$1\cdot10^{-3}$	8,78
0,060	0,547	0,496	$1\cdot10^{-2}$	11,2
0,080	0,584	0,532	$2\cdot10^{-2}$	17,1
0,100	0,672	0,619	$5\cdot10^{-2}$	39,0
0,150	0,963	0,909	$1\cdot10^{-1}$	90,6
0,200	1,277	1,226	$2\cdot10^{-1}$	180
0,300	1,889	1,844	$5\cdot10^{-1}$	335
0,400	2,457	2,419	1,0	422
0,500	2,989	2,961	1,2	433
0,600	3,482	3,465	2	442
0,800	4,391	4,387	3	431
1,000	5,216	5,243	4	422
1,500	6,993	-	5	420
3,000	11,12	-	6	423
6,000	17,85	-	7	432
10,000	26,66	-	8	445
			10	480
			14	550
			20	600

излучения должен иметь фильтр, достаточный для поглощения вторичных электронов (обеспечивающий электронное равновесие в месте расположения детектора), согласно ГОСТ 25935-83. В поле смешанного фотонного и бета-излучений необходимо использовать дозиметры с фильтром, позволяющим измерять суммарную дозу фотонного и бета-излучений, создаваемую на глубине 1 г/см^2.

9.7. Конструктивное исполнение

§ 128. Размер корпуса индивидуальных дозиметров и кассет не должен превышать 15 см (длина), 8 см (ширина) и 3 см (толщина) и объем не должен превышать 250 см^3. Масса не должна превышать 200 г.

§ 129. Корпус дозиметра и кассет, кроме дозиметров для определения эквивалентной дозы в коже, кистях, стопах и хрусталике глаза, должен быть гладким, жестким, противоударным, пыле- и влагозащищенным. На корпусе должно быть предусмотрено устройство для крепления дозиметра или кассеты на одежде или теле персонала, например, крепкий зажим, клипса, кольцо или ремешок (шнур), а в описании, прикладываемом к дозиметру, должен быть указан способ ношения дозиметра. Дозиметры должны иметь снаружи легко различимую нумерацию или код номера, а персональные дозиметры, по возможности, портрет владельца.

§ 130. Корпус дозиметра для измерения доз на открытых участках кожи (за исключением кожи пальцев рук и ладоней) должен иметь диаметр не более 4 см, быть гладким, жестким, а также должен иметь устройство или приспособление для их крепления, нумерацию или код номера и т. д.

§ 131. Дозиметры для измерения доз в коже пальцев рук и ладоней должны быть гибкими, эластичными, пыле-влаго-светозащищенными и не должны создавать неудобств при выполнении производственных операций.

§ 132. При использовании дозиметра (кассеты) в условиях возможного радиоактивного загрязнения должна быть предусмотрена защита корпуса, переключателей, кнопок пластиковыми пакетами или наклейками (для облегчения или исключения дезактивации дозиметра).

§ 133. Корпуса кассет ТЛД должны обеспечивать светозащиту детекторов при внешней освещенности до 10000 лк.

10. Общие нормативные требования к методикам выполнения измерений и поверке средств измерения

§ 134. Основные требования к методикам выполнения измерения устанавливаются, исходя из следующего:

- минимальное значение измеряемой величины должно быть таким, чтобы обеспечивалось измерение (определение) дозы не менее чем в два раза ниже установленной нижней границы диапазона дозы;
- методика должна обеспечивать измерение в диапазоне от минимального значения измеряемой величины до уровней, обусловленных условиями ее применения;
- суммарная неопределенность измерения не должна превышать значений, указанных в Табл.13.

§ 135. При метрологической аттестации методики выполнения измерений (МВИ) должны определяться следующие основные характеристики:

- диапазон измерений;
- энергетический диапазон;
- случайная составляющая погрешности;
- систематическая составляющая погрешности.

Также должны указываться контролируемые метрологические характеристики, изменение значений которых влияет на основные, приведенные выше, а именно:

- погрешность средства измерения по данной методике;
- нестабильность работы средства измерения;
- показания от контрольного источника (при необходимости).

Могут определяться и другие (дополнительные) характеристики методики.

§ 136. Изложение методик выполнения измерений должно отвечать требованиям основополагающих документов Госстандарта России:

- ГОСТ Р 8.563 - ГСИ. Методики выполнения измерений;
- МИ 2377-96 - ГСИ. Разработка и аттестация методик выполнения измерений;
- МИ 2453-98 - ГСИ. Методики радиационного контроля. Общие требования;
- МИ 1967-89 - Рекомендация. ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения;
- МИ 2174-91 - Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения;

При разработке методик выполнения измерений, утверждаемых органами Госсанэпиднадзора и Федеральным управлением медико-биологических и экстремальных проблем при Минздраве России, необходимо выполнение требований нормативных документов:

- Р 1.1.004-94. «1.1. Общие вопросы. Общие требования к построению, изложению и оформлению санитарно-гигиенических и эпидемиологических нормативных и методических документов». Госкомсанэпиднадзор России. М., 1994.
- «Классификатор санитарно-гигиенических и эпидемиологических нормативных и методических документов». Госкомсанэпиднадзор России. М., 1994.

§ 137. Метрологическое обеспечение выпуска и эксплуатации средств измерения (индивидуальных дозиметров) базируется на поверочных схемах для средств измерений различных физических величин и на табличных данных НРБ-99, содержащих соотношения

Табл. 15. Перечень ГОСТов на поверочные схемы

Определяемая величина	Вид излучения	ГОСТ на поверочную схему	Источник данных
дозы $H_P(10)$ и индивидуальная поглощенная доза $D_P(10)$	фотоны*	ГОСТ 8.034, ГОСТ 8.070**	МКРЗ [2]
	нейтроны*[3]	ГОСТ 8.031, ГОСТ 8.105, ГОСТ 8.347	МКРЗ [3]
Эквиваленты индивидуальной дозы $H_P(0,07)$ и $H_P(3)$	фотоны	ГОСТ 8.034	НРБ [4]
	электроны	ГОСТ 8.033, ГОСТ 8.035	НРБ [5]

Примечания: * пересчет переноса энергии к экспозиционной дозе – по ГОСТ 25935-83; ** пересчет от экспозиционной дозы к дозе $D_P(10)$ – согласно Приложению 4 настоящих МУ; *[3] соответствующая таблица для $D_P(10)$ в НРБ-99 отсутствует.

между рядом нормируемых величин и физической величиной – плотностью потока частиц или фотонов (Табл.15).

§ 138. Поля ионизирующих излучений, в которых проводят градуировку и поверку индивидуальных дозиметров создают с помощью эталонных (образцовых) средств из различных поверочных схем (источников, установок, приборов).

Плотность потока частиц или фотонов этих полей, необходимую для определения нормируемых величин, вычисляют , при необходимости, по значениям физических величин из следующих поверочных схем: мощности экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений (ГОСТ 8.034-82). Следует также использовать эталонные (образцовые) средства из поверочных схем для средств измерений мощности поглощенной дозы бета- (ГОСТ 8.035-82) и фотонного (ГОСТ 8.070-96) излучений, когда нормируемая величина равна физической из поверочной схемы. При этом в случае бета- и фотонного излучения эквивалент дозы в коже или хрусталиках принимают равным поглощенной дозе в МБТ.

§ 139. Сведения, необходимые при поверке дозиметров в эталонных полях фотонного излучения различных энергий с известной мощностью экспозиционной дозы и при пересчете их показаний к эффективной дозе в случае градуировки в единицах других величин, приведены в Приложении 4.

§ 140. Методики поверки дозиметров изложены в следующей нормативно-технической документации, которая может быть использована при поверке индивидуальных дозиметров:

- ГОСТ 8.013-72 на дозиметры индивидуальные конденсаторные;
- МИ 1788-87 на приборы дозиметрические для измерения экспозиционной дозы, поглощенной в воздухе дозы (содержит данные для амбиентной дозы $H^*(10)$ и эквивалентной дозы в коже H_S);
- МИ 1910-88 на дозиметры поглощенной дозы, амбиентной дозы $H^*(10)$ и эквивалентной дозы в коже H_S;
- РД 50-444-83 на приборы термолюминесцентные для измерения экспозиционной и эквивалентной дозы фотонного излучения, поглощенной и эквивалентной дозы бета-излучения;
- ГОСТ Р МЭК 1066-93 «Системы дозиметрические термолюминесцентные для индивидуального контроля и мониторинга окружающей среды. Общие технические требования и методы контроля».
- РД 50-458-84 на дозиметры для измерения поглощенной и эквивалентной дозы нейтронного излучения;
- МИ 2011-89 на дозиметры гамма-нейтронного излучения ионизационные для измере-

[2] Данные для $H_p(10,0^o)/K_a$ из таблицы А.24 Публикации 74 МКРЗ.
[3] Данные для $H_{p,slab}(10,0^o)$ из таблицы А.42 Публикации 74 МКРЗ.
[4] Данные для ПЗ-геометрии облучения из таблиц 8.6 и 8.7 НРБ-99.
[5] Данные для ПЗ-геометрии облучения из таблиц 8.2 и 8.3 НРБ-99.

ния мощности поглощенной дозы.

• IEC 61283 (1995-02) Radiation protection instrumentation. Direct reading personal dose equivalent (rate) monitors. X, gamma and high energy beta radiation.

• IEC 61322 (1994-11) Radiation protection instrumentation. Installed dose equivalent rate meters, warning assemblies and monitors for neutron radiation of energy from thermal to 15 MeV.

• IEC 61323 (1995-01) Radiation protection instrumentation - Neutron radiation - Direct reading personal dose equivalent and/or dose equivalent rate monitors.

• IEC 61525 (1996-09) Radiation protection instrumentation. X, gamma, high energy beta and neutron radiations - Direct reading personal dose equivalent and/or dose equivalent rate monitors.

• IEC 61526 (1998-04) Radiation protection instrumentation. Measurement of personal dose equivalents $H_p(10)$ and $H_p(0,07)$ for X, gamma and beta radiations. Direct reading personal dose equivalent and/or dose equivalent rate monitors.

Методы измерения основных параметров дозиметров фотонного и нейтронного излучений с табличными данными, аналогичными данным НРБ-99, приведены в ГОСТ 25935-83.

11. Принципы планирования программы дозиметрического контроля внешнего облучения

11.1. Обоснование принятия решения о введении контроля

§ 141. Решение о введении ДК внешнего облучения для каждого конкретного работника или группы лиц, т. е. внесение их в программу контроля, основывается прежде всего на данных контроля радиационной обстановки на рабочем месте

§ 142. На решение о проведении ДК должны влиять следующие основные факторы: ожидаемый уровень облучения, наиболее вероятные изменения дозы облучения, а также сложность методов измерения и интерпретации, составляющих программу контроля.

11.2. Выбор метода контроля

§ 143. Выбор и обоснование метода контроля зависит от многих факторов: вида контроля, вида и энергии излучения, ожидаемых уровней мощности дозы и дозы, числа подлежащих контролю лиц, характеристик средств ДК, стоимости, сложности и трудоемкости организации и проведения контроля.

§ 144. При выборе метода дозиметрии внешнего облучения необходимо знать такие характеристики ионизирующего излучения, как вид излучения и его энергетический спектр. Это позволит существенно упростить как программу измерения и определения эффективной дозы.

§ 145. Текущий контроль чаще всего проводят с использованием термолюминесцентных дозиметров, а для оперативного контроля получение быстрых и надежных результатов достигается в случае использования прямопоказывающих камерно-ионизационных или электронных прямопоказывающих дозиметров.

§ 146. При аварийном контроле целесообразно использовать те же типы дозиметров с более широким диапазоном измерений доз – до 2–70 Гр.

11.3. Программы контроля нормальных условий работы, в случае планируемого повышенного облучения и аварий

§ 147. Программа дозиметрического контроля включает определение контролируемой группы персонала, для членов которой необходимо проведение индивидуального контроля доз, проведение ИДК для контролируемой группы персонала и проведение группового дозиметрического контроля для остальных работников организации.

Большинство факторов, определяющих Программу контроля нормальных условий работы, остаются теми же и для программы аварийного контроля, однако требования к аварийному контролю могут отличаться и могут быть значительно усложнены.

