Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование Российской Федерации

2.6.5. Атомная энергетика и промышленность

Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения. Общие требования

Методические указания
МУ 2.6.5.026- 2016

Издание официальное

Москва
2016

gost.e-ecolog.ru

1. Разработаны Федеральным медицинским биофизическим центром им. А.И. Бурназяна ФМБА России (к.т.н. Абрамов Ю.В. – руководитель разработки, д.т.н. Клочков В.Н.), НИЦ «Курчатовский институт (к.ф.-м.н. Кутьков В.А.), НПП «Доза» (к.т.н. Нурлыбаев К., к.ф.-м.н. Мартынюк Ю.Н., к.ф.-м.н. Каракаш А.И.), ФГУП «ВНИИФТРИ» (д.т.н., профессор Ярына В.П.), АО «СНИИП» (д.т.н., профессор Б.В. Поленов).

2. Рекомендованы к утверждению Подкомиссией по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию ФМБА России

(протокол от 18 мая 2016 № 05/2016).

3. Утверждены заместителем руководителя ФМБА России, главным государственным санитарным врачом ФМБА России В.В. Романовым 18 мая 2016 г.

4. Дата введения в действие – с момента утверждения.

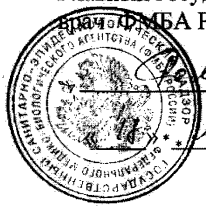
5. С введением настоящего документа отменяются МУ 2.6.1.25-2000 «Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения. Общие требования».

Содержание

Введение ... 5
1. Область применения ... 6
2. Нормативные ссылки ... 7
3. Цели и задачи дозиметрического контроля внешнего облучения ... 8
4. Содержание дозиметрического контроля внешнего облучения ... 9
4.1. Дозиметрический контроль внешнего облучения в условиях планируемого облучения ... 9
4.2. Дозиметрический контроль в условиях аварийного облучения ... 14
5. Виды и особенности дозиметрического контроля ... 17
6. Организация дозиметрического контроля ... 18
7. Принципы планирования Порядка дозиметрического контроля внешнего облучения ... 21
7.1. Обоснование принятия решения о введении контроля ... 21
7.2. Выбор метода контроля ... 21
7.3. Особенности Порядков дозиметрического контроля при нормальных условиях работы в случае планируемого повышенного облучения и аварий ... 22
8. Порядок дозиметрического контроля ... 22
8.1. Содержание Порядка дозиметрического контроля при нормальных условиях работы ... 22
8.2. Подготовка и обоснование Порядка ... 23
8.3. Организация и проведение контроля ... 23
8.4. Виды контроля и контрольные уровни ... 24
8.5. Контролируемый контингент ... 24
8.6. Периодичность контроля ... 25
8.7. Метод определения дозы и интерпретация измеряемых величин ... 25
8.8. Определение индивидуальных доз внешнего облучения ... 26
8.9. Определение дозы внешнего облучения посредством ДКРМ ... 27
8.10. Эквивалентная доза в хрусталике глаза и в коже ... 28
8.11. Определение доз посредством ИДК ... 29
8.12. Оценка неопределенности ... 30
8.13. Принятие решения о проведении контроля доз внешнего облучения ... 30
8.14. Порядок проведения контроля облучения персонала группы Б ... 30
8.15. Запись и хранение результатов дозиметрического контроля ... 30
9. Метрологическое, аппаратурное и методическое обеспечение дозиметрического контроля ... 31
10. Технические требования к средствам дозиметрического контроля ... 33

11. Общие нормативные требования к методикам измерений и поверке средств измерения 35
Приложение 1 (информационное). Термины и определения 36
Приложение 2 (информационное). Условные обозначения и сокращения 36
Приложение 3 (справочное). Методы дозиметрического контроля внешнего облучения 37
Приложение 4 (справочное). Требования к средствам дозиметрического контроля внешнего облучения 41
Приложение 5 (информационное). Библиографические данные 51
Приложение 6 (информационное). Список исполнителей 52

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель руководителя Федерального
медико-биологического агентства,
Главный государственный санитарный
врач ФМБА России



_____ В.В. Романов
_____ 2016 г.

Дата введения – с момента утверждения

2.6.5. Атомная энергетика и промышленность

Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения. Общие требования

Методические указания

МУ 2.6.5.026 - 2016

Введение

Целью данных Методических указаний является формулирование общих требований к контролю индивидуальных доз внешнего облучения персонала на основе Норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009), концепций и подходов, принятых в Рекомендациях МКРЗ № 103 2007 года и в Международных Основных Нормах Безопасности для защиты от ионизирующего излучения и безопасности источников излучений (МАГАТЭ, 2014). Данные методические указания детализируют общие требования и принципы организации, планирования и проведения дозиметрического контроля, изложенные в МУ 2.6.5.028-2016 «Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в условиях планируемого облучения. Общие требования».

Для обеспечения единства и систематизации методических подходов к дозиметрическому контролю (далее – ДК) 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;
- требования к методикам измерений, а также к средствам измерений и способам интерпретации результатов;
- принципы планирования Порядка ДК внешнего облучения;
- требования к Порядку 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 дозы внешнего облучения профессиональных работников.

В данных МУ рассмотрен дозиметрический контроль при воздействии непрерывных излучений. Особенности дозиметрии импульсных полей излучения, где при сравнительно невысоких средних значениях мощностей доз значения мощностей доз в импульсах могут существенно превышать измерительные возможности дозиметров, рассмотрены в Приложении 2 к Методическим указаниям «Контроль эквивалентных доз фотонного и бета-излучения в коже и хрусталике глаза».

Внешнее облучение от техногенных источников контролируется в соответствии с требованиями НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99/2010 в ред. Изменений № 1, утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 16.09.2013 № 43.

1. Область применения

1.1. Методические указания «Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения. Общие требования» (далее – Методические указания или МУ) являются документом, развивающим основные положения Норм радиационной безопасности НРБ-99/2009 (далее – Нормы) и Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010 (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 ионизирующего излучения (далее – ИИИ) в контролируемых условиях обращения с ними и в условиях радиационной аварии.

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

- на предприятиях (радиационных объектах), находящихся в ведении Госкорпорации «Росатом»;

- на предприятиях (радиационных объектах), подотчетных Госкорпорации «Росатом» независимо от их формы собственности;

- в организациях Федерального медико-биологического агентства России, осуществляющих федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор и регулирование в области обеспечения радиационной безопасности при использовании атомной энергии;

- в организациях, разрабатывающих и производящих средства дозиметрического контроля.

1.3. Методические указания распространяются на методы определения индивидуальных эффективных и эквивалентных доз внешнего облучения персонала и организацию соответствующего контроля в организациях Госкорпорации «Росатом».

1.4. 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 "Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в условиях планируемого облучения. Общие требования" настоящие Методические указания устанавливают:

- номенклатуру дозиметрических величин для контроля внешнего облучения персонала при обращении с ИИИ 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;

- общие требования к составлению Порядка дозиметрического контроля внешнего облучения персонала.

2. Нормативные ссылки

В настоящих Методических указаниях использованы положения следующих основных руководящих документов:

СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Санитарные правила и нормативы. – М.: Роспотребнадзор, 2009 г.

СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) (в ред. Изменений № 1, утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 16.09.2013 № 43): Санитарные правила и нормативы.

ГОСТ 8.638-2013. Метрологическое обеспечение радиационного контроля. Общие положения.

3. Цели и задачи дозиметрического контроля внешнего облучения

3.1. Дозиметрический контроль внешнего облучения является неотъемлемой частью системы обеспечения радиационной безопасности, направленной на охрану здоровья людей от воздействия ИИИ при использовании атомной энергии. 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.

3.2. 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 значений индивидуальных годовых доз внешнего облучения, обусловленных обращением с техногенными ИИИ в течение календарного года. Результаты ДК, а также данные 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.

3.3. 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.

3.4. Согласно МУ 2.6.5.028-2016 "Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в условиях планируемого облучения. Общие требования" под индивидуальной дозой внешнего облучения 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 внешнего облучения работника игнорируется ее возможное отличие от истинной дозы облучения индивида, обусловленное различием между характеристиками "стандартного работника" и персональными характеристиками индивида.

Значение индивидуальной дозы внешнего облучения приписывается индивиду по результатам дозиметрического контроля.

4. Содержание дозиметрического контроля внешнего облучения

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, назначаемые для измерений в РК и используемые для оценки обычно сложно определяемой контролируемой (или нормируемой) величины. Операционная величина определяется для стандартных условий и возможно приближена к соответствующей контролируемой величине с соблюдением принципа консервативности (запаса по безопасности). Примеры операционных величин: индивидуальный эквивалент дозы – для характеристики внешнего облучения человека; мощность амбиентного или направленного эквивалента дозы – для характеристики поля ионизирующего излучения.

При проведении дозиметрического контроля решаются следующие задачи:

- измерение операционных величин и физических величин для целей определения индивидуальных доз внешнего облучения;
- интерпретация результатов измерения в терминах индивидуальной дозы внешнего облучения.

