Федеральная служба по надзору
в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека

Государственная система
санитарно–эпидемиологического
нормирования Российской Федерации

БЮЛЛЕТЕНЬ

НОРМАТИВНЫХ И МЕТОДИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ ГОССАНЭПИДНАДЗОРА

ИЗДАНИЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ

МОСКВА — 2010

Год издания 11-й

Июнь
Выпуск 2 (40)

gost.e-ecolog.ru

ISBN 978—5—7508—0883—0

БЮЛЛЕТЕНЬ
НОРМАТИВНЫХ И МЕТОДИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ
ГОССАНЭПИДНАДЗОРА

Выпуск 2 (40), июнь 2010
Издается с 2000 г.

НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

УЧРЕДИТЕЛИ

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор Г. Г. Онищенко

Е. Н. Беляев,
А. И. Верещагин,
Л. П. Гульченко,
С. И. Иванов,
Г. Ф. Лазикова,
С. С. Перель,
Г. С. Перминова,
М.П. Шевырева,
Н. В. Шестопалов

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

А. Х. Агиров (Майкоп),
Г. В. Айдинов (Ростов-на-Дону),
В. А. Алешкин (Москва),
А. А. Баранов (Москва),
Н. Н. Верещагин (Оренбург),
А. Л. Гинцбург (Москва),
В. В. Губернаторова (Иваново),
В. И. Евдокимов (Белгород),
Н. А. Забродин (Ижевск),
А. И. Заиченко (Москва),
Н. Ф. Измеров (Москва),
О. Л. Гавриленко (Московская область),
И. В. Корабельников (Сыктывкар),
С. В. Куркатов (Красноярск),
Г. И. Куценко (Москва),
В. Р. Кучма (Москва),
Б. В. Лимин (Вологда),
Г. Д. Минин (Уфа),
Б. И. Никонов (Екатеринбург),
В. И. Покровский (Москва),
А. И. Потапов (Москва),
Ю.А. Рахманин (Москва),
С. И. Савельев (Липецк),
И. П. Салдан (Барнаул),
В. Р. Саухат (Магадан),
В. П. Сергиев (Москва),
В. А. Тутельян (Москва),
Н. Н. Филатов (Москва),
В. П. Чашин (Санкт-Петербург),
М. И. Чубирко (Воронеж),
М. Г. Шандала (Москва)

Подписка на *Бюллетень нормативных и методических документов госсанэпиднадзора* принимается во всех почтовых отделениях России.
Подписной индекс в каталоге агентства «Роспечать» *«Газеты. Журналы»* – 79682;
в объединенном каталоге *«Пресса России»* – **29895**

Адрес редакции:

117105, Москва, Варшавское ш., 19а
Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора

Зарегистрирован Министерством Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций

Номер регистрационного свидетельства 77—1525

Подписано в печать 18.06.10

Формат 60×88/8, печ. л. 18,0, заказ 39, тираж 1200 экз.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
127994, Москва, Вадковский пер., д. 18, стр. 5, 7

Оригинал-макет подготовлен и отпечатан
отделом издательского обеспечения
Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора
117105, Москва, Варшавское ш., 19а

Отделение реализации, тел. 952-5089.
E-mail: gost.e-ecolog.ru

© Роспотребнадзор, 2010
© Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ

Гигиенические требования к условиям труда инвалидов: СП 2.2.9.2510—09 3

Гигиенические требования к размещению, устройству, оборудованию, содержанию объектов организаций здравоохранения и социального обслуживания, предназначенных для постоянного проживания престарелых и инвалидов, санитарно-гигиеническому и противоэпидамическоту режиму их работы: СанПиН 2.1.2.2564—09 31

Гигиенические требования к размещению и эксплуатации ускорителей электронов с энергией до 100 МэВ: СанПиН 2.6.1.2573—10 65

Санитарно-эпидемиологические требования к безопасности условий труда работников, не достигших 18-летнего возраста: СанПиН 2.4.6.2553—09 101

Санитарно-эпидемиологические требования к организации учебно-производственного процесса в образовательных учреждениях начального профессионального образования. Изменения 2 к СанПиН 2.4.3.1186—03: СанПиН 2.4.3.2554—09 115

Профилактика менингококковой инфекции: СП 3.1.2.2512—09 119

МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Эпидемиологический надзор за менингококковой инфекцией Методические указания: МУ 3.1.2.2516—09 129

2.6.1. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ,
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Гигиенические требования к размещению и эксплуатации ускорителей электронов с энергией до 100 МэВ

Санитарные правила и нормативы
СанПиН 2.6.1.2573—10

1. Разработаны ФГУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. профессора П. В. Рамзаева (А. Н. Барковский – руководитель, Ю. П. Добренякин, Б. Ф. Воробьев, А. С. Мишин); ФГУП «НИИЭФА им. Д. В. Ефремова» (А. Ф. Андрукович, М. И. Демский); РНЦ радиологии и хирургических технологий (А. М. Червяков); ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» (И. И. Цветков); Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Г. С. Перминова, О. В. Липатова); Государственным специализированным проектным институтом Росатома (В. А. Жажа, Т. М. Махрова, А. П. Хромов); ГУЗ Ленинградская областная клиническая больница (М. В. Лаврова).

2. Рекомендованы к утверждению Комиссией по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (протокол от 3 декабря 2009 г. № 3).

3. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации Г. Г. Онищенко от 18 января 2010 г. № 3.