§ 148. В Программах аварийного контроля важное место занимают вопросы согласования взаимодействия усилий медицинских служб и радиологических (дозиметрических) служб

на различных этапах после возникновения аварии.

Аварийный дозиметрический контроль обычно проводится с использованием тех же методов и средств измерения, что и при ИДК для нормальных условий эксплуатации. Однако, в зависимости от ожидаемого развития аварии могут использоваться другие средства измерения и соответствующие МВИ, а также специфические методики расчета дозы. Возможна выдача дополнительных дозиметров со специальными техническими характеристиками. Результаты расчетов должны выражаться не только в эффективной и эквивалентных дозах, но также и в поглощенной дозе для оценки детерминированных эффектов.

В целях обеспечения радиационной безопасности работника служба радиационной безопасности или дозиметрическая служба должна прогнозировать или планировать работы, где вероятность аварии велика и должна быть специально подготовлена для проведения измерений более высоких уровней мощности дозы и дозы, чем в случае ИДК при нормальной эксплуатации источников излучения.

§ 149. Принятые Программы контроля должны периодически пересматриваться с учетом *накопленного опыта, оценки необходимости, достоверности и эффективности контроля*, а также и возможных изменений радиационной обстановки на рабочих местах вследствие изменений технологии или выполняемых персоналом операций.

12. Регламент дозиметрического контроля

12.1. Проведение дозиметрического контроля внешнего облучения

§ 150. Проведение ДК и учет внешнего облучения должно осуществляться в соответствии с Регламентом (Программой) дозиметрического контроля. Регламент ДК утверждается Федеральным управлением «Медбиоэкстрем». Цель Регламента заключается в достижении приемлемой неопределенности (погрешности) определения индивидуальной дозы и уточнения ее значения путем уменьшения консерватизма дозиметрических моделей по мере приближения дозы облучения к соответствующему пределу.

12.2. Содержание Регламента радиационного контроля

§ 151. Регламент радиационного контроля включает:

- определение контролируемых групп персонала, для членов которых необходимо проведение ДК;
- проведение ДК для контролируемых групп персонала;
- проведение группового дозиметрического контроля для персонала организации, не включенного в контролируемые группы персонала;
- анализ облучаемости персонала за контролируемые периоды и за год;
- получение данных о персонале фактически работавшем с ИИИ;
- оптимизацию затрат на радиационный контроль;
- инструктаж персонала по использованию технических средств ДК.

Кроме того в этом документе могут быть отражены:

- порядок организации и проведения контроля;
- контролируемые виды и энергетические спектры излучения и используемые МВИ;
- вид контроля и контрольные уровни;
- контролируемый контингент персонала;
- периодичность контроля;
- подразделения, для которых осуществляется оперативный контроль;
- виды работ, при выполнении которых возможно получение больших доз;
- метод определения дозы;
- подготовка протокола результатов.

Для большинства конкретных производств (или отдельных участков технологической цепочки) необходимо определять и устанавливать в Регламенте обоснованный объем контроля, постоянно подтверждая и уточняя его с учетом изменяющейся радиационной обстановки. В данном документе рассматриваются лишь общие требования к составляющим

Регламента, которые необходимо учитывать при его разработке и введении.

12.3. Подготовка и обоснование Регламента

§ 152. Подготовка и обоснование Регламента проводится СРБ. Наличие Регламента является необходимым условием выдачи Санитарного паспорта. Регламент утверждает лицо, ответственное на предприятии за проведение радиационного контроля, и согласовывает его с территориальным органом Госсанэпиднадзора.

12.4. Порядок организации и проведения контроля

§ 153. По сложившейся практике ДК внешнего облучения обычно осуществляется службой радиационной безопасности или дозиметрической службой.

§ 154. Большинство измерений при ДК внешнего облучения с оформлением результатов проводятся в службах дозиметрического контроля предприятий.

§ 155. Все вопросы, связанные с осуществлением ДК, с представлением и оформлением результатов измерений (определения) доз и т. п., должны указываться в документе (приказе), согласованном с исполнителем работ, СРБ и утвержденном Руководством предприятия.

§ 156. В Регламенте дозиметрического контроля могут отражаться организационные вопросы, важные с точки зрения обеспечения качества ДК, в т. ч. вопросы контроля правильности ношения и применения средств дозиметрического контроля.

§ 157. Вопросы информационно-измерительного обеспечения должны решаться с учетом Методических указаний по внедрению автоматизированных систем индивидуальных доз облучения персонала "Общие требования к проектированию информационных систем ИДК предприятий Минатома России".

12.5. Виды контроля и контрольные уровни

§ 158. Контроль доз профессионального облучения проводится для всего персонала организации. Контроль индивидуальных доз персонала в нормальных условиях эксплуатации источников излучения и в условиях повышенного облучения проводится независимо.

§ 159. Используемые при проведении ДК виды контроля устанавливают в Регламенте в соответствии с данными в разделе 6 определениями.

§ 160. В нормальных условиях эксплуатации источников излучения для организации контроля облучения персонала группы А устанавливаются уровни введения индивидуального дозиметрического контроля ($У_{вк}$) в соответствии с требованиями раздела 6.

§ 161. Индивидуальный дозиметрический контроль используется:

- для определения доз облучения персонала группы А в условиях нормальной эксплуатации источника излучения, если по имеющимся данным значение годовой дозы облучения на рабочем месте превышает или по прогнозу может превысить $У_{вк}$;
- для определения доз облучения всех лиц, работающих с ИИИ в условиях плани-руемого повышенного облучения.

§ 162. Групповой дозиметрический контроль характеризуется значительной неопределенностью определения индивидуальных доз и может использоваться для определения доз облучения персонала только в условиях нормальной эксплуатации ИИИ:

- для определения доз профессионального облучения персонала группы А, если по имеющимся данным значение годовой дозы облучения на рабочих местах не превышает или по прогнозу не может превысить $У_{вк}$;
- для определения доз профессионального облучения персонала группы Б.

§ 163. Контроль эквивалентной дозы внешнего облучения отдельных органов лиц из персонала группы А вводится для работников, для которых по данным систематического контроля радиационной обстановки выполнение производственных обязанностей в течении года может привести к превышению значения $У_{вк}$, установленного для соответствующих органов.

§ 164. Индивидуальный контроль внешнего облучения вводится также при проведении

новых технологических операций и операций, для которых отсутствуют систематические данные контроля радиационной обстановки.

§ 165. ДК внешнего облучения проводится с учетом МУ «Определение эквивалентной дозы в коже и хрусталике глаза от слабо проникающего излучения» и МУ «Определение индивидуальных эффективных доз нейтронного излучения».

12.6. Контролируемый контингент персонала

§ 166. Категории и число лиц, подлежащих индивидуальному контролю внешнего облучения, определяется в соответствии с видом контроля и его периодичностью. Принятие решения о введении контроля основывается на результатах прогнозного определения доз облучения.

§ 167. Текущий контроль обязателен для персонала группы А, если выполняются критерии введения индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения (Табл.8).

§ 168. Оперативный контроль или аварийный контроль. Число контролируемых лиц определяется количеством участников работ, т.е. обследованию подлежат все участники работ с повышенной опасностью внешнего облучения при выполнении отдельных допусковых работ или при аварии.

12.7. Периодичность контроля

§ 169. Периодичность ДК внешнего облучения должна обеспечивать объективное отражение реального облучения работников и, тем самым, условий их труда, одновременно позволяя избегать излишних расходов на недостаточно информативные измерения.

Периодичность контроля определяется многими факторами, главными из которых являются:

1) ритм (характер) облучения: хроническое равномерное или неравномерное облучение, отдельные (в том числе и большие) случайные облучения на фоне малого квазиравномерного и т. п.;

2) уровни радиоактивного загрязнения рабочего помещения;

3) значения контрольных уровней;

4) нижний предел измерения используемых приборов и метода контроля по контролируемому параметру (например, минимальная определяемая доза и минимально измеряемая мощность дозы).

С учетом указанных факторов для каждой группы контролируемых работников устанавливается определенная периодичность контроля.

§ 170. Максимальная адекватность и эффективность контроля для быстро меняющейся радиационной обстановки обеспечивается при минимальных интервалах контроля и максимальной чувствительности МВИ.

Поскольку текущий контроль проводится при меньших уровнях облучения, то для его проведения требуются, как правило, более чувствительные методы и приборы.

§ 171. Указанные составляющие объема контроля, а именно виды контроля, контингент, периодичность контроля должны быть отражены в соответствующих регламентах контроля, подготовка и обоснование которых в большинстве случаев являются сложной исследовательской работой.

12.8. Метод определения дозы и интерпретация измеряемых величин

§ 172. Определение индивидуальных доз внешнего облучения по результатам систематических измерений, выполняемых при проведении ГДК или ИДК основано на интерпретации результатов контроля дозы облучения работника, полученной в течение периода контроля и обусловленной воздействием источников внешнего облучения.

§ 173. Для целей контроля профессионального облучения период контроля определяется как промежуток времени между последовательными измерениями следующих характеристик:

• радиационной обстановки в рабочем помещении (на рабочих местах) при проведении

ГДК; либо

• индивидуального облучения каждого работника при проведении ИДК.

12.9. Определение индивидуальных доз внешнего облучения

§ 174. Индивидуальная годовая эффективная доза E облучения работника и индивидуальная годовая эквивалентная доза облучения органа или ткани работника равны суммам соответствующих индивидуальных доз, приписанных работнику по результатам дозиметрического контроля за периоды контроля, проводившегося в течение календарного года.

В случае, когда определенное посредством ГДК или ИДК значение эффективной дозы или эквивалентной дозы облучения органа или ткани работника, полученной в течение периода контроля профессионального облучения, не превышает значения $У_Р$, его индивидуальной дозе облучения за период контроля приписывается значение, равное нулю.

В случае, когда определенное посредством ГДК или ИДК значение эффективной дозы или эквивалентной дозы облучения органа или ткани работника, полученной в течение периода контроля профессионального облучения превышает $У_Р$, его индивидуальной дозе облучения за период контроля приписывается значение, равное определенному по результатам ИДК или ГДК значению дозы облучения.

§ 175. Согласно требованиям МУ 2.6.1.016-2000 за усредненную за любые последовательные 5 лет индивидуальную годовую эффективную дозу следует принимать значение, рассчитанное по следующей формуле:

$$\overline{E}_A = \frac{1}{5}\sum_{i=A-4}^{A} E_i, \quad (17)$$

где: E_i – индивидуальная годовая эффективная доза, полученная за i-й год; $\overline{E}_A$ –отнесенная к календарному году A усредненная за последовательные 5 лет индивидуальная годовая эффективная доза.

При расчете $\overline{E}_A$:

• принимаются равными нулю дозы облучения, полученные за годовые периоды, предшествующие годовому периоду, включающему первый день ввода в действие Норм;

• принимаются равными нулю дозы облучения, полученные за соответствующий годовой период, включающий первый день ввода в действие Норм.

§ 176. Согласно требованиям МУ 2.6.1.016-2000 за индивидуальную эффективную дозу, накопленную за период трудовой деятельности (50 лет), следует принимать значение, рассчитанное по следующей формуле:

$$E(50)_A = \sum_{i=A-50}^{A} E_i, \quad (18)$$

где: E_i – индивидуальная годовая эффективная доза, полученная за i-й год; $E(50)_A$ – отнесенная к календарному году A накопленная за период трудовой деятельности индивидуальная эффективная доза.

При расчете $E(50)_A$:

• принимаются равными нулю дозы облучения, полученные за годовые периоды, предшествующие годовому периоду, включающему первый день ввода в действие Норм;

• принимаются равными нулю дозы облучения, полученные за соответствующий годовой период, включающий первый день ввода в действие Норм.

§ 177. Учет индивидуальных доз и сопоставление их с дозовыми пределами должны проводиться по номинальным значениям без погрешности.

§ 178. Значения индивидуальных эквивалентных доз облучения отдельных органов и тканей, контроль которых необходимо осуществлять согласно требованиям Норм и Правил, определяются посредством группового или индивидуального дозиметрического контроля.