4.1. Дозиметрический контроль внешнего облучения в условиях планируемого облучения

4.1.1. Для обеспечения радиационной безопасности на предприятии (в организации), производственная деятельность которого заключается в обращении с техногенными ИИИ, персонал делится на две группы. Согласно Нормам и Правилам, к персоналу группы А относятся лица, работающие с техногенными источниками излучения. Лица, работающие на предприятии (организации) или на территории его санитарно-защитной зоны и находящиеся в сфере воздействия техногенных источников, относятся к персоналу группы Б.

4.1.2. 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.

4.1.3. Согласно пп. 3.1.2, 3.1.4, 3.1.6 и 3.1.8 Норм в случае облучения персонала группы А в контролируемых условиях эксплуатации ИИИ

нормируются дозиметрические величины, представленные в таблице 1. Значения пределов доз, равно как и значения допустимых уровней облучения персонала группы Б, равны 1/4 соответствующих значений для персонала группы А.

4.1.4. 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.

Таблица 1 – Нормируемые величины и значения пределов доз 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

4.1.5. Согласно п. 3.2.2 Норм в случае облучения персонала группы А в условиях планируемого повышенного облучения нормируются дозиметрические величины, представленные в таблице 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.

Таблица 2 – Нормируемые величины и граничные значения доз при планируемом повышенном облучении

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

4.1.6. Указанные в таблицах 1 и 2 нормируемые величины характеризуют воздействие техногенных источников (одного из компонентов техногенно измененного природного радиационного фона) на работника вследствие его производственной деятельности в контролируемых условиях обращения с источниками излучения и не включают в себя:

- дозы, обусловленные природным радиационным фоном в месте расположения организации;
- дозы медицинского облучения;
- дозы вследствие радиационных аварий.

Планируемое повышенное облучение относится к случаю профессионального облучения, и полученные дозы должны учитываться при расчете дозы, накопленной за период трудовой деятельности.

4.1.7. При контроле эквивалентных доз внешнего облучения отдельных органов или тканей, для которых согласно таблице 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 2.6.5.028-2016 "Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в условиях планируемого облучения. Общие требования" и приведены в таблице 3. Химический состав облучаемой ткани следует принимать равным составу тканеэквивалентного вещества.

Таблица 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

4.1.8. 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 2.6.5.028-2016 "Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в условиях планируемого облучения. Общие требования" 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.

4.1.9. Для целей индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения применяются следующие операционные величины:

- при определении эффективной дозы - индивидуальный эквивалент дозы, $H_P(10)$;
- при определении эквивалентной дозы в хрусталике глаза - индивидуальный эквивалент дозы, $H_P(3)$;
- при определении эквивалентной дозы в коже, кистях и стопах - индивидуальный эквивалент дозы, $H_P(0,07)$.

Единицей индивидуального эквивалента дозы является зиверт (Зв, мЗв, мкЗв).

Соответствие между нормируемыми и операционными величинами, используемыми в индивидуальном дозиметрическом контроле, проводимом с помощью индивидуальных дозиметров, (ИДК) представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Соответствие между нормируемыми и операционными величинами при проведении ИДК внешнего облучения

Нормируемая величина	**Операционная величина**	**Положение индивидуального дозиметра**	**Глубина покровной биологической ткани *d*, мм**	**Условное обозначение**
Эффективная доза внешнего облучения	Индивидуальный эквивалент дозы	На нагрудном кармане спецодежды либо внутри него	10	$H_P(10)$

Нормируемая величина	Операционная величина	Положение индивидуального дозиметра	Глубина покровной биологической ткани *d*, мм	Условное обозначение
Эквивалентная доза внешнего облучения кожи	Индивидуальный эквивалент дозы	Непосредственно на поверхности наиболее облучаемого участка кожи	0,07	$H_P(0,07)$
Эквивалентная доза внешнего облучения кистей и стоп	Индивидуальный эквивалент дозы	Непосредственно на поверхности кистей и стоп	0,07	$H_P(0,07)$
Эквивалентная доза внешнего облучения хрусталика глаза	Индивидуальный эквивалент дозы	На лицевой части головы	3	$H_P(3)$
Эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота женщины	Индивидуальный эквивалент дозы	На соответствующем месте поверх спецодежды	10	$H_P(10)$

4.1.10. По согласованию с территориальными органами исполнительной власти, уполномоченными осуществлять федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор, за значение эквивалентной дозы на поверхности нижней части области живота женщины можно принять показания индивидуального дозиметра, носимого на нагрудном кармане спецодежды либо внутри него.

4.1.11. Для целей определения индивидуальных доз методом ДКРМ путем длительного контроля полей излучения используются следующие операционные величины:

- при определении эффективной дозы внешнего облучения – амбиентный эквивалент дозы $H^*(10)$;
- при определении эквивалентной дозы в хрусталике глаза – направленный эквивалент дозы $H'(3,\Omega)$;
- при определении эквивалентной дозы в коже, кистях и стопах – направленный эквивалент дозы $H'(0,07,\Omega)$.

Единицей амбиентного и направленного эквивалента дозы является зиверт (Зв, мЗв, мкЗв).

Расшифровка параметра Ω приведена в Списке использованных терминов (термин 374).

4.1.12. При оперативном контроле полей излучения для целей ДКРМ применяются следующие производные величины от операционных величин (таблица 5):

Таблица 5 – Производные величины от операционных величин при дозиметрическом контроле рабочего места

Нормируемая величина	**Производная величина от операционной величины, используемая для расчета дозы и сопоставления с нормируемой величиной**	**Условное обозначение**
Эффективная доза внешнего облучения	Мощность амбиентного эквивалента дозы	$\dot{H}^*(10)$
Эквивалентная доза внешнего облучения на поверхности нижней части области живота женщины	Мощность амбиентного эквивалента дозы	$\dot{H}^*(10)$
Эквивалентная доза внешнего облучения хрусталика глаза	Мощность направленного эквивалента дозы	$\dot{H}'(3,\Omega)$
Эквивалентная доза внешнего облучения кожи, кистей и стоп	Мощность направленного эквивалента дозы	$\dot{H}'(0{,}07,\Omega)$

Единицей мощности амбиентного и направленного эквивалентов дозы является зиверт/час (Зв/ч, мЗв/ч, мкЗв/ч).

4.1.13. Измерение операционных величин регламентируется в отдельных методиках радиационного контроля, включающих методики измерений (МИ) и методики выполнения расчетов (МВР). Технические требования к соответствующим средствам измерения сформулированы в Приложении 5.

4.2. Дозиметрический контроль в условиях аварийного облучения

4.2.1. 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 для последующей ретроспективной реконструкции доз облучения.

4.2.2. В условиях аварийного облучения, когда дозы внешнего облучения превышают или могут превысить граничные уровни, нормируемые при планируемом повышенном облучении (таблица 2), для решения задач обеспечения радиационной безопасности необходимо определять поглощенные дозы облучения органов и тканей человека.

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 (к инвалидности) или к его гибели в течение короткого промежутка времени. При таких прогнозируемых дозах необходимо срочное вмешательство. Значения опасных уровней доз кратковременного аварийного облучения при внешнем облучении органов или тканей приведены в таблице 6.

Таблица 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

4.2.3. При определении поглощенных доз внешнего аварийного облучения отдельных органов или тканей за значение определяемой величины следует принимать среднее значение 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.

4.2.4. 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 d=10 мм под рассматриваемой точкой на теле;
- для характеристики облучения нейтронами – индивидуальная керма на поверхности тела, K(0), равная керме в мягкой биологической ткани, определяемой на поверхности тела (d=0) 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 таблице 7.

Таблица 7 – Расположение индивидуальных дозиметров в условиях аварийного облучения

Характеристика внешнего аварийного облучения	**Расположение индивидуального дозиметра**	**Глубина покровной биологической ткани 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)

4.2.5. Дозы аварийного облучения контролируются и регистрируются раздельно и независимо от доз облучения при нормальной эксплуатации ИИИ.

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

- проведения дозиметрического контроля с использованием индивидуальных дозиметров;
- контроля радиационной обстановки стационарными средствами контроля;
- моделирования аварийного облучения.

В случае нейтронного облучения сопоставляют активацию тепловыми нейтронами натрия 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.

4.2.7. 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 5, 10.2, 10.3 и Приложение 4).

4.2.8. Измерение характеристик внешнего аварийного облучения регламентируется в отдельных методиках измерений. Технические требования к соответствующим средствам измерения сформулированы в Приложении 5.

5. Виды и особенности дозиметрического контроля

5.1. Выделяют три основных вида ДК внешнего облучения:
- текущий контроль;
- оперативный контроль;
- аварийный контроль.

5.2. Задача текущего контроля заключается в определении индивидуальных эффективной и эквивалентных доз профессионального облучения работника в нормальных условиях эксплуатации ИИИ.

5.3. 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.

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

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

5.6. 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.

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

5.8. В зависимости от вида дозиметрического контроля используются индивидуальные дозиметры:
- для текущего контроля – пассивные накопительные;
- для оперативного контроля – электронные сигнальные;
- для аварийного контроля – пассивные накопительные дозиметры с расширенной верхней границей диапазона измерения и электронные сигнальные дозиметры в качестве дополнительных дозиметров.