4. Введены в действие с 26 апреля 2010 г.

5. Зарегистрированы в Министерстве юстиции Российской Федерации 17 марта 2010 г., регистрационный номер 16641.

ГЛАВНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ САНИТАРНЫЙ ВРАЧ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

18.01.10 МОСКВА № 3

Об утверждении
СанПиН 2.6.1.2573—10

В соответствии с Федеральным законом от 30.03.99 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (Собрание законодательства Российской Федерации, 1999, № 14, ст. 1650; 2002, № 1 (ч. 1), ст. 2; 2003, № 2, ст. 167; № 27 (ч. 1), ст. 2700; 2004, № 35, ст. 3607; 2005, № 19, ст. 1752; 2006, № 1, ст. 10; № 52 (ч. 1), ст. 5498; 2007, № 1 (ч. 1), ст. 21, 29; № 27, ст. 3213; № 46, ст. 5554; № 49, ст. 6070; 2008, № 24, ст. 2801; № 29, ст. 3418; № 30 (ч. 2), ст. 3616; № 44, ст. 4984; № 52 (ч. 1), ст. 6223; 2009, № 1, ст. 17) и постановлением Правительства Российской Федерации от 24.07.00 № 554 «Об утверждении Положения о государственной санитарно-эпидемиологической службе Российской Федерации и Положения о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2000, № 31, ст. 3295; 2004, № 8, ст. 663; № 47, ст. 4666; 2005, № 39, ст. 3953)

ПОСТАНОВЛЯЮ:

1. Утвердить санитарные правила и нормы СанПиН 2.6.1.2573—10 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации ускорителей электронов с энергией до 100 МэВ»* (приложение).

2. Ввести в действие СанПиН 2.6.1.2573—10 с 26 апреля 2010 г.

Г. Г. Онищенко

* Зарегистрированы Минюстом России 17.03.09, регистрационный номер 16641.

Содержание

I. Область применения ... 69
II. Общие положения ... 69
III. Требования к размещению ускорителей ... 72
IV. Требования к радиационной защите ... 74
V. Требования к вентиляции ... 76
VI. Требования к системам блокировки и сигнализации ... 77
VII. Требования к эксплуатации ускорителей ... 79
VIII. Требования к пусконаладочным и ремонтным работам ... 80
IX. Радиационный контроль ... 81
X. Предупреждение аварий и ликвидация их последствий ... 82
Приложение 1. Расчет радиационной защиты ускорителя ... 84
Приложение 2. Вентиляция помещений ускорителя ... 93
Приложение 3. Нормативные ссылки ... 99
Приложение 4. Основные термины и определения ... 99

УТВЕРЖДЕНЫ
постановлением Главного
государственного санитарного
врач Российской Федерации,
от 18 января 2010 г. № 3

2.6.1. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ,
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Гигиенические требования к размещению и эксплуатации ускорителей электронов с энергией до 100 МэВ

Санитарные правила и нормативы
СанПиН 2.6.1.2573—10

I. Область применения

1.1. Настоящие санитарные правила и нормативы регламентируют требования к обеспечению радиационной безопасности населения и персонала при использовании ускорителей электронов с энергией до 100 МэВ.

1.2. Санитарные правила разработаны с учетом требований СанПиН 2.6.1.2523—09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» (зарегистрированы в Министерстве юстиции Российской Федерации 14 августа 2009 г., регистрационный номер 14534).

1.3. Санитарные правила распространяются на все типы ускорителей электронов с энергией до 100 МэВ, используемые в радиационной технологии, стерилизации, лучевой терапии и для других целей.

1.4. Санитарные правила не распространяются на установки с ускорителями электронов для досмотра транспортных средств и крупногабаритных грузов и нестационарные дефектоскопы с ускорителями электронов.

1.5. Требованиями настоящих санитарных правил должны руководствоваться все юридические лица, осуществляющие проектирование, конструирование, производство, реализацию, размещение, эксплуатацию, ремонт и обслуживание ускорителей электронов, а также органы исполнительной власти, осуществляющие надзор за соблюдением радиационной безопасности при обращении с техногенными источниками ионизирующего излучения.

II. Общие положения

2.1. При работе ускорителя основными факторами радиационной опасности являются:

- выведенный из ускорителя пучок ускоренных электронов;
- тормозное излучение, возникающее при взаимодействии ускоренных электронов с мишенью, элементами ускорителя, а также конструкционными и другими материалами в рабочей камере (процедурной);

• фотонейтроны, возникающие при взаимодействии высокоэнергетического тормозного излучения с ядрами веществ мишени, элементов ускорителя и окружающей среды;

• другие виды ионизирующего излучения, возникающего при взаимодействии электронов и тормозного излучения с ядрами веществ окружающей среды;

• снимаемое радиоактивное загрязнение рабочей камеры ускорителя (помещения ускорителя), возникающее в результате активации пыли, металлов, испарения активированных материалов мишени и других узлов ускорителя под действием пучка электронов, проведения радиационных процессов;

• радиоактивные газы и аэрозоли, образующиеся при облучении компонентов воздуха и веществ, поступающих в него из облучаемых объектов, а также из активируемой воды, охлаждающей узлы ускорителя;

• неиспользуемое рентгеновское излучение от высоковольтной электронной аппаратуры ускорителя.