12.10. Определение доз внешнего облучения посредством группового дозиметрического контроля

§ 179. Групповой дозиметрический контроль облучения заключается в определении индивидуальных доз облучения работников с учетом времени пребывания персонала в рабочем помещении (на рабочих местах) и на основании результатов измерений характеристик радиационной обстановки в рабочем помещении (на рабочих местах), включая:

- результаты определения значений операционных величин для контроля радиационной обстановки в рабочих помещениях;
- результаты измерений энергетического распределения плотности потока $\varphi(E_R)$, частиц R-го вида (нейтроны, фотоны, электроны) на рабочем месте.

Если для определения индивидуальной эквивалентной дозы внешнего облучения органа или ткани можно применять групповой дозиметрический контроль и при этом:

- характер выполняемых на рабочем месте операций, либо
- использование индивидуальных средств защиты исключают неравномерное (локальное) облучение органа или ткани, когда отношение значений эквивалентной дозы к эффективной дозе внешнего облучения не превосходит 3/2, то за значение эквивалентной дозы облучения соответствующего органа допускается принять значение индивидуальной эффективной дозы внешнего облучения.

§ 180. При наличии данных контроля мощности эквивалента амбиентной дозы на рабочем месте за значение эффективной дозы внешнего излучения $E^{внеш}$, мЗв, следует принимать:

$$E^{внеш} = 0{,}001 \cdot \sum_k \dot{H}^*(10)_k \cdot \Delta t_k, \qquad (19)$$

где Δt_k – длительность выполнения k-ой операции работником в течение контролируемого периода в часах при средней мощности эквивалента амбиентной дозы $\dot{H}^*(10)_k$, мкЗв/ч.

§ 181. При наличии данных об энергетическом распределении плотности потока фотонов и нейтронов на рабочем месте за значение эффективной дозы внешнего облучения $E^{внеш}$, мЗв, для соответствующего вида частиц следует принимать:

$$E^{внеш} = 3{,}6 \cdot 10^6 \sum_{R,E_R,k} \varphi(E_R)_k \cdot e(E_R)^{внеш} \cdot \Delta t_k = 0{,}012 \cdot \sum_{R,E_R,k} \frac{\varphi(E_R)_k}{ДПП(E_R)} \cdot \Delta t_k, \qquad (20)$$

где: Δt_k – длительность выполнения k-ой операции работником в течение контролируемого периода в часах при средней плотности потока $\varphi(E_R)_k$ частиц R-го типа с энергией E_R, част./(см²·с). Рекомендуемая единица плотности потока – част./(см²·с); $e(E_R)^{внеш}$ – эффективная доза внешнего облучения на единичный флюенс частиц R-го типа с энергией E_R при облучении параллельным пучком в передне-задней геометрии (ПЗ-геометрии), Зв·см²; $ДПП(E_R)$ – среднегодовая допустимая плотность потока частиц R-го типа с энергией E_R при облучении в ПЗ-геометрии, част./(см²·с).

Для фотонов с энергиями 0,01–10,0 МэВ и нейтронов с энергиями от тепловой и до 20 МэВ значения $e(E_R)^{внеш}$ и $ДПП(E_R)$ приведены в табл. 8.5 и 8.8 Норм соответственно. Для фотонов и нейтронов с энергиями вне указанного диапазона, а также для иных излучений значения $e(E_R)^{внеш}$ определяются отдельными МУ. Если для вычисления взвешивающих коэффициентов излучения для нейтронов требуется непрерывная функция, то следует использовать следующее приближение:

$$W_R = 5 + 17 \exp\left(-\frac{(\ln(2 \cdot E_n))^2}{6}\right), \qquad (21)$$

где E_n – энергия нейтронов, МэВ

§ 182. Для типов и энергий излучений, не включенных в соответствующую таблицу Норм, значение величины W_R следует принимать равным среднему значению коэффициента ка-

чества $\bar{k}$ излучения на глубине 10 мм в шаровом фантоме МКРЕ.

12.11. Эквивалентная доза в хрусталике глаза, в коже и на поверхности низа живота женщины

§ 183. За значение эквивалентной дозы в хрусталике глаза, в коже и эквивалентной дозы на поверхности низа живота женщины H_T, мЗв, полученных в течение соответствующего контролируемого периода, следует принимать:

$$H_T = 0{,}001 \cdot \sum_k \dot{H}^*(d_n)_k \cdot \Delta t_k, \qquad (22)$$

где Δt_k – длительность выполнения k-ой операции работником в течение соответствующего контролируемого периода в часах при средней мощности соответствующего эквивалента амбиентной дозы $\dot{H}^*(d_n)_k$, мкЗв/ч.

§ 184. За значение эквивалентной дозы в хрусталике глаза и в коже H_T, мЗв, при наличии данных об энергетическом распределении плотности потока фотонов и электронов следует принимать:

$$H_T = 3{,}6 \cdot 10^6 \sum_{R,E_R,k} \varphi(E_R)_k \cdot h(E_R)_T^{внеш} \cdot \Delta t_k = M_T \cdot \sum_{R,E_R,k} \frac{\varphi(E_R)_k}{ДПП(E_R)_T} \cdot \Delta t_k, \qquad (23)$$

где: Δt_k – длительность выполнения k-ой операции работником в течение контролируемого периода в часах при средней плотности потока $\varphi(E_R)$ частиц R-го типа с энергией E_R, част./(см² ·с); $h(E_R)_T^{внеш}$ – эквивалентная доза в органе или ткани T на единичный флюенс частиц R-го типа с энергией E_R в ПЗ-геометрии, Зв·см²; $ДПП(E_R)_T$ – допустимая плотность потока частиц R-го типа с энергией E_R при облучении в ПЗ-геометрии органа или ткани (табл. 8.2, 8.3, 8.6 и 8.7 Норм для электронов, фотонов и нейтронов соответственно), част./(см² ·с); $M_{ХРУСТАЛИК} = 0{,}09$; $M_{КОЖА} = 0{,}29$.

Для электронов, фотонов и нейтронов значения $h(E_R)_T^{внеш}$ и $ДПП(E_R)_T$ приведены в табл 8.2, 8.3, 8.6 и 8.7 Норм. Для электронов, фотонов и нейтронов с энергиями вне диапазона табличных значений, а также для иных излучений значения $h(E_R)_T^{внеш}$ определяются отдельными МУ. Если для вычисления взвешивающих коэффициентов излучения для нейтронов требуется непрерывная функция, то следует использовать приближение для взвешивающего коэффициента W_R.

§ 185. Для типов и энергий излучений, не включенных в соответствующую таблицу Норм, значение величины W_R следует принимать равным среднему значению коэффициента качества $\bar{k}$ излучения на глубине 10 мм в шаровом фантоме МКРЕ.

12.12. Определение доз посредством индивидуального дозиметрического контроля

§ 186. ДК внешнего облучения заключается в определении значений эффективной и эквивалентных доз внешнего облучения на основании результатов индивидуальных систематических измерений операционных величин с помощью индивидуальных дозиметров внешнего облучения.

§ 187. За значение эффективной дозы внешнего облучения следует принимать

$$E^{внеш} = F \cdot H_p(10), \qquad (24)$$

где F – коэффициент перехода от операционных к нормируемым величинам при контроле индивидуальной эффективной дозы внешнего облучения.

При равномерном облучении человека любым проникающим излучением, за исключением:

• нейтронов с энергиями от 1 эВ до 30 кэВ;
• фотонов с энергиями менее 20 кэВ,
значение коэффициента F следует принимать равным 1.

В случае, когда вклад нейтронов или фотонов указанных энергий в эффективную дозу превышает 50%, а также в случае неравномерного облучения тела человека, когда отношение максимальной плотности потока излучения, падающего на торс, к средней превышает 2,0, значение коэффициента F устанавливается в специальных моделях дозиметрического контроля согласно отдельным МУ.

§ 188. При облучении персонала эквивалентная доза облучения кистей и стоп не превосходит значения эквивалентной дозы облучения кожи кистей и стоп, поэтому при радиационном контроле за эквивалентную дозу облучения кистей и стоп допускается принимать эквивалентную дозу облучения кожи соответствующей части тела.

§ 189. За значение эквивалентных доз внешнего облучения органов и тканей (H_T) следует принимать значения соответствующих операционных величин индивидуального дозиметрического контроля:

$$H_{кожа} = H_p(0,07)$$
$$H_{стопы\ и\ кисти} = H_p(0,07)$$
$$H_{хрусталик} = H_p(3)$$
$$H_{низ\ живота} = H_p(10)$$

12.13. Оценка неопределенности определения доз

§ 190. Оценка неопределенности определения доз проводится согласно требованиям раздела 8, Приложения 1 и МИ 2453-98.

12.14. Принятие решения о проведении контроля внешнего облучения

§ 191. Принятие решения о введении ИДК внешнего облучения регламентировано требованиями, изложенными в настоящем разделе, и основывается на результатах прогнозного определения доз облучения по элементарной модели определения доз, опирающейся на данные радиационного контроля.

§ 192. Индивидуальный контроль внешнего облучения вводится также при проведении новых технологических операций и операций, для которых отсутствуют систематические данные контроля радиационной обстановки.

12.15. Порядок проведения контроля облучения персонала группы Б

§ 193. Радиационная безопасность персонала группы Б обеспечивается посредством установления защитных барьеров, препятствующих распространению излучения, радиоактивного загрязнения поверхностей и воздуха от источников загрязнения в зоне строгого режима организации на остальную территорию и помещения организации, и контроля целостности этих барьеров

§ 194. Оценка индивидуальных доз облучения персонала группы Б проводится расчетным методом группового дозиметрического контроля облучения, основывающимся на данных радиационного контроля рабочих мест (рабочих помещений).

§ 195. Ограничение внешнего облучения персонала группы Б осуществляется путем установления контрольных уровней мощности эффективной дозы для рабочих помещений и систематического контроля за их непревышением.

12.16. Запись и хранение результатов дозиметрического контроля

§ 196. Результаты всех видов дозиметрического контроля, а также данные о суммарной накопленной дозе за весь период профессиональной работы должны регистрироваться и храниться в соответствии с требованиями ОСПОРБ-99.

§ 197. Индивидуальную дозу облучения в течение контролируемого периода регистрируют в журнале с последующим внесением в индивидуальную карточку, а также в машинный носитель для передачи данных в информационные системы предприятий и организа-

ций с целью создания базы данных (дозиметрических регистров) и передачи в единый банк данных о дозах облучения граждан, создаваемый Минздравом России в рамках Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан при воздействии различных ИИИ. Копия данных по облучению работника в случае его перехода в другую организацию, где проводится работа с источниками ионизирующего излучения, должна передаваться на новое место работы; оригинал должен храниться на прежнем месте работы. Данные об индивидуальных дозах у прикомандированных лиц должны сообщаться по месту их постоянной работы.

Кроме данных об индивидуальных дозах должны быть записаны идентификационная информация о работнике и его профессиональной деятельности, группа персонала, к которой относится данный человек, дата измерения, результат определения индивидуальной дозы, полученной на дату измерения в текущем календарном году (в течение месячного периода) с указанием неопределенности, результат расчета индивидуальной дозы за предшествующие пять лет, информация относительно облучения работника за период трудовой деятельности в данной организации, за период трудовой деятельности, предшествующей поступлению на работу в данную организацию, за период прикомандирования к другим организациям, в результате планированного повышения облучения и радиационных аварий, а также другие сведения, необходимые для создания Единой системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации (ЕСКИД).

Примечание. В соответствии с Федеральным Законом «Об информации, информатизации и защите информации» № 24-ФЗ от 20.02.1995 г. ст.11 информация о гражданах (персональные данные) относится к категории конфиденциальной информации.

Приложения

Приложение 1. Оценивание результатов радиационного контроля. Основные понятия.[6]

1. **Средство измерений (СИ)**[7] – техническое средство или комплекс средств (включая встроенные и сопряженные средства обработки информации), предназначенное для измерений конкретной физической величины и имеющее нормируемые метрологические характеристики.