5.9. 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 $H_P(3)$;
- нейтронного излучения для контроля дозы $H_P(10)$.

5.10. При текущем и оперативном контроле в случае равномерного облучения, в зависимости от отношения $H_P(0,07)/H_P(10)$, необходимо применять:

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

5.11. При дозиметрическом контроле в смешанных полях фотонного и нейтронного излучения должны применяться дозиметры, имеющие одинаковую чувствительность к нейтронам и фотонам, либо нейтронный дозиметр, мало чувствительный к фотонному излучению, совместно с фотонным дозиметром, мало чувствительным 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.

6. Организация дозиметрического контроля

6.1. Дозиметрический контроль вводится на всех предприятиях (во всех организациях), где ведутся работы с источниками ионизирующего излучения. Дозиметрический контроль осуществляется в соответствии с вводимым Порядком радиационного контроля. Порядок (Программа, План, Регламент) радиационного контроля персонала предприятия (организации) является основным распорядительным документом, устанавливающим правила проведения дозиметрического контроля персонала. Основные требования к содержанию Порядка радиационного контроля сформулированы в МУ 2.6.5.028-2017 «Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в условиях планируемого облучения. Общие требования» и МУ 2.6.5.008-2016 «Контроль радиационной обстановки. Общие требования». Детальные требования к содержанию Порядка радиационного контроля в части проведения дозиметрического контроля внешнего облучения сформулированы в разделах 10 и 11 настоящих МУ. Службы организаций, осуществляющие дозиметрический контроль, должны быть аккредитованы в установленном порядке.

6.2. Для контроля индивидуальных доз внешнего профессионального облучения применяют:

- индивидуальный дозиметрический контроль (ИДК) внешнего облучения с применением индивидуальных дозиметров, заключающийся в определении индивидуального эквивалента дозы облучения работника или дозы облучения отдельных органов и тканей (кожные покровы, хрусталик глаза, кисти и стопы) с помощью учетных (накопительных) дозиметров за определенный промежуток времени;
- индивидуальный дозиметрический контроль по результатам ДКРМ, включающий измерение мощности дозы фотонного излучения или плотности потока ионизирующих частиц, уровней загрязнения поверхностей, а также времени пребывания работника в этих условиях.

6.3. Контроль внешнего облучения персонала группы А (включая прикомандированных лиц и персонал привлеченных организаций) осуществляется:

- во время выполнения работ в зоне контролируемого доступа путем ИДК с использованием учетных (например, термолюминесцентных) дозиметров для определения индивидуального эквивалента дозы $H_P(10)$;
- во время выполнения радиационно-опасных работ по дозиметрическому наряду (распоряжению) в зоне контролируемого доступа путем ИДК с использованием учетных (например, термолюминесцентных) дозиметров для определения индивидуального эквивалента дозы $H_P(10)$ и ИДК с использованием операционных (например, прямопоказывающих электронных) дозиметров для определения индивидуального эквивалента дозы $H_P(10)$, снабженных дополнительными функциями сигнализации при превышении установленного уровня дозы или мощности дозы;
- для женщин в возрасте до 45 лет из персонала группы А при пребывании в зоне контролируемого доступа является обязательным ношение дополнительного дозиметра индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ на поверхности нижней части живота.

6.4. Для контроля внешнего облучения персонала группы А, включая прикомандированных лиц и персонал привлеченных организаций, в нормальных условиях эксплуатации ИИИ устанавливаются уровни введения ИДК ($У_{ВК}$) с помощью индивидуальных дозиметров, размещаемых на теле работника.

Индивидуальный дозиметрический контроль с помощью индивидуальных дозиметров используется для определения дозы облучения персонала группы А в условиях нормальной эксплуатации ИИИ, если по имеющимся данным значение годовой дозы облучения на рабочем месте превышает или по прогнозу может превысить $У_{ВК}$.

Если по имеющимся данным значение годовой дозы облучения работника на всех его рабочих местах не превышает или по прогнозу не может превысить $У_{ВК}$, то по согласованию с территориальными органами

исполнительной власти, уполномоченными осуществлять федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор, индивидуальный дозиметрический контроль может осуществляться путем проведения ДКРМ, по результатам которого проводится определение индивидуальной дозы облучения каждого работника. Значения индивидуальной дозы облучения каждого работника, рассчитанные по результатам дозиметрического контроля рабочих мест, регистрируются и хранятся в установленном порядке.

$У_{ВК}$ для контроля эффективной дозы внешнего фотонного облучения не устанавливается. Для всего персонала группы А является обязательным ношение индивидуальных дозиметров фотонного излучения в течение всего времени нахождения в зоне контролируемого доступа.

Критерии введения индивидуального дозиметрического контроля с помощью индивидуальных дозиметров приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Критерии введения дозиметрического контроля облучения работника с помощью индивидуальных дозиметров

Контролируемая величина	**$У_{ВК}$, мЗв**
Годовая эффективная доза внешнего облучения любым излучением, кроме фотонного	1
Годовая эквивалентная доза облучения хрусталика глаза	20
Годовая эквивалентная доза облучения кожи, кистей и стоп	20

6.5. Контроль с применением индивидуальных дозиметров 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.

6.6. ДКРМ характеризуется значительной неопределенностью оценки значений 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.

Требования к дозиметрическому контролю при пространственно-неравномерном и импульсном облучении рассмотрены в отдельных МУ.

7. Принципы планирования Порядка дозиметрического контроля внешнего облучения

Проведение ДК и учет внешнего облучения должны осуществляться в соответствии с Порядком дозиметрического контроля. Цель Порядка 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.

7.1. Обоснование принятия решения о введении контроля

Порядок дозиметрического контроля включает определение контролируемой группы, для которой необходимо проведение индивидуального контроля доз, определение подразделений, для которых проводится ИДК или ДКРМ.

При привлечении к сервисным или подрядным работам на территории радиационного объекта сторонних организаций сотрудники этих организаций также подлежат дозиметрическому контролю как персонал группы А или Б в зависимости от условий их труда.

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

На решение о проведении ДК должны влиять ожидаемый уровень облучения, наиболее вероятные изменения дозы облучения, а также сложность методов измерения и интерпретации, составляющих Порядок контроля.

7.2. Выбор метода контроля

7.2.1. 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.

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

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

7.2.4. При аварийном контроле целесообразно использовать те же типы дозиметров с более широким диапазоном измерений доз – до 2-10 Гр.

7.3. Особенности Порядков дозиметрического контроля при нормальных условиях работы в случае планируемого повышенного облучения и аварий.

7.3.1. Большинство факторов, определяющих Порядок дозиметрического контроля при нормальных условиях работы, остаются теми же и для Порядка аварийного контроля, однако требования к аварийному контролю могут быть значительно усложнены.

7.3.2. 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 величинах эффективной и эквивалентной дозы, но также и в величине поглощенной дозы для оценки детерминированных эффектов.

В целях обеспечения радиационного 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.

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

8. Порядок дозиметрического контроля

8.1. Содержание Порядка дозиметрического контроля при нормальных условиях работы

Порядок включает:

- определение контролируемых групп персонала, для членов которых необходимо проведение индивидуального дозиметрического контроля с помощью индивидуального дозиметрического мониторинга облучения работника или с помощью ДКРМ;
- проведение контроля для групп персонала, контролируемых с помощью индивидуальных дозиметров;
- проведение ДКРМ для остального персонала;
- анализ облучаемости персонала за контролируемые периоды и за год;
- получение данных о персонале, фактически работающем 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;
- периодичность контроля;
- подразделения, для которых осуществляется оперативный контроль;
- виды работ, при выполнении которых возможно получение больших доз;
- метод определения дозы;
- организация аварийного дозиметрического контроля;
- подготовка протокола результатов измерений.

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

8.2. Подготовка и обоснование Порядка

Подготовку и обоснование Порядка на действующих радиационных объектах проводит СРБ радиационного объекта. Порядок утверждает лицо, ответственное на предприятии за обеспечение радиационной безопасности, и согласовывает его с органом, уполномоченным осуществлять федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

8.3. Организация и проведение контроля

8.3.1. В соответствии со сложившейся практикой дозиметрический контроль внешнего облучения обычно осуществляется службой радиационной безопасности (или дозиметрической службой) радиационного объекта. В случае экономической целесообразности возможно также привлечение к этой работе сторонней организации, аккредитованной для выполнения подобных работ.

8.3.2. В Порядке 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.

8.3.3. Вопросы информационно-измерительного обеспечения должны решаться с учетом Методических указаний по внедрению автоматизированных систем индивидуальных доз облучения персонала МУ-ИДК1-98 “Общие требования к проектированию информационных систем ИДК предприятий Минатома России”, Минатом 1998.

8.4. Виды контроля и контрольные уровни

8.4.1. Контроль доз профессионального облучения проводится для всего персонала групп А и Б организации. Контроль индивидуальных доз персонала в нормальных условиях эксплуатации источников излучения и в условиях повышенного облучения проводится независимо.

8.4.2. Используемые при проведении ДК виды контроля устанавливают в Порядке в соответствии с данными в разделе 5 определениями.