2.2. При работе ускорителя имеют место также и другие физические и химические факторы опасности:

• тепловыделение от оборудования и коммуникаций;

• озон и окислы азота, образующиеся в результате радиолиза воздуха под действием ионизирующего излучения ускорителя;

• электромагнитные поля высоких и сверхвысоких частот, создаваемые системами питания ускорителей;

• шум, создаваемый аппаратурой ускорителей;

• токсические вещества, выделяющиеся при облучении различных веществ;

• высокое напряжение;

• постоянные электрические и магнитные поля;

• открытые движущиеся элементы оборудования, машин и механизмов.

2.3. В зависимости от энергии ускоренных электронов ускорители электронов подразделяются на две группы:

I группа – ускорители с максимальной энергией ускоренных электронов не более 10 МэВ. При такой энергии электронов фотоядерные реакции возможны лишь с отдельными изотопами и наведенная активность окружающей среды практически не представляет опасности для здоровья людей.

II группа – ускорители с максимальной энергией ускоренных электронов более 10 МэВ, но не более 100 МэВ. В этом случае фотоядерные реакции возможны с большинством изотопов и неизбежна активация элементов конструкции ускорителя и воздуха при работе ускорителя.

Радиационные объекты с ускорителями электронов, энергия которых не превышает 10 МэВ, или с медицинскими ускорителями электронов, энергия которых не превышает 25 МэВ, следует относить к IV категории потенциальной радиационной опасности, а с ускорителями электронов большей энергии – к III категории.

2.4. Проектирование ускорителей и РУ УЭЛ должно проводиться организацией, имеющей лицензию на проектирование генерирующих источников ионизирующего излучения.

2.5. Проектирование радиационных медицинских установок с ускорителями электронов (РМУ УЭЛ) и организация работ с ними должны осуществляться таким образом, чтобы отказ одного из компонентов ускорителя обнаруживался незамедлительно, с тем чтобы свести к минимуму любое незапланированное медицинское облучение пациентов, в т. ч. и в результате ошибки персонала.

2.6. На стадии проектирования ускорителя II группы следует рассмотреть вопрос о необходимости очистки воды, предназначенной для охлаждения отдельных узлов ускорителя, с целью снижения уровней наведенной активности содержащихся в ней примесей.

2.7. Техническая документация на ускоритель или РУ УЭЛ должна содержать следующую информацию, необходимую для разработки проекта размещения ускорителя:

- максимальное тепловыделение от оборудования и коммуникаций;
- возможность образования вредных газов;
- максимальные уровни электромагнитных полей, создаваемых оборудованием ускорителя;
- максимальный уровень шумов, создаваемых оборудованием ускорителя;
- требования электрической безопасности;
- характеристики системы водоохлаждения;
- монтажные схемы установки блокирующих устройств на входе в рабочую камеру (процедурную);
- для световых индикаторов;
- схему и размеры различных каналов;
- характеристики пучков излучения и положения источника излучения;
- описание возможных аварий и мер по их предупреждению и ограничению их последствий;
- определение категории потенциальной радиационной опасности объекта с ускорителем или РУ УЭЛ;
- требования к размещению ускорителя;
- рекомендуемую схему размещения ускорителя с толщинами радиационной защиты.

Техническая документация на ускоритель и РУ УЭЛ должна иметь санитарно-эпидемиологическое заключение федеральных органов исполнительной власти, уполномоченных осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

2.8. В технической документации на ускоритель II группы должна быть приведена характеристика используемых конструкционных материалов, которые могут активироваться в процессе облучения, включающая элементный состав этих материалов.

2.9. К использованию на территории Российской Федерации допускаются ускорители и РУ УЭЛ, в т. ч. медицинского назначения, имеющие санитарно-эпидемиологическое заключение федеральных органов исполнительной власти, уполномоченных осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

2.10. Обращение с ускорителями электронов (проектирование, конструирование, производство, реализация, размещение, эксплуатация, техническое обслуживание, хранение и утилизация ускорителей электронов; проектирование, конструирование, изготовление и эксплуатация средств радиационной защиты) на территории Российской Федерации разрешается только при наличии лицензии на деятельность, связанную с источниками ионизирующего излучения (генерирующими).

2.11. Поставка организациям ускорителей и РУ УЭЛ производится по заказ-заявкам.

2.12. Ускоритель, РУ УЭЛ и помещения, в которых они размещаются, до начала эксплуатации должны быть приняты в эксплуатацию в установленном порядке. При приемке проводится проверка эффективности радиационной защиты ускорителя, устанавливается соответствие принимаемого объекта (ускорителя, РУ УЭЛ, вспомогательного оборудования, помещений, в которых они размещены) технической документа-

ции, проекту размещения и требованиям действующих норм и правил, на основе чего принимается решение о возможности эксплуатации объекта и определяется разрешенный режим работы ускорителя.

2.13. До начала эксплуатации ускорителя, с учетом проводимых на нем работ, администрация эксплуатирующей организации обязана разработать план мероприятий по защите работников (персонала) и населения от радиационной аварии и её последствий.

2.14. К работе на ускорителе допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний, отнесенные приказом руководителя организации к категории персонала группы А, прошедшие обучение по правилам работы на ускорителе и по радиационной безопасности, прошедшие инструктаж по радиационной безопасности.

2.15. Женщины должны освобождаться от работы на ускорителе, связанной с воздействием ионизирующих излучений, на весь период беременности и грудного вскармливания ребенка.

2.16. Допуск к работе лиц, временно привлекаемых к работе на ускорителе, осуществляется в порядке, описанном в п. 2.14.