2. **Показание СИ** (X) – значение измеряемой величины, получаемое как непосредственный отсчет СИ (в том числе, после автоматизированной обработки с помощью сопряженного процессора) или после введения обязательных (регламентированных) поправок.

Показание СИ при многократных (n) наблюдениях в неизменных условиях определяется как среднее арифметическое значение показаний x_i, полученных при i-м наблюдении:

$$X = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{n} \qquad (25)$$

При измерениях в неизменных условиях показаниям СИ свойственен случайный разброс значений, который характеризуют средним квадратическим отклонением (СКО):

• для x_i

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - X)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - nX^2}{n-1}}, \qquad (26)$$

• для X

$$S = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - nX^2}{n(n-1)}}. \qquad (27)$$

[6] Приложение 1 подготовил д.т.н., профессор Ярына В.П., Центр метрологии ионизирующих излучений ГНЦ РФ «ВНИИФТРИ».

[7] Из настоящего рассмотрения исключен специальный вид СИ – меры (радионуклидные источники и поля излучения).

При этом интервал значений, в котором с (доверительной) вероятностью P может находится «истинное» показание СИ, оценивается как

$$\{X_{min}, X_{max}\} = X \pm U_S, \qquad (28)$$

где разброс (неопределенность) значений U_S вычисляется по соотношению

$$U_S = t^P S, \qquad (29)$$

где t – коэффициент Стьюдента.

Относительная неопределенность определяется как

$$u_S = U_S / X. \qquad (30)$$

В технических измерениях P=0,95 и при достаточно большом числе наблюдений (n=5÷10) принимают t^P=2 для нормального закона распределения случайной величины и t^P=1,7 – для равномерного.

О метрологической корректности однократных наблюдений говорить затруднительно. Для СИ, в основе показаний которых лежит число зарегистрированных импульсов N, т. е. X = kN, в качестве средне-квадратического отклонения (СКО) обычно принимается $\sigma = k\sqrt{N}$. Для получения надежного результата всегда предпочтительно вместо выполнения одного наблюдения с большим N выполнять многократные наблюдения с меньшими N с последующей обработкой по вышеописанному алгоритму.

Следует иметь в виду, что неопределенность показаний СИ, обусловленная статическим характером испускания и регистрации излучения, при низких уровнях радиации, что характерно для радиационного контроля (РК), может составлять значительную долю общей неопределенности.

3. **Два метрологических понятия** связаны со средствами измерений и их практическим применением:

- погрешность СИ, определяется как отличие показаний СИ от истинного значения измеряемой величины;
- неопределенность измерений как характеристика точности измерений искомой величины с помощью данного СИ, определяющая разброс возможных при данном измерении значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Принципиально, что первое понятие предполагает знание истинного значения величины, а второе – ориентировано на оценку истинного значения измеряемой величины.

4. **Погрешность СИ** – метрологическая характеристика СИ, определяемая как отличие показания СИ (X) от истинного значения (X_0) измеряемой величины, в качестве которого принимается значение величины, воспроизводимой соответствующим эталоном:

- абсолютная погрешность (в единицах измеряемой величины)

$$\Delta = X - X_0, \qquad (31)$$

- относительная погрешность

$$\delta = \Delta / X_0. \qquad (32)$$

Погрешность СИ определяется как вероятностная оценка интервала возможных показаний СИ при измерении данной величины:

- Δ^+ и δ^+ – в сторону больших значений;
- Δ^- и δ^- – в сторону меньших значений.

Погрешность СИ обычно задается симметрично X_0 (т. е. $\delta^+=\delta^-=\delta$) для отдельных влияющих факторов или их совокупности. При наличии нескольких источников погрешностей:

$$\delta_{СИ} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \delta_i^2}, \qquad (33)$$

где δ_i – погрешность СИ, обусловленная i-м источником (погрешность калибровки, энергетическая зависимость чувствительности, угловая анизотропия чувствительности, чувствительность к сопутствующему излучению и др.).

Следует иметь в виду, что при определении погрешностей СИ выполняют многократные измерения с целью максимально возможно уменьшить СКО показаний СИ. Поэтому погрешность СИ трактуется как систематическая погрешность, влияние которой на результат

измерения при практическом применении СИ не может быть уменьшено проведением многократных наблюдений в неизменных условиях измерений.

Погрешность СИ задается как предел погрешности (при доверительной вероятности P=0,99) или как доверительная погрешность (при P=0,95). Для практического применения СИ при РК разницу между названными погрешностями можно считать непринципиальной (при вероятной оценке погрешности обычно предлагается равномерный закон распределения).

5. **Погрешность методики выполнения измерений** ($\delta_м$).

Понятие «погрешность» в трактовке, аналогичной п.4, полностью применимо к методикам выполнения измерений (МВИ). Имеются в виду неисключенные погрешности обработки измерительной информации, погрешности пробоподготовки и др.

6. **Неопределенность измерений** – параметр, определяющий интервал вокруг измеренного значения величины, внутри которого с заданной вероятностью находится истинное значение измеряемой величины.

Для обозначения доверительного интервала (для P=0,95; P=0,99 и др.) принято использовать термин «расширенная неопределенность» в отличие от термина «неопределенность», соответствующего интервалу в одно СКО. Имея в виду использование в РК исключительно доверительной вероятности P=0,95, для краткости допустимо применять термин **неопределенность измерений** без слова «расширенная».

Как и для «погрешности» применяют:

- U (U^+,U^-) – абсолютная неопределенность (в единицах измеряемой величины);
- u (u^+, u^-) – относительная неопределенность, определяемая как

$$u = U/R, \qquad (34)$$

где R – измеренное значение величины.

Укрупненно основными составляющими неопределенности при РК являются:

- погрешности средств измерений (основная и доверительные);
- статистическая (случайная) неопределенность измерений;
- методическая погрешность обработки измерительной информации (погрешность МВИ);
- погрешности, вызываемые взаимодействием (возмущением) средства измерений с объектом измерений, или погрешности пробоотбора и пробоподготовки;
- неопределенность перенесения результатов измерений в точках контроля на объект в целом (представительность контроля);
- неадекватность контролируемому объекту (эффекту) измерительной модели, параметры которой принимаются в качестве измеряемых величин.

7. **Результат (точечного) измерения** – определенное по показанию СИ значение искомой величины в заданной контрольной точке с оценкой неопределенности измерений.

Результатом измерения является интервал значений искомой величины от R_{min} до R_{max}, в котором с вероятностью P=0,95 находится истинное значение искомой величины:

$$R_{min} = R - U_R^- \qquad (35)$$

$$R_{max} = R + U_R^+ \qquad (36)$$

Здесь R – измеренное (или рассчитанное по измерению) значение искомой величины, а U_R^- и U_R^+ – абсолютные неопределенности измерений в сторону больших и меньших значений соответственно.

В общем виде неопределенность результата измерений обусловлена:

- случайной (в основном статистической) составляющей неопределенности измерений;
- погрешностью СИ и МВИ, трактуемой как систематическая составляющая.

Оценивание результата измерений выполняется с использованием следующих соотношений:

$$U_R^+ = u_R^+ R \qquad (37)$$

$$U_R^- = u_R^- R \qquad (38)$$

$$u_R^+ = \sqrt{u_s^2 + (u_\delta^+)^2} \qquad (39)$$

$$u_R^- = \sqrt{u_s^2 + (u_\delta^-)^2} \qquad (40)$$

Здесь u_s – статистическая неопределенность, рассчитываемая по соотношениям (25–30), а u_δ – неопределенность, обусловленная погрешностью СИ и МВИ:

$$u_\delta^+ = \frac{\delta}{1-\delta}, \qquad (41)$$

$$u_\delta^- = \frac{\delta}{1+\delta}, \qquad (42)$$

где δ – доверительная погрешность применяемых СИ и МВИ.

$$\delta = \sqrt{\delta_{СИ}^2 + \delta_M^2}, \qquad (43)$$

При $R < 0$ (что возможно при разностных измерениях из-за статистического разброса показаний СИ) принимается $R = 0$. Принимается также $R_{min} = 0$ при $R - U_R^- < 0$.

Следует обратить внимание, что при симметричных значениях относительной погрешности СИ δ ($\delta^+ = \delta^-$), превышающей примерно 0,2, равноточным измерениям соответствуют несимметричные пределы для положительных (u^+) и отрицательных (u^-) неопределенностей.

8. **Результат контроля объекта** – значение контролируемого (нормируемого, регламентируемого) для объекта параметра, определяемое по результатам точечных измерений в соответствии с принятой методикой радиационного контроля (РК), с оценкой неопределенности результата контроля:

Q – значение контролируемого параметра;

u_Q – неопределенность результата контроля.

При этом

$$u_Q = \sqrt{u_R^2 + u_k^2}, \qquad (44)$$

где u_R – неопределенность результата измерений; u_k – неопределенность контроля, обусловленная представительностью контроля и физической неопределенностью самого объекта контроля.

9. **Форма представления результатов радиационного контроля.**

Форма представления результатов РК регламентируется соответствующей методикой (МРК или МВИ). При этом обязательным является указание:

- измеренного (рассчитанного по измерению) значения контролируемого параметра;
- оценки (полной) абсолютной неопределенности контроля при $P = 0,95$;
- оценки статистической (случайной) неопределенности измерения.

Оценка статистической неопределенности важна для анализа воспроизводимости результатов РК.

Числовое значение неопределенности конечного результата РК должно содержать не более двух значащих цифр. При этом при первой значащей цифре:

- 1 или 2 должна присутствовать вторая цифра от 0 до 9;
- 3 или 4 вторая цифра должна быть 0 или 5;
- от 5 до 9 вторая цифра отсутствует.

Округление числовых значений выполняется по общепринятым правилам.

10. **Критерии соответствия объекта РК нормативным требованиям.**

10.1. Для определения соответствия объекта установленным для него нормативам (контрольным уровням) используются параметр соответствия (В) и неопределенность его определения ($U_B = U_B^+$).

В случае единственного параметра для РК объекта:

$$B = Q / L, \qquad (45)$$

$$U_B = U_Q^+ / L, \qquad (46)$$

где Q – измеренное значение контролируемого параметра, U_Q – оценка неопределенности контроля, а L – значение норматива (контрольного уровня) для данного параметра.

При наличии нескольких параметров для РК объекта, нормативы для которых установлены раздельно, вывод о соответствии объекта нормативным требованиям принимается по совокупности результатов измерений всех нормируемых параметров. В этом случае:

$$B = \sum_i (Q/L), \qquad (47)$$

$$U_B = \sqrt{\sum_i (U_Q^+ / L)_i^2}, \qquad (48)$$

где i – индекс для обозначения соответствующего параметра.

10.2. Объект признается безусловно соответствующим нормативным требованиям, если

$$B + U_B \le 1 + \alpha. \qquad (49)$$

Здесь α – задаваемый компетентным органом (правилами, указаниями, рекомендациями) параметр, характеризующий безусловно приемлемую неопределенность РК в относительных единицах [8].

10.3. Объект нельзя признать соответствующим нормативным требованиям, если не выполняется условие (49). Однако, если при этом

$$B - U_B^- \le 1 + \alpha, \qquad (50)$$

то следует иметь в виду, что при проведении более точных (с меньшей неопределенностью) измерений существует вероятность получить соотношение (49).

Приложение 2. Методы дозиметрического контроля внешнего облучения

Для индивидуальной дозиметрии можно применять различные дозиметрические методы, детекторы ионизирующего излучения и технические средства (системы и приборы) на их основе.

В методах, основанных на использовании ионизационных камер, измеряют разряд конденсаторной ионизационной камеры, вызванный излучением, и по нему определяют дозу фотонного излучения. Энергетическая зависимость их чувствительности обычно не превышает ± 15 % в диапазоне энергии фотонов 40 кэВ – 1,25 МэВ. Однако они имеют существенную угловую зависимость чувствительности. К сопутствующему нейтронному излучению без специально принятых мер они на порядок менее чувствительны. Эти дозиметры пригодны для решения многих задач индивидуальной дозиметрии фотонного излучения.