8.4.3. В нормальных условиях эксплуатации источников излучения для организации контроля облучения персонала группы А устанавливаются уровни введения ИДК с использованием индивидуальных дозиметров ($У_{ВК}$) в соответствии с требованиями раздела 6.

8.4.4. Дозиметрический контроль с использованием индивидуальных дозиметров 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 планируемого повышенного облучения.

8.4.5. ДКРМ характеризуется значительной неопределенностью оценки значений индивидуальных доз и может использоваться для определения доз облучения персонала только в условиях нормальной эксплуатации ИИИ:

- для определения индивидуальных 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.

8.4.6. 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 течение года может привести к превышению значения $У_{ВК}$, установленного для соответствующих органов.

8.4.7. ИДК внешнего облучения с применением индивидуальных дозиметров вводится также на время освоения новых технологических операций, для которых отсутствуют систематические данные контроля радиационной обстановки, с целью сопоставления доз облучения персонала, получаемых путем проведения ИДК с применением дозиметров, размещаемых на теле работника, и ДКРМ.

8.4.8. ДК внешнего облучения проводится с учетом МУ 2.6.5.037-2016.

8.5. Контролируемый контингент

8.5.1. Категории и число лиц, подлежащих индивидуальному контролю внешнего облучения с помощью индивидуальных дозиметров, определяются в соответствии с видом контроля и его периодичностью. Принятие решения о

введении контроля основывается на результатах прогнозного определения доз облучения.

8.5.2. Число контролируемых лиц при введении оперативного или аварийного контроля определяется количеством участников работ, т.е. контролю подлежат все участники работ с повышенной опасностью внешнего облучения при выполнении отдельных допусковых работ или при аварии.

8.6. Периодичность контроля

8.6.1. 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:

- ритм (характер) облучения: хроническое равномерное или неравномерное облучение, отдельные (в том числе и большие) случайные облучения на фоне малого квазиравномерного и т.п.;
- уровни радиоактивного загрязнения рабочего помещения;
- установленные значения контрольных уровней;
- 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.

8.6.2. 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.

8.6.3. Указанные составляющие объема контроля, а именно виды контроля, контингент, периодичность контроля, должны быть отражены в соответствующих разделах Порядка контроля.

8.7. Метод определения дозы и интерпретация измеряемых величин

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

8.7.2. 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 ДКРМ;

- индивидуального облучения каждого работника при проведении ИДК.

8.8. Определение индивидуальных доз внешнего облучения

8.8.1. Индивидуальная годовая эффективная доза Е 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.

8.8.2. Согласно требованиям МУ 2.6.5.028-2016 «Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в условиях планируемого облучения. Общие требования» за усредненную за любые последовательные 5 лет индивидуальную годовую эффективную дозу следует принимать значение, рассчитанное по следующей формуле:

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

где: E_i – индивидуальная годовая эффективная доза, полученная за *i*-й год;

$\overline{E}_A$ – отнесенная к календарному году А 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.

8.8.3. Согласно требованиям МУ 2.6.5.028-2016 «Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в условиях планируемого облучения. Общие требования» за индивидуальную эффективную дозу, накопленную за период трудовой деятельности (50 лет), следует принимать значение, рассчитанное по следующей формуле:

$$E(50)_A = \sum_{i=A-50}^{A} E_i , \qquad (2)$$

где: Ei – индивидуальная годовая эффективная доза, полученная за i-й год;

$E(50)_A$ - отнесенная к календарному году А накопленная за период трудовой деятельности индивидуальная эффективная доза.

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

8.8.4. Значения индивидуальной эквивалентной дозы облучения отдельных органов и тканей, контроль которых необходимо осуществлять согласно требованиям Норм и Правил, определяются посредством ДКРМ или ИДК.

8.9. Определение дозы внешнего облучения посредством ДКРМ

8.9.1. Дозиметрический контроль рабочих мест 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. При наличии необходимых данных и программных средств энергетическое распределение плотности потока частиц может быть получено путем расчетов с использованием соответствующих программ (кодов).

Если для определения индивидуальной эквивалентной дозы внешнего облучения органа или ткани применяется ДКРМ и при этом характер выполняемых на рабочем месте операций либо использование СИЗ исключают неравномерное (локальное) облучение органа или ткани (когда отношение значения эквивалентной дозы к значению эффективной дозы внешнего облучения не превосходит 3/2), то за значение эквивалентной дозы облучения соответствующего органа допускается принять значение индивидуальной эффективной дозы внешнего облучения.

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

$$E^{внеш} = 0{,}001 \times \sum_k \dot{H}^*(10)_k \times \Delta t_k , \qquad (3)$$

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

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

$$E^{внеш} = 3{,}6 \times 10^6 \sum_{R,E_R,k} \varphi(E_R)_k \times e(E_R)^{внеш} \times \Delta t_k = 0{,}012 \times \sum_{R,E_R,k} \frac{\varphi(E_R)_k}{ДПП(E_R)} \Delta t_k, \quad (4)$$

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./(см^2×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×см^2;

ДПП(E_R) – среднегодовая допустимая плотность потока частиц R-го типа с энергией E_R при облучении в ПЗ-геометрии, част./(см^2×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:

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

где E_n – энергия нейтронов, МэВ.

8.9.4. 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.

8.10. Эквивалентная доза в хрусталике глаза и в коже

8.10.1. За значение эквивалентной дозы в хрусталике глаза и в коже H_T, мЗв, полученной в течение соответствующего контролируемого периода, следует принимать:

$$H_T = 0{,}001 \times \sum_k \dot{H}'(d_n)_k \times \Delta t_k, \quad (6)$$

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

8.10.2. За значение эквивалентной дозы в хрусталике глаза и в коже H_T, мЗв, при наличии данных об энергетическом распределении плотности потока фотонов и электронов, получаемых путем измерений или расчетов, следует принимать:

$$H_T = 3{,}6 \times 10^6 \sum_{R,E_R,k} \varphi(E_R)_k \times h(E_R)_T^{внеш} \times \Delta t_k = M_T \times \sum_{R,E_R,k} \frac{\varphi(E_R)_k}{ДПП(E_R)_T} \Delta t_k, \quad (7)$$

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./(см^2×с);

$h(E_R)_T^{внеш}$ – эквивалентная доза в органе или ткани Т на единичный флюенс частиц R-го типа с энергией E_R в ПЗ-геометрии, Зв×см^2;

$ДПП(E_R)_T$ – допустимая плотность потока частиц R-го типа с энергией E_R при облучении в ПЗ-геометрии органа или ткани, част./(см^2×с);

$M_{ХРУСТАЛИК}$=0,09; $M_{КОЖА}$=0,29.

Для электронов и фотонов 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 и фотонов с энергиями вне диапазона табличных значений, а также для иных излучений значения $h(E_R)_T^{внеш}$ определяются отдельными МУ.

8.10.3. 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.

8.11. Определение доз посредством ИДК

8.11.1. 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.

8.11.2. За значение эффективной дозы внешнего облучения следует принимать:

$$E^{ВНЕШ}=F\times H_P(10), \quad (8)$$

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 и фотонов с энергиями менее 20 кэВ) значение коэффициента F следует принимать равным 1.

В случае, когда вклад 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.

8.11.3. 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.

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

$H_{КОЖА} = H_P(0,07)$

$H_{СТОПЫ\ И\ КИСТИ} = H_P(0,07)$

$H_{ХРУСТАЛИК} = H_P(3)$

$H_{НИЗ\ ЖИВОТА} = H_P(10)$

8.12. Оценка неопределенности

Оценка неопределенности проводится согласно требованиям раздела 9 и МИ 2453-2015.

8.13. Принятие решения о проведении контроля доз внешнего облучения

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.

Индивидуальный контроль внешнего облучения с использованием индивидуальных дозиметров вводится также при проведении новых технологических операций и операций, для которых отсутствуют систематические данные контроля радиационной обстановки.

8.14. Порядок проведения контроля облучения персонала группы Б

8.14.1. 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.

8.14.2. Оценка индивидуальных доз облучения персонала группы Б проводится расчетным методом дозиметрического контроля облучения ДКРМ, основывающимся на данных мониторинга рабочих мест (рабочих помещений).

8.14.3. Ограничение внешнего облучения персонала группы Б осуществляется путем установления контрольных уровней мощности амбиентного эквивалента дозы внешнего облучения для рабочих помещений и систематического контроля за их непревышением.

8.15. Запись и хранение результатов дозиметрического контроля

8.15.1. Результаты всех видов дозиметрического контроля, а также данные о суммарной накопленной дозе за весь период профессиональной работы должны регистрироваться и храниться на бумажном или электронном носителе.

8.15.2. Индивидуальную дозу облучения в течение периода контроля регистрируют в журнале с последующим внесением в индивидуальную карточку, а также в машинный носитель для передачи данных в информационные системы предприятий и организаций 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.

9. Метрологическое, аппаратурное и методическое обеспечение дозиметрического контроля

9.1. В соответствии с нормативными документами Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) определены следующие общие требования к метрологическому обеспечению контроля доз облучения персонала:

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

– методики радиационного контроля (МРК, МВИ, МИ) должны удовлетворять требованиям ГОСТ 8.638-2013 и МИ 2453-2015, быть аттестованы и зарегистрированы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений в установленном порядке;

– служба организации, осуществляющая радиационный контроль, должна быть аккредитована на техническую компетентность в установленном порядке.