2.17. На наружной поверхности РУ УЭЛ с индивидуальной (местной) защитой, на наружной поверхности защиты, дверей стационарной установки, на границе радиационно опасной зоны должны устанавливаться знаки радиационной опасности.

2.18. Доступ лиц, не связанных непосредственно с работой на ускорителе, в пультовую, а также в радиационно опасную зону должен быть регламентирован.

2.19. Периодичность и объем работ по техническому обслуживанию ускорителя или РУ УЭЛ производятся в соответствии с технической документацией организации-изготовителя и обеспечиваются администрацией учреждения, эксплуатирующего ускоритель или РУ УЭЛ. Перед включением РМУ УЭЛ должна проводиться проверка его исправности путем контроля рабочих параметров.

III. Требования к размещению ускорителей

3.1. Размещение стационарных ускорителей и РУ УЭЛ должно производиться в соответствии с проектом, имеющим санитарно-эпидемиологическое заключение организации (структурного подразделения) федеральных органов исполнительной власти, уполномоченной осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор за эксплуатирующей организацией. В проекте должен содержаться перечень возможных радиационных аварий, обоснование категории потенциальной радиационной опасности ускорителя.

Запрещается размещение ускорителей и РУ УЭЛ в жилых зданиях и детских учреждениях.

3.2. РУ УЭЛ с ускорителями I группы могут располагаться:

- РУ УЭЛ с индивидуальной защитой – в производственном помещении или на промышленной площадке (при этом должны быть определены границы радиационно опасных зон);
- стационарные РУ УЭЛ – в специальном помещении, обеспечивающем радиационную безопасность при работе с ними;
- передвижные РУ УЭЛ – на транспортном средстве, в производственном помещении или на промышленной площадке при обеспечении требований радиационной безопасности при работе с ними;
- РМУ УЭЛ – в отдельном здании, отдельном крыле здания или пристройке.

При этом во всех случаях радиационная защита ускорителя или РУ УЭЛ должна обеспечивать выполнение требований НРБ-99/2009.

3.3. Ускоритель II группы должен размещаться в отдельном здании или отдельном крыле здания.

3.4. Запрещается использование помещений ускорителя для других целей.

3.5. Помещения ускорителя, технологически связанные с его эксплуатацией, следует размещать в едином комплексе. Состав, количество и размеры помещений определяются на стадии проектирования и зависят от назначения и группы ускорителя, объема и характера выполняемых работ.

3.6. В учреждении, где ускоритель используется в стационарных условиях, должны быть предусмотрены следующие помещения:

- рабочая камера, соответствующая требованиям технической документации на ускоритель или РУ УЭЛ и обеспечивающая возможность безопасного проведения работ;
- процедурная для ускорителей медицинского назначения, соответствующая требованиям технической документации на ускоритель, площадью не менее 40 $м^2$;
- пультовая, соответствующая требованиям технической документации на ускоритель, площадью не менее 15 $м^2$;
- вспомогательные помещения, необходимые для обеспечения работы ускорителя и осуществления технологического процесса, состав, размер и оборудование которых определяется характером проводимых на ускорителе работ и требованиями технической документации на ускоритель.

3.7. При размещении ускорителя II группы должно быть предусмотрено наличие горячего и холодного водоснабжения, душевой и места (помещения) для хранения и переодевания средств индивидуальной защиты, необходимых для проведения ремонтно-профилактических и аварийных работ. При размещении ускорителей с энергией ускоренных электронов более 25 МэВ должно быть дополнительно предусмотрено помещение для умывальника с локтевым или ножным включением воды.

3.8. В случае необходимости непосредственного наблюдения за работой ускорителя (процессом облучения) следует предусматривать устройство смотрового окна и (или) применение телевизионной установки.

3.9. Помещения для размещения оборудования ускорителя, требующие усиленных нижних перекрытий или фундамента, как правило, располагаются на первом или цокольном этажах, либо в подвальном помещении (ниже уровня земли).

3.10. Если часть оборудования ускорителя или устройства, обеспечивающие его нормальную работу, располагаются в помещении непосредственно под полом рабочей камеры, вход в это помещение должен осуществляться через специальный люк, расположенный в рабочей камере, либо должен иметь блокировки, синхронизированные с блокировками на входе в рабочую камеру.

3.11. При использовании передвижного ускорителя в производственном помещении (цехе) его пульт управления должен устанавливаться отдельно от блока излучателя на расстоянии, обеспечивающем безопасные условия труда персонала. Для защиты персонала следует применять также защитные кабины. Маркировка радиационно опасной зоны производится в соответствии с п. 4.17 настоящих санитарных правил с применением временных переносных ограждений и установкой знаков радиационной опасности и предупреждающих надписей.

3.12. В местах постоянного пребывания персонала (пультовая, вспомогательные помещения) должно быть предусмотрено естественное и искусственное освещение.

3.13. Стены и потолок рабочей камеры (процедурного помещения) ускорителя II группы следует окрашивать масляной краской или покрывать слабо-сорбирующими материалами. К отделке рабочей камеры (процедурного помещения) ускорителя I группы специальные требования не предъявляются.

3.14. Пол рабочей камеры (процедурного помещения) ускорителя II группы следует покрывать слабосорбирующими материалами.

3.15. Пол в помещениях, где установлено высоковольтное оборудование ускорителя, следует покрывать электроизолирующим материалом.