Полупроводниковые дозиметры с применением p-n, p-i-n диодов и МОП-транзисторов основаны на изменении их параметров вследствие воздействия ионизирующего излучения. Диффузионные дрейфовые и поверхностно-барьерные кремниевые полупроводниковые детекторы работают подобно ионизационной камере. МОП-транзисторы работают как ионизационная камера с очень тонким чувствительным слоем. Для обеспечения избирательной чувствительности к различным видам излучений применяют соответствующие конверторы. Диапазон измерения дозы с помощью таких дозиметров от 0,01 мЗв до 10 Зв.

Фотопленочный метод основан на измерении почернения эмульсии, вызванного облучением и зависящего от дозы. Проявленные пленки сравнивают с образцами, облученными известными дозами. Нижний предел измерения 0,1–0,2 мЗв, поэтому они пригодны для

[8] Например, для контроля непревышения установленных нормативов при сертификационных испытаниях принимается $\alpha = 0$. При контроле индивидуальных эффективных доз внешнего облучения персонала и населения МКРЗ и МАГАТЭ рекомендовано $\alpha = 0{,}5$.

текущего контроля. Аварийный контроль можно обеспечить, применяя вторую низкочувствительную фотопленку. Метод может использоваться и для контроля бета-излучения, но его чувствительность сильно зависит от энергии бета-частиц.

Термолюминесцентный метод основан на использовании активированных добавками веществ, надолго запасающих энергию, переданную им излучением, и освобождающих ее при нагревании в виде фотонов термолюминесценции. В современных модификациях этот метод обладает очень широким диапазоном по дозам – от 10 мкЗв до 10–50 Зв. Это позволяет использовать его одновременно для текущего и аварийного контроля. В качестве люминофоров нашли применение:

- алюмофосфатные стекла, активированные марганцем;
- монокристаллы фторида лития, активированные магнием и титаном;
- монокристаллы фторида лития, активированные магнием, фосфором и медью;
- монокристаллы корунда;
- поликристаллы бората магния, активированные диспрозием.

Второй и третий материалы тканеэквивалентны, 1-ый и 4-ый требуют применения компенсирующих фильтров. Наиболее чувствительны 3-ий, 4-ый и 5-ый; 2-ой материал чувствителен к медленным нейтронам, и для разделения показаний от фотонного и нейтронного излучений используют два разных детектора, либо обеспечивают поглощение нейтронов фильтрами, либо разделяют излучения по пикам термолюминесценции.

Наряду с термолюминесцентным методом используют радиофотолюминесцентный метод. Радиофотолюминесцентный метод заключается в образовании в люминофоре под действием ИИИ стабильных центров люминесценции. При дополнительном возбуждении люминофора ультрафиолетовым светом возникает люминесценция, которая служит мерой поглощенной энергии. В выпускаемых моделях метод обеспечивает диапазон измерений от 0,25 до 5000 мЗв, в новых моделях нижний предел измерения будет уменьшен до 0,1 мЗв. Дозиметры не чувствительны к нейтронам. Особенностью РФЛД является то, что информация о зарегистрированной дозе не утрачивается в процессе считывания. Отжиг РФЛД можно проводить по мере необходимости. РФЛД могут быть использованы для текущего, оперативного и аварийного контроля.

Трековый метод основан на регистрации треков заряженных частиц излучения в соответствующем материале. Широкое применение для индивидуальной дозиметрии нейтронов нашел органический полимер CR-39, позволяющий регистрировать треки от протонов отдачи в материале детектора. Для аварийной дозиметрии применяют регистрацию осколков деления из нептуниевой мишени. После облучения детекторы протравливают для выявления треков, которые подсчитывают в микроскопе или автоматически на искровом счетчике.

Пузырьковые детекторы нейтронов основаны на закипании перегретого органического полимера в месте прохождения вторичной заряженной частицы, что приводит к образованию газового пузырька. Число пузырьков пропорционально тканевой дозе нейтронов и может быть подсчитано визуально или аппаратурно по щелчкам при вскипании пузырьков. Метод обладает высокой чувствительностью (до 1 мкЗв). Он нечувствителен к фотонному излучению, но чувствителен к температуре окружающей среды. Для обеспечения измерений в пределах указанных в Табл.12 требуется применение набора дозиметров с разной чувствительностью.

Электронные прямопоказывающие дозиметры основаны на применении дискретных детекторов: газоразрядных счетчиков, полупроводниковых или сцинтилляционных детекторов. Эти дозиметры обеспечивают обработку информации с детекторов и представление результатов измерения дозы и/или мощности дозы на прямопоказывающие цифровое, аналоговое или цифро-аналоговое табло в реальном времени. Диапазон измерения фотонного и бета-излучения таких дозиметров от 0,1 мкЗв до 10 Зв. Дозиметры обеспечивают измерение не только интегральной дозы и мощности дозы, но и сигнализацию о превышении заданных значений дозы и мощности дозы. В дозиметрах со сцинтилляционными детекторами применяют малогабаритные сцинтилляторы с малогабаритными ФЭУ или фотодиода-

ми. Такие дозиметры имеют высокую чувствительность и избирательность, позволяет достигнуть малой анизотропии чувствительности. Дополнительным преимуществом приборов со сцинтилляционными и спектрометрическими полупроводниковыми детекторами является возможность измерения спектра излучения. Электронные прямопоказывающие дозиметры удобны при обеспечении оперативного аварийного контроля. Они должны иметь автономный источник питания, обеспечивающий непрерывную работу прибора не менее 8 ч.

На основе применения термолюминесцентных, прямопоказывающих электронных и полупроводниковых дозиметров используют автоматизированные системы ИДК.

При контроле работ, где возможно аварийное облучение и работ, связанных с планируемым повышенным облучением и с облучением, не равномерным по телу, необходимо использовать дополнительные дозиметры, расположенные на участках тела, которые могут быть подвергнуты повышенному облучению.

При аварийном контроле облучения кожи применяют многослойные, например, термолюминесцентные дозиметры, для измерения глубинного распределения доз в коже до глубин около 500 мг/см^2.

При аварийном облучении наряду с применением индивидуальных дозиметров аварийного контроля могут быть привлечены специализированные лаборатории, использующие методы ретроспективной дозиметрии. К ним относятся методы, основанные на подсчете частоты появления хромосомных аберраций в лимфоцитах периферической крови или подсчете концентрации клеток в пункции костного мозга.

При наличии зубов, удаленных по медицинским показаниям у пострадавших при аварии, по сигналу ЭПР образцов эмалей зуба может быть определена эквивалентная доза фотонного излучения в месте, где он находился. По сигналу ЭПР образцов ногтей может быть определена поглощенная доза бета-фотонного излучения в месте отбора пробы, а по образцам волос с различных участков кожи, образцам тканей одежды пострадавшего и сопутствующих предметов может быть определено распределение поглощенной дозы фотонного излучения по поверхности тела пострадавшего.

При наличии нейтронного излучения может быть использована гамма-спектрометрия всего тела и радиометрия крови для определения по активации натрия флюенса тепловых нейтронов. При наличии сведений о действовавших спектрах нейтронов по этому флюенсу могут быть определены тканевые дозы от всех нейтронов. По активации серы в волосах, ногтях и одежде из шерсти может быть определен флюенс быстрых нейтронов и аналогично их доза в соответствующих точках на поверхности тела. Для оценки поля нейтронного излучения может быть использована активация окружающих предметов, попавших в поле излучения.

В случаях, когда возможно моделировать условия аварии, необходимо использовать антропоморфные фантомы, снаряженные набором дозиметров, а, в случае нейтронного излучения, набором активационных детекторов. Фантомы размещают в местах и в позах, которые были у пострадавших в момент аварии. По показаниям детекторов может быть определено распределение дозы гамма-нейтронного излучения по телу пострадавшего и спектры нейтронов. Может быть применено и компьютерное моделирование условий аварийного облучения.

При выборе средства измерения, используемого в ИДК внешнего облучения, следует руководствоваться следующими соображениями относительно диапазонов измерения.

Диапазон измерения для эквивалента индивидуальной дозы $H_p(10)$, который должен охватываться индивидуальным дозиметром текущего контроля, определяется НРБ-99, согласно которым предел эффективной дозы персонала группы А устанавливается 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год, а при планируемом повышенном облучении – до 200 мЗв. Поэтому верхнюю границу диапазона $H_p(10)$ следует установить не менее 500 мЗв. Нижняя граница диапазона должна быть на уровне 1/10 от предела дозы в год в среднем за любые последовательные 5 лет (20 мЗв), а в полях смешанного гамма-нейтронного излучения при раздельных измерениях (определении) компонентов – 1/20 от этого значения. Таким образом, при месячной периодичности контроля

диапазон дозы $H_p(10)$ при текущем контроле должен быть от 0,2 (0,1) мЗв до 500 мЗв. Нижний предел измерения 0,1 мЗв соответствует 1/10 от значения уровня регистрации или месячного значения годовой эффективной дозы.

При текущем контроле облучения кожи, кистей и стоп НРБ-99 регламентирует только годовой уровень облучения. Поэтому нижняя граница диапазона определяется как 1/2 уровня регистрации годовой эквивалентной дозы облучения кожи, кистей и стоп (5 мЗв) и принимается равной 2 мЗв. Диапазон измерений (определения) $H_p(0,07)$, а также $H_p(0,4)$ при текущем контроле должен находиться в пределах от 2 мЗв до 5 Зв. Поскольку уровень регистрации годовой эквивалентной дозы облучения хрусталика глаза составляет 2 мЗв, диапазон определения $H_p(3)$ при текущем контроле должен находиться в пределах от 0,5 мЗв до 1500 мЗв.

Оперативный контроль распространяется на одну рабочую операцию. Поэтому диапазон измерения (определения) $H_p(10)$ должен составлять от 0,1 мЗв до 200 мЗв. Для $H_p(0,07)$ и $H_p(0,4)$ диапазон измерения при оперативном контроле, если существует подозрение о возможном облучении кожи, должен быть как и при текущем контроле – от 2,0 мЗв до 5 Зв. Для $H_p(3)$ он должен находиться в пределах от 0,1 мЗв до 1500 мЗв.

Необходимость проведения оперативного контроля определяется службой радиационной безопасности организации (СРБ) на основании данных радиационного контроля и характера выполненных работ.

Аварийный контроль должен обеспечивать измерения (определения) доз, приводящих к острому общему или локальному лучевому поражению. Поэтому диапазон измерения (определения) $H_p(10)$ при аварийном контроле должен составлять 10 – 5000 мЗв. При аварийном контроле доз $H_p(0,07)$ $H_p(0,4)$ диапазон измерения (определения) должен быть в пределах от 1 Зв до 80 Зв, для $H_p(3)$ от 0,05 до 10 Зв. Нижние границы диапазона измерения (определения) $D_p(10)$ и К должны быть 0,05 Гр, а в полях смешанного гамма-нейтронного излучения при раздельном измерении (определении) компонентов – 0,02 Гр. Верхние границы диапазона $D_p(10)$ и К должны составлять 50 Гр и 50 Гр соответственно, учитывая возможность локальных переоблучений.

Приложение 3. Требования к суммарной погрешности измерения индивидуальной дозы дозиметрами

В настоящем приложении для простоты изложения принято единое обозначение H для всех нормируемых НРБ-99 доз.

При значениях относительной погрешности дозиметра Δ, превышающих примерно 0,2, равноточным измерениям соответствуют несимметричные пределы для положительных Δ_+ и отрицательных Δ_- неопределенностей. В этом случае в качестве величины, характеризующей погрешность дозиметра, целесообразно использовать фактор неопределенности F или натуральную логарифмическую погрешность L, имеющую симметричные пределы ± L для равноточных измерений.

Данные величины связаны соотношениями:

$$F = 1 + \Delta_+ = e^L = 1 + L + (1/2!)\,L^2 + \ldots;$$

$$1/F = 1 - \Delta_- = e^{-L} = 1 - L + (1/2!)L^2 - \ldots,$$

из которых следует, что при малых Δ (менее 10–15 %) $\Delta_- \approx L \approx \Delta_+$ и при любых Δ справедливо равенство $\Delta_- = \Delta_+ / (1 + \Delta_+)$.