9.2. Определение дозы внешнего облучения персонала проводят на основании результатов измерения операционной величины. За оценку нормируемой величины следует принимать результат измерения или расчета по результату измерения соответствующей операционной величины.

Итоговое значение дозы, определенное по результатам измерения операционной величины или в результате расчета по результату измерения соответствующей операционной величины, является консервативной оценкой нормируемой величины (эффективная или эквивалентная доза).

9.3. Результат определения значения дозы должен содержать:

– значение искомой величины Q, основанное на измерении или расчете по результатам измерения;

– оценку неопределенности значения искомой величины U для доверительной вероятности P=0,95.

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

– неопределенности измерений, обусловленные погрешностями средств измерений;

– статистическую неопределенность измерений;

– неопределенность распространения результатов измерений или расчетов на реальный объект контроля (неопределенность, обусловленная представительностью контроля и условиями его выполнения).

При оценке неопределенности значения искомой величины не следует учитывать неопределенности принятых в обоснование НРБ-99/2009 и используемых в радиационном контроле дозиметрических моделей и их параметров, характеризующих стандартного работника.

9.5. Конкретные алгоритмы определения значения дозы и оценки неопределенности должны регламентироваться методикой радиационного контроля и входящими в ее состав методиками выполнения расчетов.

9.6. При суммировании значений (например, для определения дозы, полученной в течение нескольких периодов контроля) следует руководствоваться стандартными правилами суммирования:

$$Q = \sum_k Q_k , \tag{9}$$

$$U = \sqrt{\sum_k U_k^2} , \tag{10}$$

где k – индекс для обозначения частного результата.

9.7. В документы по учету индивидуальной дозы облучения работника следует вносить измеренное или рассчитанное значение дозы Q.

Оценка неопределенности U наряду со значением Q и информацией об условиях измерений отражается в протоколах измерений.

В случае показания измерителем операционной величины нулевого значения в документах записывается значение НПИ, приписанное использованному средству измерения.

9.8. Для соблюдения принципа оптимизации с целью снижения облучаемости персонала на отдельных участках производства используется величина $Q^{макс.}$, определяемая по формуле:

$$Q^{макс} = Q + U, \tag{11}$$

В случае превышения значения $Q^{макс.}$ установленного на предприятии контрольного уровня необходимо разработать мероприятия по снижению облучаемости персонала.

10. Технические требования к средствам дозиметрического контроля

10.1. Технические, эксплуатационные и метрологические требования к средствам дозиметрического контроля, в т.ч. ИДК, приведены в стандартах подкомитета 45В «Приборы радиационной защиты» Технического комитета 45 «Ядерное приборостроение» международной электротехнической комиссии (МЭК):

- МЭК 60846-1, 2009-04 «Приборы радиационной защиты – Измерители и/или мониторы (мощности) амбиентного и/или направленного эквивалента дозы бета-, рентгеновского и гамма-излучения – Часть 1: Портативные приборы для контроля рабочих мест и окружающей среды»
- МЭК 61005, ред. 3, 2014-07 «Приборы радиационной защиты – Измерители (мощности) амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения»;
- МЭК 61526, ред. 3, 2010-07 «Приборы радиационной защиты – Измерение эквивалентов индивидуальной дозы Hp(10) и Hp(0,07) для рентгеновского, гамма-, нейтронного и бета-излучения - Индивидуальные дозиметры с непосредственной индикацией показаний эквивалента дозы и мониторы»;

- МЭК 61066, 2006-06, ред. 2 «Приборы радиационной защиты – Термолюминесцентные дозиметрические системы для индивидуальной дозиметрии и дозиметрии окружающей среды»;
- МЭК 62387, ред. 1, 2012-04 «Приборы радиационной защиты – Пассивные интегрирующие дозиметрические системы от фотонного и бета-излучения для индивидуальной дозиметрии и дозиметрии окружающей среды».

10.2. Общие положения стандартов МЭК

Неопределенности результатов измерения имеют следующие составляющие:

- *основная относительная погрешность измерителей* (собственная погрешность измерителя);
- *неопределенность,* обусловленная зависимостью чувствительности прибора от энергии и угла падения излучения на детектор измерителя;
- *дополнительные неопределенности*, обусловленные отличиями внешних условий измерения от установленных нормальных: температуры окружающей среды, давления, внешнего электромагнитного поля и др.

Основная (собственная) относительная погрешность средств измерений обусловлена нелинейностью чувствительности и статистическими флуктуациями, поэтому в стандартах последних лет исключено требование к основной относительной погрешности и предъявлены требования к линейности чувствительности и к статистическим флуктуациям показаний дозиметра.

Ограничение диапазона измерений: требование к линейности ограничивает верхнюю, а требование к статистическим флуктуациям – нижнюю границу диапазона измерений дозиметра.

Время отклика приборов - время показания 90 % нового значения при резком изменении мощности дозы. Требование к времени отклика является требованием как к чувствительности детекторов прибора, так и к алгоритму обработки сигналов в приборах. Требование к времени отклика ограничивает нижнюю границу диапазона измерений измерителя.

Калибровка дозиметров при значениях мощностей доз менее 10 мкЗв/ч невозможна в стандартных условиях. Необходимость измерения прибором мощностей доз меньше 0,1 мкЗв/ч должна быть обоснована, и значения нижней границы диапазона измерения дозиметрами ниже 0,1 мкЗв/ч должны подтверждаться специальными исследованиями.

Требования вышеуказанных стандартов МЭК к основным техническим, метрологическим и эксплуатационным характеристикам приборов и, при необходимости, комментарии к ним приведены в Приложении 4.

11. Общие нормативные требования к методикам измерений и поверке средств измерения

Дозиметрические измерения относятся к сфере государственного регулирования, и нормативные документы Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) определяют следующие общие требования к обеспечению контроля доз облучения персонала:

- 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;
- методики радиационного контроля (МРК) должны удовлетворять требованиям ГОСТ 8.638-2013 и МИ 2453-2000 и быть аттестованы в установленном порядке;
- службы организаций, осуществляющие радиационный контроль, должны быть аккредитованы на техническую компетентность в установленном порядке.

Приложение 1 (информационное). Термины и определения

В настоящих методических указаниях используются термины и определения, представленные в Приложении 1 Методических указаний «Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в условиях планируемого облучения. Общие требования».

Приложение 2 (информационное). Условные обозначения и сокращения

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

ГСИ	–	Государственная система обеспечения единства измерений;
ДК	–	дозиметрический контроль;
ДКРМ	–	дозиметрический контроль рабочих мест;
ДПП	–	допустимая плотность потока;
ЕСКИД	–	единая система контроля индивидуальных доз;
ИДК	–	индивидуальный дозиметрический контроль облучения;
ИИИ	–	источник ионизирующего излучения;
ИСО	–	Международная организация по стандартизации, ИСО (International Organization for Standardization, ISO);
МВИ	–	методика выполнения измерений;
МКРЕ	–	Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям;
МКРЗ	–	Международная комиссия по радиологической защите;
МИ	–	методика измерений;
МРК	–	методика радиационного контроля;
МУ	–	методические указания;
МЭК	–	Международная электротехническая комиссия;
НРБ	–	Нормы радиационной безопасности;
ПЗ	–	передне-задняя (геометрия);
РК	–	радиационный контроль;
РФЛД	–	радиофотолюминесцентный детектор или дозиметр;
СИ	–	средство измерения;
СРБ	–	служба радиационной безопасности организации;
$У_{ВК}$	–	уровень введения индивидуального дозиметрического контроля;
ФЭУ	–	фотоэлектронный умножитель

Приложение 3 (справочное). 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 от 40 кэВ до 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 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, первый и четвертый требуют применения компенсирующих фильтров. Наиболее чувствительны третий, четвертый и пятый. Второй 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 необходимых пределах 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 прямопоказывающих цифровых, аналоговых или цифро-аналоговых 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 фотодиодами. 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 и измерения дозы облучения в импульсных полях. Электронные прямопоказывающие дозиметры удобны при обеспечении оперативного и аварийного контроля. Они должны иметь автономный источник питания, обеспечивающий непрерывную работу прибора не менее 8 ч.

На основе применения термолюминесцентных и прямопоказывающих 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 фотонного и 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 индивидуального эквивалента дозы $H_P(10)$, который должен охватываться индивидуальным дозиметром текущего контроля, определяется НРБ-99/2009, 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 максимальное значение диапазона измерения $H_P(10)$ следует установить не менее 500 мЗв. Минимальное значение диапазона измерения должно быть на уровне 1/10 от предела дозы в год в среднем за любые последовательные 5 лет (20 мЗв), а в полях смешанного фотонного и 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. Минимальное значение диапазона 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-99/2009 регламентируют только годовой уровень облучения. Поэтому минимальное значение диапазона определяется как 1/2 уровня регистрации годовой эквивалентной дозы облучения кожи, кистей и стоп (5 мЗв) и принимается равным 2 мЗв. Диапазон измерений (определения) $H_P(0,07)$ при текущем контроле должен находиться в пределах от 2 мЗв до 5 Зв. 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 $H_P(0,07)$ 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 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 дозы $H_P(0,07)$ диапазон измерения (определения) должен быть в пределах от 1 Зв до 10 Зв, для $H_P(3)$ – от 0,05 до 10 Зв. Минимальное значение диапазонов измерения (определения) $D_P(10)$ и К должно быть 0,05 Гр, а в полях смешанного фотонного и нейтронного излучения при раздельном измерении (определении) компонентов – 0,02 Гр. Максимальные значения диапазонов $D_P(10)$ и К должны составлять 50 Гр и 50 Гр соответственно, учитывая возможность локальных переоблучений.