3.16. При размещении ускорителей медицинского назначения (РМУ УЭЛ) дополнительно должны выполняться следующие требования:

3.16.1. Пульт управления медицинским ускорителем электронов должен находиться в отдельном помещении (пультовой).

3.16.2. Вход в процедурную должен быть организован через пультовую в поле зрения оператора.

3.16.3. На входе в процедурную должна быть установлена дверь. Если дверь является частью стационарной радиационной защиты и нуждается в электроприводе, то в случае отключения питающей сети должна быть предусмотрена возможность в любой момент открыть дверь вручную изнутри и снаружи.

3.16.4. Включение пучка излучения должно быть возможно только из комнаты управления при закрытой двери в процедурную.

3.16.5. На РМУ УЭЛ должно быть предусмотрено двухстороннее переговорное устройство для связи с пациентом во время процедуры облучения.

3.16.6. Для контроля положения пациента во время лечения в процедурной должна быть предусмотрена система видеонаблюдения, позволяющая оператору следить за пациентом с пульта управления облучением при любом положении радиационной головки и стола для пациента.

3.16.7. В процедурной должно быть предусмотрено искусственное освещение пониженного уровня в пределах 5—20 лк для работы с применением оптических центраторов.

3.16.8. В процедурной должно быть предусмотрено аварийное освещение от автономного источника электропитания.

3.16.9. На этапе проектирования должно быть предусмотрено легкодоступное безопасное для использования и ухода место для хранения приспособлений для лучевой терапии, таких как подставки для сменных средств формирования пучка излучения, приспособления для укладки и фиксации больного на столе.

IV. Требования к радиационной защите

4.1. Радиационная защита ускорителя (помещений, в которых расположен ускоритель) должна изготавливаться из материалов, наиболее эффективно ослабляющих первичное электронное или тормозное излучение, обеспечивающих наименьший выход вторичного излучения (тормозного, нейтронного и др.) и эффективное их ослабление.

4.2. Радиационная защита от всех видов ионизирующего излучения, возникающего при работе ускорителя, должна проектироваться таким образом, чтобы суммарные годовые эффективные дозы облучения персонала и населения не превышали величин, регламентируемых НРБ-99/2009 (20 мЗв/год для персонала группы А, 5 мЗв/год для персонала группы Б и 1 мЗв/год для лиц из населения). При этом следует учитывать максимальное время работы ускорителя в течение года и вводить коэффициент запаса, равный 2.

4.3. Проектирование радиационной защиты ускорителя производится исходя из приведенных в прилож. 2 проектных величин мощности дозы излучения с учетом назначения помещений ускорителя и смежных помещений, категории облучаемых лиц и длительности облучения. При проектировании радиационной защиты учитывают также параметры поля излучения ускорителя, значения которых должны быть приведены в технической документации на ускоритель. К ним относятся:

- максимальная энергия ускоренных электронов;
- максимальный ток пучка электронов (поток электронов или плотность потока электронов);
- геометрические размеры поля и направление пучка излучения;
- мощность дозы излучения на установленном расстоянии от выводного окна ускорителя;
- максимальная продолжительность работы ускорителя в режиме излучения за смену и за год для различных энергий и токов пучка;
- защитные свойства индивидуальной защиты ускорителя (при ее наличии).

При проектировании радиационной защиты в зависимости от вида ускорителя могут использоваться и другие параметры поля излучения ускорителя.

Расчет радиационной защиты ускорителя проводится в соответствии с прилож. 1.

4.4. При проектировании индивидуальной радиационной защиты ускорителя из тяжелых материалов (свинец, вольфрам и др.) рекомендуется предусмотреть размещение перед ними экранов из легких материалов (алюминий и т. п.) или облицовку такими материалами поверхности конструкций внутри рабочей камеры для снижений выхода тормозного излучения.

4.5. При проектировании индивидуальной радиационной защиты ускорителя, состоящей из отдельных съемных защитных блоков, необходимо предусматривать специальные блокировки, исключающие возможность включения ускорителя в случае неправильной установки таких блоков.

4.6. Все проемы, коммуникационные и технологические каналы в радиационной защите должны быть спроектированы и изготовлены таким образом, чтобы обеспечивалась радиационная безопасность для соответствующих помещений ускорителя.

4.7. Конструкция входа в рабочую камеру (процедурную) должна обеспечивать защиту примыкающих к нему помещений (лабиринт с дверью, защитная дверь и т. д.). Вход должен располагаться в местах с наименьшими уровнями излучения в рабочей камере (процедурной).

4.8. В тех случаях когда в рабочей камере имеется вторая дверь (например, в дефектоскопической лаборатории для подачи изделий на просвечивание), необходимо также предусматривать ее защиту и блокировку.

4.9. Конструкция ускорителя должна обеспечивать защиту людей от высокочастотных и сверхвысокочастотных электромагнитных полей, а также от постоянных электрических и магнитных полей.

4.10. В конструкции блоков с источниками неиспользуемого рентгеновского излучения должны быть предусмотрены радиационная защита и иные приспособления для защиты персонала (вывод ручек регулировки и клемм для подключения проверочных приборов на лицевую панель блоков, локальная защита источников излучения и др.), обеспечивающие мощность дозы неиспользуемого рентгеновского излучения в 10 см от любой доступной точки их поверхности не более 1,0 мкЗв/ч.

4.11. Радиационная защита пациента в радиационной терапии обеспечивается путем достижения максимальной пользы от радиологических процедур и всесторонней

минимизации радиационного ущерба при безусловном превосходстве пользы над вредом. Здоровые органы и ткани должны по возможности экранироваться.