Граничные значения L, H_n суммарной погрешности измерения дозы индивидуальным дозиметром вычисляются по формуле:

$$L = \ln\alpha \cdot \exp[-\ln 2 \cdot \lg(H/H_0)] \text{ при } H/H_0 < 50;$$

$$L = \ln 1{,}15 = 0{,}14 \text{ при } H/H_0 \geq 50;$$

$$H_0 = [H] \cdot \tau/12,$$

в которой τ, мес – время экспонирования дозиметра при периодичности контроля 12/τ раз в год, [H] – соответствующий предел дозы, α – коэффициент, зависящий от измеряемой

величины, вида излучения и характера облучения.

На Рис.4 показана допускаемая натуральная логарифмическая погрешность L при α = 1,5 и соответствующие значения фактора неопределенности F, положительных Δ_+ и отрицательных Δ_- относительных погрешностей дозиметров фотонного излучения (сплошная кривая) при различных значениях H/H_0 и $\dot{H}/\dot{H}_0$ (нижняя шкала). Верхняя шкала – при контроле среднегодовой мощности эффективной дозы. Допускаемые погрешности эффективной (эквивалентной на все тело) дозы, пересчитаны для логарифмической погрешности L из следующих нормативных документов: Публикаций 60 и 75 МКРЗ (пунктир, о), Публикации 35 МКРЗ (Δ), Доклада 20 МКРЕ (□), Примечаний к отечественному изданию этого доклада, относящихся к погрешности поглощенной дозы, пересчитанных для ПД=20 мЗв и τ = 12 мес. (штрихпунктир). Для эффективной дозы внешнего облучения фотонами установлено значение α = 1,5, для эффективной дозы внешнего облучения нейтронами и для эквивалентной дозы внешнего облучения хрусталика глаза, кожи, кистей и стоп любым излучением установлено значение α = 2,0.

Численный пример: найти значения величин, характеризующих допускаемую погрешность измерения эффективной дозы H = 15 мЗв при τ = 3 мес.

Вычисляют H_0 = 20·3/12 = 5 мЗв; H/H_0 = 15/5 = 3.

Определяют по графику (Рис.4) для H/H_0 = 3 или путем расчета

$L = \ln 1{,}5 \cdot \exp[-\ln 2 \cdot \lg 3] = 0{,}287$; $F = e^L = 1{,}33$;

$\Delta_+ = F - 1 = 0{,}33$ (в относительной форме) = 33 %;

$-\Delta_- = 1/F - 1 = -0{,}25$ (в относительной форме) = –25 %.

Формула справедлива при контроле с помощью инспекционных (коллективных) дози-

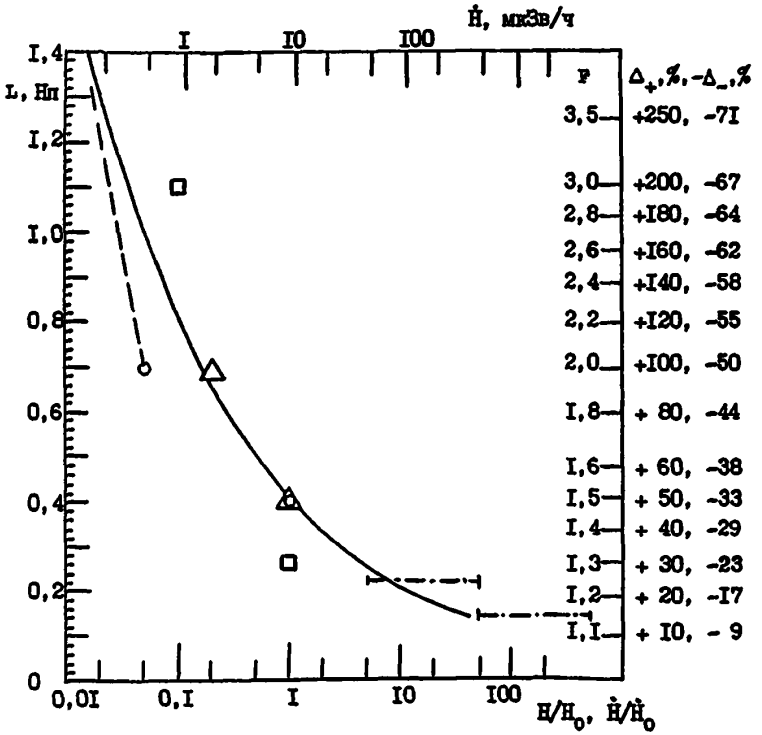

Рис.4. Допускаемая натуральная логарифмическая погрешность.

метров стабильной мощности дозы $\dot{H}$ в помещениях постоянного или периодического пребывания персонала, если заменить в ней дозы H и H_0 соответственно на мощности дозы $\dot{H}$ и $\dot{H}_0$ и полагать $\dot{H} = [H]/\tau$, где τ – общее время (в часах) пребывания персонала в помещении в течение года. Например, в случае контроля мощности эффективной дозы фотонного излучения ([H] = 20 мЗв) в помещениях постоянного пребывания персонала (τ = 1700 ч) допустимая среднегодовая мощность эффективной дозы $\dot{H}_0$ = 11,8 мкЗв/ч.

Таким образом, допускаемая погрешность L определения дозы определяется дозой H, отнесенной к доле H_0 предела дозы [H], приходящейся на время τ экспонирования индивидуального дозиметра, а погрешность L определения мощности дозы $\dot{H}$ определяется пределом дозы [H], отнесенным ко времени τ пребывания персонала в помещении, контролируемом с помощью инспекционного (коллективного) дозиметра.

Приложение 4. Соотношения между величинами, нормируемыми НРБ-99 и другими дозиметрическими величинами для фотонного излучения

В настоящем Приложении приведены соотношения между величинами, нормируемыми НРБ-99 и другими величинами для фотонного излучения, которые необходимо принимать во внимание при оценке неопределенностей, связанных с определением индивидуальных доз внешнего облучения на основе измерения операционных величин.

Для простоты изложения принято единое обозначение H_i для всех i-ых нормируемых НРБ-99 доз и $[H_i]$ для пределов i-ых доз:

- H_E – для эффективной дозы,
- H_L – для эквивалентной дозы в хрусталике глаза;
- H_S – для эквивалентной дозы в коже;
- H_U – для эквивалентной дозы облучения низа живота женщины репродуктивного возраста;
- обозначение Eγ для энергии фотонов.

Коэффициенты перехода от экспозиционной дозы X в свободном воздухе к величинам H_E, H_L, и H_S, нормируемым НРБ-99, приведены в Табл.16 для передне-задней геометрии облучения при различных энергиях E фотонов. Эти коэффициенты используются при градуировке дозиметров фотонного излучения по эталонным (образцовым) средствам измерений экспозиционной дозы согласно ГОСТ 8.034, а в случае иной геометрии облучения с учетом рекомендуемой угловой зависимости дозиметров (Приложение 5).

Эти же коэффициенты, приведенные в Табл.16 и на Рис.5 в долях от соответствующих пределов доз $[H_E]$, $[H_L]$ и $[H_S]$, позволяют выбрать для каждой энергии только одну контролируемую дозу и установить энергетическую зависимость чувствительности дозиметра (см. данные таблицы и кривую АБВГ, позволяющую совместно контролировать непревышение каждого предела дозы произвольного энергетического распределения излучения $n(E_\gamma) = \frac{dX}{dE_\gamma}$. Измеряемой величиной такого дозиметра по ГОСТ 25935-83 является т. н. «нормируемая доза» H_H. Она может быть выражена в процентных долях от своего предела дозы $[H_H]$ = 100 %, когда

$$H_H = \int_{E_A}^{E_\delta} \frac{H_S}{[H_S]\cdot X} n(E_\gamma)dE_\gamma + \int_{E_A}^{E_B} \frac{H_L}{[H_L]\cdot X} n(E_\gamma)dE_\gamma + \int_{E_A}^{E_\Gamma} \frac{H_E}{[H_E]\cdot X} n(E_\gamma)dE_\gamma \quad (51)$$

(здесь E_A = 5 кэВ, E_δ = 10 кэВ, E_B = 20 кэВ, E_Γ = 10 МэВ), или в единицах некоторой i-ой выбранной дозы H_i со своим пределом дозы $[H_i]$, например, дозы H_E, когда

$$H_H = \frac{[H_E]}{[H_S]}\int_{E_A}^{E_B}\frac{H_S}{X}n(E_\gamma)dE_\gamma + \frac{[H_E]}{[H_L]}\int_{E_B}^{E_B}\frac{H_L}{X}n(E_\gamma)dE_\gamma + \int_{E_B}^{E_\Gamma}\frac{H_E}{X}n(E_\gamma)dE_\gamma. \quad (52)$$

Последний случай является наиболее употребительным, когда при градуировке дозиметров доза H_H представляет естественное обобщение дозы H_E с сохранением численного значения ее предела 20 мЗв.

В Табл.16 и на Рис.5 приведены также данные для дозы H_U по п.3.1.8 НРБ-99, содержащему дополнительные ограничения для работающих женщин с пределом дозы, пересчитанным на год, $[H_U]$ = 12 мЗв.

Коэффициенты $H^*(10)/H_E$, $H_p(10)/H_E$ и $H_p(10)/H_U$ Табл.16 служат для оценки неопределенности показаний дозиметров, отградуированных в единицах эквивалента амбиентной дозы $H^*(10)$ по МИ 1788-87 или эквивалента индивидуальной дозы $H_p(10)$ по рекомендациям международных организаций, для перехода к эффективной дозе H_E или к эквивалентной дозе облучения матки H_U.

Результаты градуировки приводятся к следующим условиям облучения:

- на антропоморфном фантоме в месте предполагаемого ношения и для передне-задней геометрии в случае индивидуальных дозиметров;
- в свободном воздухе в основном положении в случае инспекционных (коллективных) дозиметров.

На Рис.5 приведены соотношения между нормируемыми величинами при облучении

Табл.16. Коэффициенты перехода между дозиметрическими величинами для фотонов.

E_γ, МэВ	$\frac{H_E}{X}$, сЗв/Р	$\frac{H_L}{X}$, сЗв/Р	$\frac{H_S}{X}$, сЗв/Р	$\frac{H_L}{X}\times\frac{[H_E]}{[H_L]}$, сЗв/Р	$\frac{H_S}{X}\times\frac{[H_E]}{[H_S]}$, сЗв/Р	$\frac{H_U}{X}$, сЗв/Р	$\frac{H^*(10)}{H_E}$, отн.ед.	$\frac{H_p(10)}{H_E}$, отн.ед.	$\frac{H_p(10)}{H_U}$, отн.ед.
$5\cdot10^{-3}$	-	-	0,66	-	0,0257	-	-	-	-
6	-	0,00102	0,72	0,0001	0,0292	-	-	-	-
8	-	0,0503	0,92	0,0067	0,0322	-	-	-	-
$1\cdot10^{-2}$	0,0057	0,264	0,83	0,0355	0,0331	-	1,22	1,38	-
1,5	0,035	0,58	0,86	0,0776	0,0347	0,0002	6,47	6,57	$>10^3$
2	0,106	0,79	0,94	0,107	0,0368	0,0012	5,00	5,01	$>10^2$
3	0,362	1,04	1,06	0,140	0,0428	0,190	2,64	2,67	5,12
4	0,68	1,16	1,23	0,156	0,0494	0,531	1,87	1,89	2,46
5	0,96	1,23	1,33	0,166	0,0536	0,847	1,51	1,60	1,83
6	1,14	1,30	1,38	0,174	0,0557	1,06	1,33	1,45	1,56
8	1,24	1,35	1,40	0,181	0,0564	1,21	1,20	1,33	1,38
$1\cdot10^{-1}$	1,21	1,33	1,35	0,179	0,0543	1,21	1,18	1,30	1,32
1,5	1,09	1,24	1,23	0,166	0,0470	1,07	1,19	1,28	1,31
2	1,02	1,18	1,16	0,159	0,0351	0,99	1,19	1,27	1,32
3	0,95	1,11	1,11	0,162	0,0459	0,90	1,20	1,25	1,33
4	0,92	1,07	1,08	0,144	0,0442	0,87	1,19	1,23	1,32
5	0,90	1,04	1,05	0,140	0,0431	0,85	1,19	1,21	1,30
6	0,89	1,02	1,04	0,137	0,0424	0,83	1,18	1,20	1,29
8	0,88	0,99	1,03	0,133	0,0417	0,82	1,18	1,18	1,26
$1\cdot10^{0}$	0,87	0,97	1,01	0,130	0,0410	0,82	1,17	1,16	1,24
2	0,86	0,91	0,99	0,122	0,0400	0,81	1,15	1,14	-
4	0,86	0,86	0,97	0,116	0,0393	0,80	1,13	1,12	-
6	0,86	0,84	0,96	0,113	0,0389	0,79	1,12	1,12	1,23
8	0,86	0,82	0,96	0,111	0,0389	0,78	1,12	1,12	-
$1\cdot10^{1}$	0,86	0,72	0,96	0,109	0,0386	0,78	1,11	1,12	1,26