Приложение 4 (справочное). Требования к средствам дозиметрического контроля внешнего облучения

Технические и метрологические требования к средствам контроля ядерной и радиационной безопасности разработаны в подкомитете 45В «Приборы радиационной защиты» Технического комитета 45 «Ядерное приборостроение» Международной электротехнической комиссии (МЭК).

Технические, метрологические и эксплуатационные требования к дозиметрам и средствам измерения мощности амбиентного и направленных эквивалентов $H^*(10)$, $H'(3,\Omega)$, $H'(0,07,\Omega)$, индивидуальных эквивалентов $H_p(10)$, $H_p(3)$, $H_p(0,07)$ приведены в стандартах МЭК:

1. МЭК 60846-1, 2009-04 «Приборы радиационной защиты – Измерители и/или мониторы (мощности) амбиентного и/или направленного эквивалента дозы бета-, рентгеновского и гамма-излучения»;

2. МЭК 61005, ред. 3, 2014-07 «Приборы радиационной защиты – Измерители амбиентного эквивалента дозы (мощности) нейтронов»

3. МЭК 61526, ред. 3, 2010-07 «Приборы радиационной защиты – Измерение эквивалентов индивидуальной дозы $H_p(10)$ и $H_p(0,07)$ для рентгеновского, гамма-, нейтронного и бета-излучения – Индивидуальные дозиметры с непосредственной индикацией показаний эквивалента дозы и мониторы»;

4. МЭК 61066, 2006-06, ред. 2 «Приборы радиационной защиты – Термолюминесцентные дозиметрические системы для индивидуальной дозиметрии и дозиметрии окружающей среды»;

5. МЭК 62387, ред. 1, 2012-04 «Приборы радиационной защиты – Пассивные интегрирующие дозиметрические системы от фотонного и бета-излучения для индивидуальной дозиметрии и дозиметрии окружающей среды».

Ниже будут приведены требования вышеуказанных стандартов к основным техническим характеристикам приборов и при необходимости пояснения к ним.

Общие термины и определения стандартов МЭК

действительный диапазон измерений – диапазон значений измеряемой величины, в котором рабочие характеристики измерителя (мощности) эквивалента дозы удовлетворяют требованиям настоящего стандарта;

коэффициент вариации – отношение оценки стандартного отклонения *s* к среднему арифметическому значению совокупности *n* измерений;

относительная погрешность показаний – отношение погрешности индикации измеряемой величины к условно истинной величине, выражаемое в процентах;

относительная собственная погрешность – относительная погрешность показаний устройства от образцового излучения в образцовых условиях;

отклик – отношение индицируемой измерителем или монитором величины к условно истинной величине;

время отклика – время между первичным облучением детектора и достижением показаний 90 % конечного значения мощности дозы монитора;

эталонные излучения:

- фотонное излучение для H*(10): излучение источника ^{137}Cs (или ^{60}Co);

- фотонное излучение для H'(0,07): поле ^{80}N (или ^{241}Am) (ИСО 4037);

- бета-излучение для H'(d,Ω): излучение нуклида ^{90}Sr/^{90}Y (ИСО 6980-1; ИСО 6980-3); нейтронное излучение: ^{241}Am/Be, ^{252}Cf, (D_2O), или D(d,n)^{3}He, T(d,n)^{4}He, T(p,n) и ^{7}L(p,n) нейтронные генераторы.

П.4.1. МЭК 60846-1, 2009-04, Приборы радиационной защиты – Измерители и/или мониторы (мощности) амбиентного и/или направленного эквивалента дозы бета-, рентгеновского и гамма-излучения – Часть 1: Портативные приборы для контроля рабочих мест и окружающей среды

Общие характеристики средств измерения мощности амбиентного и направленного эквивалента дозы

Диапазон мощности эквивалента дозы. Для выполнения рекомендаций МКРЕ требуется определить мощность эквивалента дозы по широкому диапазону значений. В некоторых случаях требуется измерить такую высокую мощность эквивалента дозы, как 10 Зв/ч. В других предельных случаях можно получить такие низкие мощности эквивалента дозы, как 0,1 мкЗв/ч. В большинстве случаев интересующие мощности эквивалента дозы находятся в пределах диапазона приблизительно от 1 мкЗв/ч до 10 мЗв/ч.

Минимальный действительный диапазон измерений мощности эквивалента дозы должен охватывать, как минимум, три порядка величины и

включать в себя 10 мкЗв/ч для измеряемой величины H*(10) и 0,1 мЗв/ч для измеряемой величины H'(0,07).

Изменение чувствительности, обусловленное энергией и углом падения излучения:

требования для дозы (мощности) H'(0,07): Относительная чувствительность, обусловленная энергией от 10 кэВ до 250 кэВ и углом падения фотонного излучения от 0° до 45°, должна находиться в интервале от 0,71 до 1,67. Для углов падения излучения до ± 90° изготовитель должен указывать относительную чувствительность для всех энергий излучения;

требования для дозы (мощности) H(10):* Относительная чувствительность, обусловленная энергией от 20 кэВ до 150 кэВ или от 80 кэВ до 1,5 МэВ и углом падения фотонного излучения от 0° до 45°, должна находиться в интервале от 0,71 до 1,67. Для углов падения излучения до ±90° изготовитель должен указывать относительную чувствительность для всех энергий излучения;

требования для дозы (мощности) H'(0,07): Относительная чувствительность, обусловленная средними энергиями от 0,2 МэВ до 0,8 МэВ и углом падения бета-излучения от 0° до 45°, должна находиться в интервале от 0,71 до 1,67. Для углов падения излучения до ±60° изготовитель должен указывать относительную чувствительность для всех энергий излучения.

Изменение относительной чувствительности к (мощности) дозе, обусловленное нелинейностью в стандартных условиях испытаний, не должно превышать диапазон от минус 15 % до + 22 % по всему действительному диапазону измерений для выбранного эталонного рентгеновского, гамма-излучения или бета-излучения.

Коэффициент вариации по (мощности) дозы должны быть в пределах:

для H=Ho: 15 %; для Ho<H<11Ho: (16-H/Ho)%; для H>11Ho: 5 %, где Ho – нижняя граница диапазона измерения (мощности) дозы.

Время отклика: При воздействии на измеритель мощности эквивалента дозы ступенчатого или медленного приращения или понижения менее чем через 10 с после воздействия конечной мощности эквивалента дозы показание измерителя должно достичь: Gi+0,9(Gf-Gi), где Gi – начальное показание и Gf – конечное показание. Период времени 10 с применяется для значений Gf, составляющих более 1 мкЗв/ч, но менее чем 10 мЗв/ч. Для Gf выше этого значения время должно составлять 2 с или менее. Кроме того, через 60 с показание должно достигать (1±0,1) Gf для всех значений Gf.

Отклик к импульсным полям ионизирующего излучения: Испытания на чувствительность измерителя (мощности) эквивалента дозы к полям импульсного излучения не являются обязательными.

В разделах 9-14 предъявляют требования к электрическим, механическим характеристикам дозиметров, характеристикам окружающей среды, перечню документации. Приложение А посвящено анализу статистических флуктуаций, а Приложение С – калибровке

измерителей. В Приложении В приведены категории использования индивидуальных дозиметров, рекомендующие их характеристики в зависимости от целей их использования.

Категории использования, приведенные в таблице В.1, могут быть использованы для классификации средств измерения амбиентного/направленного эквивалента дозы (мощности) для целей официального утверждения.