4.12. Поле облучения РМУ УЭЛ должно быть локализовано в зоне планируемого облучения тела пациента. Мощность дозы излучения за пределами этой зоны должна удерживаться на разумно достижимом низком уровне.

V. Требования к вентиляции

5.1. Администрация учреждения организует при необходимости производственный контроль за содержанием токсических и агрессивных веществ в воздушной среде производственных и других помещений ускорителя, которые образуются при его работе (необходимость, объем и порядок контроля должны быть определены при разработке проекта ускорителя), а также за исправностью и эффективностью работы вентиляции.

5.2. Рабочая камера ускорителя (процедурная) должна быть оборудована приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением, предназначенной для удаления продуктов радиолиза воздуха и других токсических веществ, образующихся при осуществлении радиационных процессов (прилож. 2). Система вентиляции должна исключать возможность поступления удаляемого из рабочей камеры ускорителя воздуха в смежные помещения.

5.3. Вытяжные вентиляторы, обслуживающие рабочие камеры ускорителей II группы, должны быть дублированы резервными вентиляторами, имеющими производительность не менее ⅓ от основных и оборудованными устройствами для автоматического их включения при выходе из строя или непредвиденной остановке основных вентиляторов. Время работы резервной вентиляции – до окончания технологического цикла (процесса), но не более половины рабочего дня. За этот срок должны быть приняты все меры к восстановлению нормальной работы основной вентиляции. Дальнейшая эксплуатация ускорителя должна начинаться только после полного восстановления и пуска основной вентиляции. Для медицинских ускорителей резервная вентиляция не требуется.

5.4. Для удаления продуктов радиолиза воздуха и других токсических веществ, образующихся при работе ускорителя, необходимо предусматривать местный отбор воздуха из зоны действия пучка, выведенного из вакуумной системы ускорителя, и от объектов облучения, способных выделять токсические вещества.

5.5. Системы вентиляции рабочих камер должны обеспечивать снижение концентрации токсических веществ до допустимых величин после окончания работы ускорителя или по истечении устанавливаемого запретного периода. Удаление загрязненного воздуха должно производиться только из рабочей камеры ускорителя – предпочтительно от мест возможного их образования. В рабочих камерах необходимо обеспечивать разрежение не менее 50 Па.

Продолжительность запретного периода определяется расчетом, методика проведения которого приведена в прилож. 3.

5.6. Вентиляция процедурного помещения ускорителей медицинского назначения должна обеспечивать снижение концентрации токсических веществ в воздухе процедурной до допустимых величин в течение всего периода работы ускорителя в лечебном режиме. (Наличие запретного периода для РМУ УЭЛ не предусматривается.) Необходимая кратность воздухообмена в процедурной при работе ускорителя устанавливается на этапе проектирования, но не менее 3 по притоку и 4 по вытяжке.

5.7. Необходимость очистки воздуха, удаляемого из рабочей камеры ускорителя, определяется на стадии проектирования.

5.8. Вентиляция пультовой и других помещений, технологически связанных с эксплуатацией ускорителя при его работе и во время запретного периода, должна обеспечивать кратность воздухообмена 4 по притоку и 3 по вытяжке.

VI. Требования к системам блокировки и сигнализации

6.1. Конструкция ускорителя должна обеспечивать возможность подключения к нему элементов систем блокировки и сигнализации.

6.2. Системы блокировки могут быть основаны на использовании:

а) датчиков дозиметрических приборов, установленных в рабочей камере;

б) датчиков дозиметрических приборов, установленных в лабиринте;

в) датчиков, сигнализирующих о подаче воды или воздуха для охлаждения узлов ускорителя и т. п.;

г) концевых выключателей дверей и кнопок осмотра помещений;

д) датчиков подачи ускоряющего напряжения на ускоритель.

6.3. На входе в рабочую камеру ускорителя должно быть установлено не менее двух полностью автономных систем блокировки: система, связывающая оборудование на двери с ускорителем, и система, связывающая механизм открывания двери с мощностью дозы в рабочей камере. Системы блокировки должны отвечать следующим требованиям:

- включение ускорителя должно быть возможно только после выполнения процедуры осмотра рабочей камеры и лабиринтов с последовательным включением расположенных на стенах осматриваемых помещений блокировок перед закрытием двери в рабочую камеру;
- исключается возможность открывания двери в рабочую камеру в режиме облучения до получения сигналов от ускорителя (о прекращении генерации пучка излучения) и от аппаратуры контроля мощности дозы (о снижении мощности дозы в рабочей камере до допустимых величин);
- исключается возможность включения режима облучения при открытой двери рабочей камеры или процедурной РМУ УЭЛ;
- выключается режим облучения на ускорителе и блокируется возможность его включения при отказе любой из систем блокировок;
- отключается режим облучения на ускорителе при открывании двери в рабочую камеру или в процедурную РМУ УЭЛ;
- отключается режим облучения на ускорителе при возникновении опасности нанесения пациенту травм подвижными частями РМУ УЭЛ и останавливаются все движения РМУ УЭЛ;
- повторное включение режима облучения должно быть возможно только после устранения причин его отключения и активации пусковой кнопки на пульте управления;
- входная дверь в процедурную РМУ УЭЛ должна быть снабжена двумя полностью независимыми переключателями, срабатывающими при закрывании двери и приводящими в действие блокирующие устройства;
- организация систем блокировки не должна препятствовать открытию входной двери в процедурную РМУ УЭЛ в любой момент для эвакуации пациента или оказания ему помощи в случае необходимости;
- надежное гарантирование от сбоев и отказов в работе.