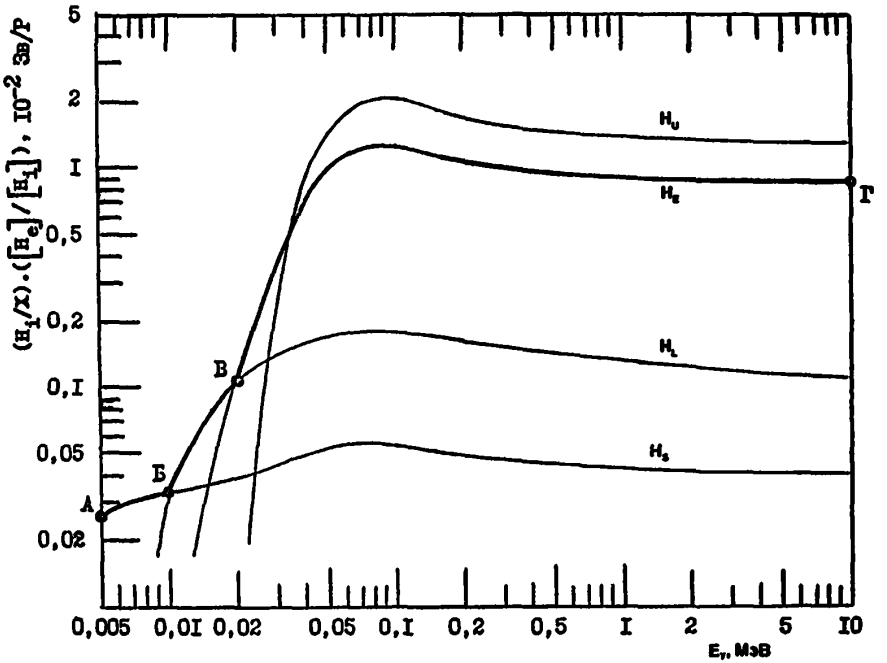

Рис.5. Соотношение между нормируемыми величинами при облучении тела человека параллельным пучком фотонов с энергией E_γ.

тела человека параллельным пучков фотонов с энергией E_γ. Нормируемые величины H_i параллельного пучка фотонов, отнесенные к экспозиционной дозе X, с учетом отношений пределов доз $[H_\varepsilon]/[H_i]$ в зависимости от энергии E_γ фотонов: эффективная доза H_ε, эквивалентные дозы в хрусталиках глаз H_L и в коже H_S, эквивалентная доза облучения матки (H_U), которая представляет нормируемую Нормами эквивалентную дозу облучения поверхности низа живота женщины репродуктивного возраста. Огибающая кривая АБВГ – рекомендуемая энергетическая зависимость идеального дозиметра, обладающего способностью непосредственного измерения нормируемых Нормами величин. В диапазоне 5–10 кэВ (участок АБ) лимитирующим с точки зрения обеспечения радиационной безопасности является облучение кожи, характеризуемое величиной H_S, в диапазоне 10–20 кэВ (участок БВ) – облучение хрусталика глаза (H_L) и в диапазоне 20 кэВ – 10 МэВ (участок ВГ) – облучение всего тела (H_ε).

Приложение 5. Соотношения между величинами, нормируемыми НРБ-99 и другими величинами для электронного излучения

В настоящем Приложении приведены соотношения между величинами, нормируемыми НРБ-99 и другими величинами для электронного излучения, которые необходимо принимать во внимание при оценке неопределенностей, связанных с определением индивидуальных доз внешнего облучения на основе измерения операционных величин.

Для простоты изложения принято единое обозначение H_i для всех i-ых нормируемых НРБ-99 доз и $[H_i]$ для пределов i-ых доз: H_ε – для эффективной дозы, H_L – для эквивалентной дозы в хрусталике глаза, H_S – для эквивалентной дозы в коже и обозначение E_e – для энергии электронов. На Рис.6 показаны как функции энергии нормируемые величины H_i параллельного пучка электронов с учетом отношений пределов доз $[H_e]/[H_i]$, отнесенные к

Табл.17. Коэффициенты перехода между дозиметрическими величинами для электронов.

E, МэВ	H_e/Φ, пЗв·см^2	H_l/Φ, пЗв·см^2	H_S/Φ, пЗв·см^2	$\frac{H_l}{\Phi}\cdot\frac{[H_e]}{[H_l]}$, пЗв·см^2	$\frac{H_S}{\Phi}\cdot\frac{[H_e]}{[H_l]}$, пЗв·см^2	$\frac{H'(10,0^0)}{H_e}$, отн.ед.
0,07	< 1	< 1	221	< 0,1	8,84	-
0,08	-"-	-"-	1056	-"-	42,2	-
0,09	-"-	-"-	1527	-"-	61,1	-
0,10	-"-	-"-	1661	-"-	66,4	-
0,125	-"-	-"-	1513	-"-	60,5	-
0,15	-"-	-"-	1229	-"-	49,2	-
0,2	-"-	-"-	834	-"-	33,4	-
0,3	-"-	-"-	542	-"-	21,7	-
0,4	1,0	-"-	455	-"-	18,2	-
0,6	1,5	-"-	366	-"-	14,6	-
0,8	2,0	45	329	6,0	13,2	-
1,0	2,7	301	312	40,1	12,5	-
1,25	4,1	486	296	64,8	11,8	-
1,5	5,9	524	287	69,9	11,5	-
2,0	11	481	279	64,1	11,2	-
2,5	18	417	278	55,6	11,1	8,7
3	26	373	276	49,7	11,0	12,7
4	44	334	272	44,5	10,9	10,1
6	82	309	271	41,2	10,8	4,7
8	111	305	271	40,7	10,8	3,1
10	131	303	275	40,4	11,0	2,5

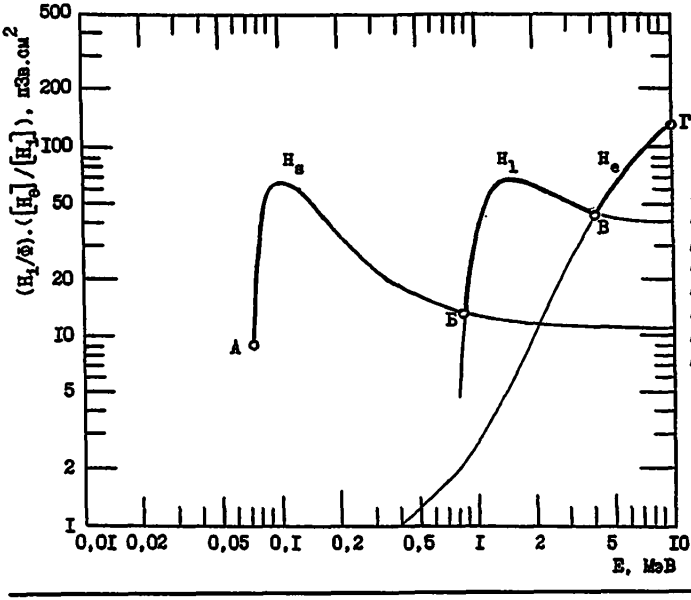

Рис.6. Соотношение между нормируемыми величинами при облучении тела человека параллельным пучком электронов с энергией E_e.

флюенсу Ф: эффективная доза H_e, эквивалентные дозы в хрусталиках глаз H_l и в коже H_s в зависимости от энергии E электронов. Огибающая кривая АБВГ – рекомендуемая энергетическая зависимость дозиметра. В диапазоне 0,07–0,85 МэВ контролируемой величиной является доза H_s, в диапазоне 0,85–4 МэВ (участок БВ) – доза H_l и в диапазоне 4–10 МэВ (участок ВГ) – доза H_e.

Коэффициенты перехода от флюенса электронов Ф к нормируемым величинам приведены в Табл.17 для передне-задней геометрии облучения при различных энергиях E_e электронов. При этом были использованы соотношения $H_s = H'(0,07;0^0)$ и $H_L = H'(3;0^0)$, где $H'(d;\Omega)$ – направленный эквивалент дозы.

Указанные коэффициенты используются при градуировке дозиметров электронного излучения по эталонным (образцовым) средствам измерений флюенса согласно ГОСТ 8.202-76 и другим нормативным документам.

Эти же коэффициенты, приведенные в Табл.17 и на Рис.6 с учетом отношений соответствующих пределов доз $[H_e]/[H_l]$, позволяют выбрать для каждой энергии только одну контролируемую дозу и установить энергетическую зависимость чувствительности дозиметра (см. данные Табл.17, выделенные жирным шрифтом, и кривую АБВГ Рис.6), позволяющую совместно контролировать непревышение каждого предела дозы произвольно энергетического распределения излучения $n(E_e) = \frac{d\Phi}{dE_e}$. Измеряемой величиной такого дозиметра по ГОСТ 25935-83 является т. н. «нормируемая доза» $H_н$. Она может быть выражена, например, в единицах дозы H_e с сохранением численного значения ее предела 20 мЗв, когда:

$$H_н = \frac{[H_E]}{[H_S]}\int_{E_A}^{E_Б}\frac{H_S}{\Phi}n(E_e)dE_e + \frac{[H_E]}{[H_L]}\int_{E_Б}^{E_В}\frac{H_L}{\Phi}n(E_e)dE_e + \int_{E_В}^{E_Г}\frac{H_E}{\Phi}n(E_e)dE_e, \quad (53)$$

(здесь $E_A = 0,07$ МэВ, $E_Б = 0,85$ МэВ, $E_В = 4$ МэВ, $E_Г = 10$ МэВ).

Аналогично Приложению 3 может быть записано выражение для нормируемой дозы $H_н$, выраженной в процентах от своего предела дозы $[H_н] = 100$ %. При градуировке дозиметров в единицах дозы $H_н$ масштаб ее шкалы на Рис.4 следует из равенства

$$100 \text{ пЗв} \cdot \text{см}^2 = 5 \cdot 10^{-9} \text{ \%} \cdot \text{см}^2.$$

Коэффициенты $H'(10, 0^0)/H_e$ Табл.17, представляющие нижнюю границу значений $H_p(10)/H_e$, служат для введения или оценки поправок к показаниям дозиметров, отградуированных в единицах величин соответственно $H'(10, 0^0)$ и $H_p(10)$, для перехода к эффективной дозе H_e.

Условия облучения, к которым приводятся результаты градуировки – согласно Приложению 3.

Приложение 6. Угловая зависимость величин фотонного излучения, нормируемых НРБ-99

В настоящем Приложении приведены угловые зависимости величин фотонного излучения, нормируемых НРБ-99, которые необходимо принимать во внимание при оценке неопределенностей, связанных с определением индивидуальных доз внешнего облучения на основе измерения операционных величин.

Угловые зависимости нормируемых величин в широком пучке мононаправленного излучения, падающем горизонтально и образующем азимутальный угол φ с направлением облучения в передне-задней геометрии, и средние значения в угле 2π для изотропного излучения приведены в Табл.18 и на Рис.7–9. Диапазон энергий E фотонов разделен на участки (E_A, $E_Б$), ($E_Б$, $E_В$) и ($E_В$, $E_Г$), соответствующие своим контролируемым дозам H_i согласно Приложению 3. Угловые распределения эффективной дозы усреднены по правой и левой половинам антропоморфного фантома.