Таблица В.1 – Категории использования средств измерения амбиентного/направленного эквивалента дозы (дозиметров)

Основная категория	**Символ**	**Минимально требуемый диапазон использования**	**Дополнительные расширения**			
			для диапазона энергии	**для диапазона углов**	**для диапазона мощности дозы**	**для диапазона дозы**
H*(10) гамма	G	энергия: 80 кэВ – 1,5 МэВ угол: -45° - +45° мощность дозы: 3 порядка величины, включая 10 мкЗв/ч доза (если это предусмотрено): 3 порядка величины, включая 0,1 мЗв	m (mid): нижняя гр-ца 60 кэВ l (low): нижняя гр-ца 20 кэВ h (high): вкл. 6 МэВ	w (wide): -90° - +90°	a (аварийный): верхняя гр-ца 10 Зв/ч	a (аварийный): верхняя гр-ца 2 Зв f: нижняя гр-ца 10 мкЗв
H*(10) рент.	X	энергия: 20 кэВ – 150 кэВ угол: -45° - +45° мощность дозы: 3 порядка величины, включая 10 мкЗв/ч доза (если это предусмотрено): 3 порядка величины, включая 0,1 мЗв	l (low): нижняя гр-ца 10 кэВ h (high): вкл. 300 кэВ	w (wide): -90° - +90°	a (аварийный): верхняя гр-ца 10 Зв/ч	a (аварийный): верхняя гр-ца 2 Зв f: нижняя гр-ца 10 мкЗв
H'(0,07) рент., гамма	S (кожа)	энергия: 20 кэВ – 150 кэВ мощность дозы: 3 порядка величины, включая 10 мкЗв/ч доза (если это предусмотрено): 3 порядка величины, включая 0,1 мЗв	h (high): вкл. 300 кэВ u (ultra): вкл. 1,3 МэВ		a (аварийный): верхняя гр-ца 10 Зв/ч	a (аварийный): верхняя гр-ца 2 Зв f: нижняя гр-ца 10 мкЗв

H'(0,07) бета	B	средняя энергия (Ecp): 200 кэВ – 800 кэВ мощность дозы: 3 порядка величины, включая 0,1 мЗв/ч доза (если это предусмотрено): 3 порядка величины, включая 0,1 мЗв	l (low): нижняя гр-ца 60 кэВ (Ecp)		a (аварийный): верхняя гр-ца 10 Зв/ч	a (аварийный): верхняя гр-ца 2 Зв f: нижняя гр-ца 10 мкЗв
Например, гамма-дозиметр для атомной станции для измерений в аварийных условиях может быть классифицирован как Gha....						

П.4.2. МЭК 61005, ред. 3, 2014-07 «Приборы радиационной защиты – Измерители амбиентного эквивалента дозы (мощности) нейтронов».

неопределенность условно истинного значения дозы (мощности) должна быть меньше, чем ± 20 %

минимальный действительный диапазон измерения мощности эквивалента дозы H*(10) должен покрывать по крайней мере четыре порядка величины и включать 10 мкЗв/ч

относительный отклик должен быть в диапазоне от минус 17 % до +25 % в минимальном диапазоне измерений мощности дозы: 5 мкЗв/ч – 1 Зв/ч

относительный отклик в диапазоне 0,2-8,0 для энергий от тепловых до 50 кэВ; 0,5-2,0 – для энергии от 50 кэВ до 10 МэВ; (рекомендуется) 0,2-2,0 – для энергий выше 10 МэВ

относительный отклик $\pm$25 % для углов падения излучения от 0 до 90°; должен заявляться производителем от $\pm$90 до $\pm$180°

время отклика до достижения показаний 90 % от нового значения при резком изменении мощности дозы:

менее 30 с для мощности H*(10) менее 0,1 мЗв/ч;

10 с для мощности H*(10) между 0,1 мЗв/ч и 1,0 мЗв/ч;

4 с для мощности H*(10) более 1,0 мЗв/ч.

В других разделах приведены требования к электрическим, электромагнитным, механическим характеристикам и характеристикам окружающей среды, перечню документации. В Приложении А приведены конверсионные коэффициенты из доклада 57 МКРЕ.

П.4.3. МЭК 61526, ред. 3, 2010-07, Приборы радиационной защиты – Измерение эквивалентов индивидуальной дозы Hp(10) и Hp(0,07) для X-, гамма-, нейтронного и бета-излучения – Индивидуальные дозиметры с непосредственной индикацией показаний эквивалента дозы

Механические характеристики – размеры дозиметров не должны превышать 15х3х8 см, объем 300 $см^3$, а их масса (гамма-нейтронные дозиметры) не должна превышать 350 г.

Действительный диапазон измерений дозиметров должен охватывать, как минимум, диапазон от 100 мкЗв до 1 Зв для величины измерения $H_p(10)$ и от 1 мЗв до 10 Зв для величины измерения $H_p(0,07)$, а измеряемые мощности дозы должны находиться в диапазоне от 1 мкЗв $ч^{-1}$ до 1 Зв $ч^{-1}$.

Испытания – расширенная (k=2) относительная неопределенность условно истинного значения эквивалента дозы или мощности дозы должна быть менее 10 % .

Минимальные диапазоны измерения:

для $H_p(0,07)$ гамма-, рентгеновского и бета-излучений:

для дозы: от 1 мЗв до 10 Зв

для мощности дозы: от 5 мкЗв/ч до 1 Зв/ч

для $H_p(10)$ гамма-излучения:

для дозы: от 100 мкЗв до 1 Зв

для мощности дозы: от 0,5 мкЗв/ч до 1 Зв/ч

для $H_p(10)$ нейтронного излучения:

для дозы: от 100 мкЗв до 1 Зв

для мощности дозы: от 5 мкЗв/ч до 1 Зв/ч

Изменение относительной чувствительности, обусловленное нелинейностью, должно лежать в диапазоне от минус 17 % до +25 % по всему действительному диапазону измерений для выбранного эталонного рентгеновского, гамма-излучения или бета-излучения в стандартных условиях испытаний.

Коэффициент вариации по эквивалентам доз $H_p(0,07)$, $H_p(10)$ должен быть в пределах:

для $H_o<H<11H_o$: $(16 – H/H_o)$ %;

для $H>11H_o$: 5 %, где H_o – нижняя граница диапазона измерения доз.

Изменения относительной чувствительности измерения $H_p(10)$, $H_p(0,07)$ и их мощностей, обусловленных энергией и углом падения фотонного, нейтронного и бета-излучения, должны находиться в интервале от 0,71 до 1,67 для разных энергий и углов падения излучения от 0° до 60°.

Время отклика показания эквивалента дозы и аварийной сигнализации. При воздействии на дозиметр ступенчатого повышения мощности эквивалента дозы индикатор должен показывать значение с погрешностью менее чем (минус 17-плюс 25) % верхнего значения мощности эквивалента дозы в течение 10 с после воздействия на дозиметр конечной мощности эквивалента дозы. В случае ступенчатого повышения аварийная сигнализация, при установке на значение, составляющее половину от верхнего значения мощности эквивалента дозы, должна срабатывать в течение 2 с. В качестве альтернативы, любая задержка срабатывания не должна приводить к получению дозы свыше 10 мкЗв для мощности $H_p(10)$ рентгеновского и гамма-излучения, свыше 100 мкЗв для мощности $H_p(0,07)$

рентгеновского, гамма- и бета-излучения и свыше 500 мкЗв для мощности $H_p(10)$ нейтронного излучения.

В других разделах стандарта приведены требования к электрическим, электромагнитным, механическим характеристикам и характеристикам окружающей среды, перечню документации к приборам. Приложение А и В посвящены статистическим флуктуациям, процедуре определения изменения относительной чувствительности, обусловленной энергией излучения и углом падения излучения. В Приложении С приведены категории использования индивидуальных дозиметров, рекомендующие их характеристики в зависимости от целей их использования.

Приложение С – Категории использования индивидуальных дозиметров

Категории использования, приведенные в таблице С.1, могут быть использованы для классификации индивидуальных дозиметров в целях утверждения типа.

Таблица С.1 – Категории использования индивидуальных дозиметров

Категория	**Обозначение**	**Минимальный диапазон**	**Варианты расширений**		
			для влияющей величины энергии	**для диапазона дозы**	**для влияющей величины мощности дозы**
$H_p(10)$ гамма-излучение	**G**	от 80 кэВ до 1,5 МэВ[а] от 100 мкЗв до 10 Зв[б] от 0,5 мкЗв/ч до 1 Зв/ч[в]	**m** (ср.): нижний предел 60 кэВ **l** (низк.): нижний предел 20 кэВ **h** (выс.): вкл. 6 МэВ	**f**: нижний предел10 мкЗв	**a** (аварийный): верхний предел 10 Зв $ч^{-1}$
$H_p(10)$ рентгеновское излучение	**X**	от 20 кэВ до 150 кэВ[а] от 100 мкЗв до 10 Зв[б] от 0,5 мкЗв/ч до 1 Зв/ч[в]	**l** (низк): нижний предел 10 кэВ **h** (выс): вкл. 300 кэВ	**f**: нижний предел10 мкЗв	**a** (аварийный): верхний предел 10 Зв $ч^{-1}$
$H_p(10)$ нейтронное излучение	**N**	от 0,025 эВ до 5 МэВ[а] от 100 мкЗв до 1 Зв[б] от 5 мкЗв/ч до 1 Зв/ч[в]	—	**f**: нижний предел10 мкЗв	**a** (аварийный): верхний предел 10 Зв $ч^{-1}$
$H_p(0,07)$ рентгеновское, гамма-излучение	**S** (кожа)	от 20 кэВ до 150 кэВ[а] от 1 мЗв до 10 Зв[б] от 5 мкЗв/ч до 1 Зв/ч[в]	**l** : нижний предел 15 кэВ **n** : нижний предел 10 кэВ	**g**: нижний предел 100 мкЗв	**a** (аварийный): верхний предел 10 Зв $ч^{-1}$
$H_p(0,07)$ бета-излучение	**B**	от 200 кэВ до 800 кэВ ($E_{ср.}$)[а] от 1 мЗв до 10 Зв[б]	**l**: нижний предел 60 кэВ (Eср.)	**g**: нижний предел 100 мкЗв	**a** (аварийный): верхний предел 10 Зв $ч^{-1}$

[а] Минимальный диапазон энергии
[б] Минимальный действительный диапазон измерений
[в] Минимальный диапазон использования (мощность дозы)

П.4.4. МЭК 61066, 2006-06, ред. 2 Приборы радиационной защиты – Термолюминесцентные дозиметрические системы для индивидуального мониторинга и для мониторинга окружающей среды

Эталонная доза для $H_p(10)$ и $H^*(10)$: от 1мЗв до 10мЗв; для $H_p(0,07)$: от 3 мЗв до 30 мЗв.