При большой концентрации озона в рабочей камере во время работы ускорителя устанавливается дополнительная блокировка открывания двери в рабочую камеру на время запретного периода.

6.4. Ключ от замка входной двери в рабочую камеру ускорителя должен находиться в специальном гнезде на пульте управления. При извлечении ключа из гнезда ускоритель должен автоматически выключаться. При вынутом ключе включение ускорителя должно быть исключено. Требования данного пункта не распространяются на РМУ УЭЛ.

6.5. Рабочая камера, оборудованная монтажными люками, должна иметь систему блокировки этих люков, к которой предъявляются те же требования, что и к системе блокировки входной двери в рабочую камеру.

6.6. Работа системы блокирующих устройств медицинского ускорителя или РМУ УЭЛ, дающая разрешение на включение излучения, должна включать необходимость срабатывания подтверждающего переключателя, приводимого в действие оператором изнутри процедурной после того, как он убедится, что в помещении нет никого, кроме пациента. В электрической схеме вышеупомянутого переключателя должно быть предусмотрено реле задержки срабатывания для того, чтобы облучение пациента было невозможно в случае, если система блокирующих устройств не сработает в течение времени, установленного для выхода всех лиц из процедурной.

6.7. Облучение должно прерываться и в случае контакта подвижных частей РМУ УЭЛ с телом пациента. Автоматическое возобновление облучения после устранения причин прерывания должно быть исключено. Возобновление облучения пациента после прерывания должно быть возможно только после повторного нажатия подтверждающего переключателя на пульте в процедурной.

6.8. РМУ УЭЛ должен быть снабжен блокировками или другими средствами безопасности, предотвращающими возможность клинического использования в условиях, отличных от условий, выбранных на пульте управления.

6.9. В случае если конструкцией РУ УЭЛ предусмотрена установка съемного поглотителя пучка излучения для уменьшения толщины стационарной защиты, вывод пучка излучения со снятым поглотителем пучка должен быть невозможен.

6.10. В легкодоступных местах рабочей камеры (процедурной) должны быть установлены красные кнопки аварийного выключения ускорителя и блокировки двери так, чтобы доступ к ним персонала был обеспечен без необходимости пересечения первичного пучка излучения. Кроме того, красная кнопка аварийного выключения ускорителя и блокировки дверей в рабочую камеру должна быть установлена на пульте управления.

6.11. Все двери (люки) рабочей камеры ускорителя и РУ УЭЛ должны беспрепятственно открываться изнутри.

Дверь с электроприводом должна иметь блокирующие устройства, прекращающие движение двери при столкновении с каким-либо предметом или человеком. Необходимо предусмотреть наличие аварийных выключателей перемещения двери. Система блокирующих устройств для двери с электроприводом должна быть независимой от ее цепей управления.

6.12. В рабочей камере должна быть установлена звуковая и световая сигнализация, предупреждающая о необходимости немедленно покинуть рабочую камеру и лабиринт перед включением ускорителя.

6.13. Рабочая камера и пультовая должны быть оборудованы двусторонней переговорной связью.

6.14. На пульте управления ускорителя должны быть указаны параметры режима его эксплуатации. В пультовой устанавливается сигнализация, информирующая об уровнях ионизирующих излучений в рабочей камере и на рабочих местах персонала (если возможно повышенное облучение персонала в результате аварии), неполадках в работе систем вентиляции, состоянии блокирующих устройств, а также обеспечивается внешняя и внутренняя телефонная связь.

На пульте управления медицинским ускорителем или РМУ УЭЛ дополнительно должна отображаться информация о виде и энергии излучения, мощности дозы в рабочем пучке излучения, текущих установках параметров излучения, размерах поля излучения, используемых модификаторах пучка излучения, расстоянии до пациента, ориентации пучка излучения, времени облучения пациента и заданной дозе.

6.15. На РУ УЭЛ, оборудованной конвейером (или другим устройством для подачи объектов на облучение), должна быть исключена возможность попадания людей в рабочую камеру через проем конвейера (другого устройства) во время работы ускорителя. Мероприятия по предотвращению таких инцидентов разрабатываются на стадии проектирования.

6.16. Перед началом работы необходимо проверять исправность систем блокировки и сигнализации ускорителя.

6.17. Информация о неисправностях систем блокировки и сигнализации ускорителя должна фиксироваться в журнале оператора.

6.18. Блоки с источниками неиспользуемого рентгеновского излучения должны быть оборудованы блокировками, отключающими высокое напряжение при открывании дверцы.

6.19. Проведение взрыво- и пожароопасных радиационных процессов допускается на ускорителе, оборудованном устройством, автоматически выключающим его при возникновении пожара и (или) взрыва.