Значения $H_i(\varphi)/H_i(0)$ Табл.18 являются рекомендуемыми зависимостями от угла φ чувствительности индивидуальных дозиметров, закрепленных на антропоморфном фантоме в

Табл.18. Относительные угловые зависимости нормируемых величин H_i и их средние значения в угле 2π $H_i(\varphi)/H_i(0)$, отн.ед.

E,	φ, град.												Среднее в 2π
МэВ	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	
						H_S							
0,005	0,99	0,96	0,89	0,75	0,44	0	0	0	0	0	0	0	0,288
0,006	0,99	0,98	0,93	0,85	0,63	0	0	0	0	0	0	0	0,350
0,008	1,00	0,99	0,97	0,93	0,82	0	0	0	0	0	0	0	0,426
0,010	1,00	0,99	0,98	0,96	0,90	0	0	0	0	0	0	0	0,462
						H_I							
0,010	0,96	0,90	0,80	0,66	0,48	0,29	0,09	0	0	0	0	0	0,375
0,015	0,98	0,94	0,88	0,77	0,61	0,38	0,14	0,03	0	0	0	0	0,432
0,020	0,99	0,96	0,92	0,84	0,70	0,43	0,18	0,05	0,01	0	0	0	0,464
						H_e							
0,020	0,94	0,85	0,72	0,52	0,29	0,12	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,379
0,030	0,95	0,88	0,76	0,59	0,40	0,20	0,17	0,18	0,22	0,25	0,28	0,30	0,459
0,045	0,96	0,90	0,80	0,64	0,47	0,35	0,31	0,34	0,40	0,46	0,52	0,54	0,574
0,060	0,96	0,91	0,81	0,66	0,50	0,38	0,38	0,43	0,50	0,57	0,62	0,65	0,633
0,090	0,97	0,92	0,82	0,68	0,54	0,44	0,44	0,49	0,57	0,64	0,70	0,72	0,681
0,200	0,98	0,94	0,85	0,73	0,60	0,48	0,51	0,59	0,66	0,72	0,76	0,78	0,728
0,660	1,00	0,97	0,91	0,83	0,72	0,63	0,64	0,70	0,75	0,80	0,84	0,86	0,801
1,25	1,00	0,99	0,95	0,88	0,80	0,72	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,90	0,844
4,00	1,00	1,00	0,98	0,94	0,88	0,81	0,82	0,85	0,87	0,90	0,92	0,93	0,915
10,00	1,00	1,00	0,99	0,96	0,91	0,87	0,87	0,88	0,90	0,92	0,93	0,94	0,951

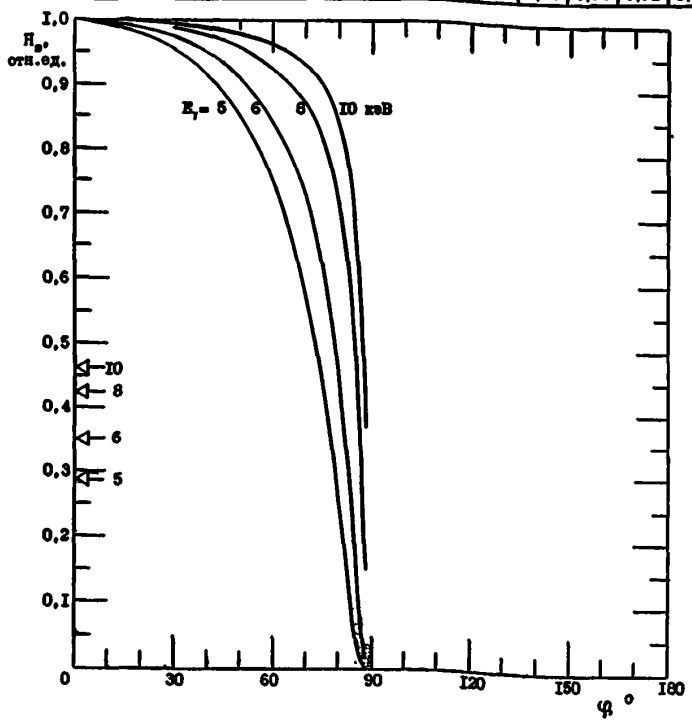

Рис.7. Относительное угловое распределение эквивалентной дозы в коже. *Относительное угловое распределение эквивалентной дозы в коже $H_S(\varphi)$, нормированное на единицу при $\varphi = 0$. Стрелками указаны средние значения H_S в угле 2π. Цифры у стрелок и кривых – значения энергии фотонов E.*

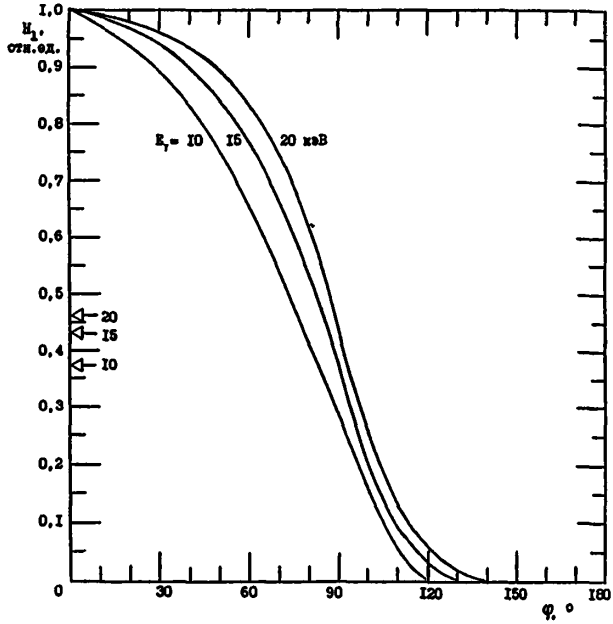

Рис.8. Относительное угловое распределение эквивалентной дозы в хрусталике глаза. *Относительное угловое распределение эквивалентной дозы в хрусталике глаза $H_1(\varphi)$, нормированное на единицу при $\varphi = 0$. Стрелками указаны средние значения $H_1(\varphi)$ в угле 2π. Цифры у стрелок и кривых – значения энергии фотонов E.*

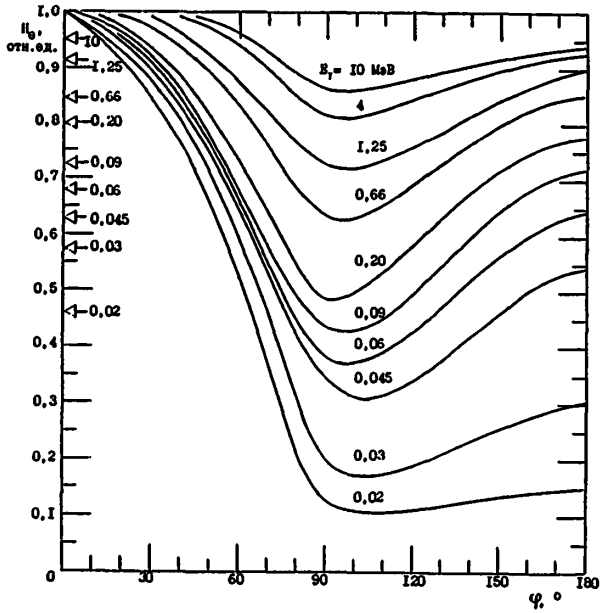

Рис.9. Относительное угловое распределение для эффективной дозы. Относительное угловое распределение для эффективной дозы $H_*(\varphi)$, нормированное на единицу при φ=0. Стрелками указаны средние значения $H_*(\varphi)$ в угле 2π. Цифры у стрелок и кривых – значения энергии фотонов E.

месте предполагаемого ношения, и чувствительности в свободном воздухе инспекционных (коллективных) дозиметров. Они (совместно с энергетическими зависимостями Приложения 3) могут также использоваться при известном спектрально-угловом распределении контролируемого излучения для расчета поправок к показаниям дозиметров с известными энергетической и угловой зависимостями чувствительности. Максимальное значение нормируемой дозы в данной точке поля излучения равно наибольшему в диапазоне углов (0, 2π) показанию инспекционного (коллективного) дозиметра, энергетическая и угловая зависимости чувствительности которого соответствуют Приложениям 3 и 5.

В случае изотропного в 2π излучения или в случае, когда положение работника относительно направления распространения гамма-излучения постоянно меняется, достаточно, чтобы средние в 2π значения относительной чувствительности дозиметров были равны указанным в Табл.18.

В диапазоне энергий фотонов 5–10 кэВ, в котором нормирование облучения всего тела проводится по дозе H_s, учет углового распределения контролируемого излучения с помощью одного дозиметра возможен только для изотропного излучения (см. выше) или в случае мононаправленного излучения с известным направлением.

Таким образом, чувствительности дозиметров (индивидуальных – на антропоморфном фантоме) должны быть не изотропными, а «изонаправленными» – согласно Табл.18. В случае индивидуальных дозиметров это, в зависимости от геометрии облучения, может потребовать выбора места ношения дозиметра, при котором уменьшается экранировка излучения корпусом (например, на головном уборе на темени или в виде эполеты), или потребовать увеличения количества дозиметров (помещаемых на груди и на спине, на головном уборе или обруче спереди и сзади) и т. д.

При контроле эквивалентной дозы в коже и хрусталике глаза, при контроле индивидуальной дозы в неоднородных полях внешнего фотонного излучения следует руководствоваться соответствующими методическими указаниями серии МУ 2.6.1.

Приложение 7. Библиографические данные.

1. IEC 61283 (1995-02) Radiation protection instrumentation. Direct reading personal dose equivalent (rate) monitors – X, gamma and high energy beta radiation.

2. IEC 61322 (1994-11) Radiation protection instrumentation. Installed dose equivalent rate meters, warning assemblies and monitors for neutron radiation of energy from thermal to 15 MeV.

3. IEC 61323 (1995-01) Radiation protection instrumentation. Neutron radiation. Direct reading personal dose equivalent and/or dose equivalent rate monitors.

4. IEC 61525 (1996-09) Radiation protection instrumentation – X, gamma, high energy beta and neutron radiations. Direct reading personal dose equivalent and/or dose equivalent rate monitors.

5. IEC 61526 (1998-04) Radiation protection instrumentation. Measurement of personal dose equivalents HP(10) and HP(0,07) for X, gamma and beta radiations. Direct reading personal dose equivalent and/or dose equivalent rate monitors.

6. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication № 60. Ann ICRP, Vol 21, № 1–3, 1991 (Радиационная безопасность. Рекомендации МКРЗ 1990 г. Ч.1, Ч.2. М.: Энергоатомиздат, 1994).

7. General Principles for the Radiation Protection of Workers. ICRP Publication № 75. Ann ICRP Vol 27, № 1, 1997.

8. Radiation Protection Instrumentation and Its Application. ICRU Report № 20, 1970.

Приложение 8. Список исполнителей

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ВНЕШНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ.

Методические указания

Руководитель работы: д.т.н., с.н.с. Б.В. Поленов

Исполнители:
НИЦ «СНИИП», д.т.н., с.н.с. Б.В. Поленов
НИЦ «СНИИП» И.П. Мысев
НИЦ «СНИИП», к.т.н., с.н.с В.И. Петров
НИЦ «СНИИП», к.т.н., с.н.с. А.Д. Соколов
ГНЦ РФ «Институт биофизики», к.т.н., с.н.с. М.Н. Гринев
ГНЦ РФ «Институт биофизики», д.т.н., профессор И.Б. Кеирим-Маркус
ГНЦ РФ «Институт биофизики», к.т.н., с.н.с. Л.В. Тимофеев
ГНЦ РФ «Институт биофизики», к.т.н., с.н.с. В.И. Цветков
РНЦ Курчатовский институт», к.ф.-м.н. В.А. Кутьков
ГП «ВНИИФТРИ», к.т.н., чл.-корр. Метрологической академии России П.Ф. Масляев
ГНЦ РФ «Институт медико-биологических проблем», к.т.н., с.н.с. К.А. Труханов
Минатом РФ А.П. Панфилов
Минатом РФ И.В. Баранов

gost.e-ecolog.ru