Эталонное фотонное излучение для $H_p(10)$ и $H^*(10)$: ^{137}Cs; для $H_p(0,07)$: N-80.

Эталонное бета-излучение для $H_p(0,07)$: $^{90}Sr/^{90}Y$.

Радиационный фон в стандартных условиях: $H^*(10)$ не более 0,25 мкЗв/ч.

Неопределенность условно истинного значения: Относительная расширенная неопределенность условно истинного значения эквивалента дозы должна быть меньше 7 %.

Учет естественного фона при испытаниях: Для измерений малых доз фотонного и бета-излучения необходимо принимать во внимание естественный фон. Для этого нужно взять значимое количество дозиметров (минимум 10) как фоновые, которые рассматриваются также как испытываемые дозиметры, но не облучаются. Среднее значение показаний этих дозиметров должно вычитаться из показаний испытываемых.

Нелинейность чувствительности: изменение относительной чувствительности из-за нелинейности должно быть в пределах:

от −9 % до +11 % для доз $H_p(10)$, $H_p(0,07)$, $H^*(10)$ в диапазоне 0,1 мЗв ≤ H ≤ 1 Зв;

±5 % для дозы $H^*(10)$ в диапазоне 0,5 мЗв ≤ H ≤ 20 мЗв.

Статистические флуктуации: коэффициент вариации должен удовлетворять требованиям $H_p(10)$:

для H < 0,1 мЗв: 15 %;

для 0,1 мЗв ≤ H < 1,1 мЗв: (16-H/0,1 мЗв) %;

для H ≥ 1,1 мЗв: 5 %.

$H_p(0,07)$*:

для H < 1 мЗв: 15 %;

для 1 мЗв ≤ H < 11 мЗв: (16-H/1 мЗв) %;

для H ≥ 11 мЗв: 5 %.

**Примечание В РФ значение нижней границы диапазона измерения дозы $H_p(0,07)$ равно 2,0 мЗв.*

$H^*(10)$:

для H < 0,5 мЗв: 5 %;

для 0,5 мЗв ≤ H < 20 мЗв: 3 %;

для H ≥ 20 мЗв: 5 %.

Параметры дозиметрической системы

В зависимости от измеряемого эквивалента дозы диапазоны измерения должны иметь минимальные пределы:

$H_p(10)$, $H^*(10)$ 0,1 мЗв ≤ H ≤ 1 Зв

$H_p(0,07)$* 1 мЗв ≤ H ≤ 10 Зв

**Примечание В РФ значение нижней границы диапазона измерения дозы $H_p(0,07)$ равно 2,0 мЗв.*

Изменение чувствительности, обусловленное энергией и углом падения излучения

Относительная чувствительность измерения $H_p(10)$, обусловленная энергией и углом падения фотонного излучения, должна находиться в интервале от минус 29 % до +67 % для энергии 80 кэВ – 1,25 МэВ и для углов от 0° до ±60° от эталонного направления;

Относительная чувствительность измерения $H_p(0,07)$, обусловленная энергией и углом падения фотонного и бета-излучения, должна находиться в интервале от минус 29 % до +67 % для фотонного излучения с энергией от 30 кэВ до 250 кэВ и для бета-излучения со средней энергией от 0,24 МэВ до 0,8 МэВ для углов от 0° до ±60° от эталонного направления.

Относительная чувствительность измерения H*(10), обусловленная энергией и углом падения фотонного излучения, для энергии 80 кэВ– 1,25 МэВ должна находиться в интервале:

от минус 29 % до +67 % для углов от 0° до ±75° и от ±180° до ±75° от эталонного направления

от минус 33 % до +100 % для углов от 75° до ±105° от эталонного направления.

В разделах 11-13 приведены требования к экологическим, электромагнитным и механическим характеристикам дозиметров.

П.4.5. МЭК 62387, ред. 1, 2012-04 Приборы радиационной защиты – Пассивные интегрирующие дозиметрические системы для мониторинга окружающей среды и индивидуального мониторинга – Часть 1: Общие характеристики и эксплуатационные требования

Требования стандарта идентичны требованиям стандарта МЭК 61066. В данном документе приведено Приложение D стандарта, отсутствующее в стандарте МЭК 61066.

Приложение D – Категории использования пассивных дозиметров

Категории использования, приведенные в таблице D1, могут быть использованы для классификации индивидуальных дозиметров в целях утверждения типа.

Таблица D.1 – Категории использования пассивных дозиметров

Основная категория	Символ	Минимально требуемый диапазон использования*	Дополнительные расширения		
			для диапазона энергии	для нижней границы диапазона измерения	для верхней границы диапазона измерения
Hp(10) фотоны	G (гамма)	80 кэВ – 1,25 МэВ[a] 0,1 мЗв – 1 Зв[б]	m (mid): нижняя 60кэВ l (low): нижняя 20 кэВ h (high): вкл. 7 МэВ	f: нижняя гр-ца 0,01 мЗв	a (аварийный): верхняя гр-ца 10 Зв
H*(10) фотоны	E (окр. среда)	80 кэВ – 1,25 МэВ[a] 0,1 мЗв – 1 Зв[б]	m (mid): нижняя 60 кэВ	f: нижняя гр-ца 0,01 мЗв	a (аварийный): верхняя гр-ца

			l (low): нижняя 20 кэВ h (high): вкл. 7 МэВ		10 Зв
Hp(0,07) фотоны	S (кожа)	30 кэВ – 250 кэВ 1 мЗв – 10 Зв[б]	l (low): нижняя 20 кэВ n: нижняя 15 кэВ	g: нижняя гр-ца 0,1 мЗв	a (аварийный): верхняя гр-ца 10 Зв
Hp(0,07) бета	B (бета)	200 кэВ – 800 кэВ (Eср)[а] 1 мЗв – 10 Зв[б]	l (low): нижняя 60 кэВ (Eср)[а]	g: нижняя гр-ца 0,1 мЗв	a (аварийный): верхняя гр-ца 10 Зв

а – минимальный диапазон энергии

б – минимальный действительный диапазон измерений

Пример 1: индивидуальный фотонный дозиметр для атомной станции может быть классифицирован как Gmh

Пример 2: фотонный дозиметр для размещения вблизи атомной станции может быть классифицирован как Emhf

Пример 3: индивидуальный фотонный бета-дозиметр для медицинского использования может быть классифицирован как Sng-Blg

**Примечание В РФ значение нижней границы диапазона измерения дозы $H_p(0,07)$ равно 2,0 мЗв.*

Приложение 5 (информационное). Библиографические данные

1. IEC 60846-1, 2009-04, Radiation protection instrumentation – Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation – Part 1: Portable workplace and environmental meters and monitors.

2. IEC 61005, 2014-07, Radiation protection instrumentation – Neutron ambient dose equivalent (rate) meters.

3. IEC 61526 ed. 3, 2010-07, Radiation protection instrumentation – Measurement of personal dose equivalents *Hp*(10) and *Hp*(0,07) for X, gamma, neutron and beta radiations –Direct reading personal dose equivalent meters.

4. IEC 61066 ed. 2, 2006-06, Thermoluminescence dosimetry systems for personal and environmental monitoring.

5. IEC 62387 Edition 1.0 (2012-12-04) Radiation protection instrumentation – Passive integrating dosimetry systems for personal and environmental monitoring of photon and beta radiation.

6. ICRP Publication N 60 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection – Ann ICRP, Vol 21, N 1-3, 1991.

7. ICRP Publication N 75 General Principles for the Radiation Protection of Workers – Ann ICRP Vol 27, N 1, 1997.

8. ICRP Report N 20, Radiation Protection Instrumentation and Its Application. 1970.

Приложение 6 (информационное). Список исполнителей

Методические указания МУ 2.6.5.026-2016. Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения. Общие требования.

Руководитель работы:	Ю.В. Абрамов (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ
к.т.н.	им. А.И. Бурназяна ФМБА России)
Исполнители:	
к.ф.-м.н.	В.А. Кутьков (НИЦ «Курчатовский институт»),
д.т.н.	В.Н. Клочков (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России),
д.т.н., профессор	В.П. Ярына (ФГУП «ВНИИФТРИ»),
д.т.н., профессор	Б.В. Поленов (АО «СНИИП»),
к.т.н.	К. Нурлыбаев (НПП «Доза»),
к.ф.-м.н.	Ю.Н. Мартынюк (НПП «Доза»),
к.ф.-м.н.	А.И. Каракаш (НПП «Доза»)

gost.e-ecolog.ru