VII. Требования к эксплуатации ускорителей

7.1. Организации, использующие ускорители, должны иметь следующую документацию:

- санитарно-эпидемиологическое заключение на ускоритель как на продукцию, представляющую потенциальную опасность для человека;
- лицензию на деятельность в области обращения с генерирующими источниками ионизирующего излучения, связанную с эксплуатацией ускорителя электронов;
- санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии условий работы с ускорителем санитарным правилам;
- санитарно-эпидемиологическое заключение на проект размещения ускорителя;
- инструкцию по радиационной безопасности при работе с ускорителем;
- санитарные правила, регламентирующие требования радиационной безопасности при работе с ускорителем;
- эксплуатационную документацию производителя на ускоритель;
- программу проведения производственного радиационного контроля;
- протоколы дозиметрических измерений;
- приказ об отнесении работающих с ускорителем к персоналу группы А;
- приказ о назначении лиц, ответственных за радиационную безопасность и за производственный радиационный контроль или положение о службе радиационной безопасности;

• план мероприятий по защите работников (персонала) и населения от радиационной аварии и её последствий;

• документ о специальном обучении персонала по радиационной безопасности;

• заключение медицинской комиссии о прохождении персоналом группы А предварительных и периодических медицинских осмотров;

• журнал регистрации инструктажа по радиационной безопасности и действиям в аварийных ситуациях;

• карточки учета индивидуальных доз облучения персонала.

7.2. Организации, использующие медицинский ускоритель (РМУ УЭЛ), дополнительно должны иметь следующую документацию:

• лицензию на медицинскую деятельность;

• регистрационное удостоверение на ускоритель как на изделие медицинской техники.

7.3. Во время работы ускорителя на пульте управления и над входом в рабочую камеру (процедурную) должны гореть предупреждающие световые сигналы.

7.4. С целью защиты пациента устройства для контроля дозы РМУ УЭЛ должны быть откалиброваны по поглощенной дозе, либо по мощности поглощенной дозы в соответствии с принятой в учреждении методикой. Калибровка устройств контроля дозы РМУ УЭЛ должна производиться во время ввода в эксплуатацию, после проведения любых работ, которые могут повлиять на параметры излучения, а также периодически в соответствии с принятой программой.

7.5. Эксплуатация РМУ УЭЛ допускается при наличии клинического дозиметра с набором детекторов для видов и энергий используемых излучений.

VIII. Требования к пусконаладочным и ремонтным работам

8.1. Пусконаладочные работы на ускорителе проводятся до его приемки комиссией и регламентируются инструкцией по проведению пусконаладочных работ. Особое внимание должно быть уделено надежной работе систем радиационного контроля, блокировки, сигнализации и вентиляции помещений ускорителя.

8.2. Вывод ускорителя на номинальный режим работы осуществляется поэтапно (не менее 3 этапов), начиная с минимальных значений параметров поля излучения ускорителя (ток пучка ускоренных электронов, плотность потока энергии, мощность дозы генерируемого излучения) с последовательным увеличением их значений до верхней границы диапазона для каждого вида излучения и при каждом значении энергии излучения. На каждом этапе работы ускорителя измеряются уровни излучения на наружных поверхностях радиационной защиты, уточняются размеры радиационно опасной зоны. После получения проектных параметров ускорителя и выхода на стабильный рабочий режим снимается распределение полей излучения в помещениях ускорителя и помещениях, смежных с ним.

При измерении уровней излучения особое внимание обращается на места прохождения технологических каналов в радиационной защите. Должны быть предусмотрены средства защиты на случай расфокусировки пучка электронов.

8.3. Для проведения каждой стадии ввода ускорителя в номинальный режим работы необходимо разрешение службы радиационной безопасности (лица, ответственного за радиационную безопасность) организации, в которой размещен ускоритель.

8.4. Пусконаладочные и ремонтные работы на ускорителях II группы должны проводиться под непосредственным контролем службы радиационной безопасности организации, в которой размещен ускоритель.

8.5. Пусконаладочные и ремонтные работы на ускорителе должен осуществлять персонал изготовителя или персонал специализированной организации, имеющей лицензию на осуществление деятельности, связанной с источниками ионизирующего излучения (генерирующими). Допускается проведение указанных работ специально обученным персоналом организации при наличии вышеупомянутой лицензии и подробной инструкции по технологии проведения работ и обеспечению радиационной безопасности при их проведении. Персонал, участвующий в пусконаладочных или ремонтных работах, должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты и индивидуальными дозиметрами.

IX. Радиационный контроль

9.1. Радиационный контроль на ускорителе или РУ УЭЛ, а также производственный контроль за соблюдением всеми работающими норм и правил радиационной безопасности осуществляется службой радиационной безопасности организации.

В том случае когда в организации не проводится никаких других работ с источниками ионизирующих излучений, служба радиационной безопасности должна быть организована непосредственно на ускорителе или РУ УЭЛ. Численный состав службы (в зависимости от объема и характера проводимых работ), ее права и обязанности определяются администрацией организации.

9.2. Система радиационного контроля в учреждении, эксплуатирующем ускоритель, должна разрабатываться на стадии проектирования и должна включать вопросы организации и проведения контроля за радиационной обстановкой и дозами облучения персонала. В проекте ускорителя должно быть также предусмотрено место (помещение) для службы радиационной безопасности и ее оснащение современной аппаратурой для проведения соответствующих измерений.

9.3. Порядок проведения радиационного контроля, а также регистрации и учета его результатов определяются на стадии проектирования ускорителя и уточняются в зависимости от конкретной радиационной обстановки в организации и на прилегающей территории.

9.4. Система радиационного контроля при эксплуатации ускорителя должна включать:

- стационарный дозиметрический контроль за уровнями ионизирующих излучений;
- индивидуальный дозиметрический контроль персонала;
- периодический контроль за уровнями ионизирующего излучения в радиационно опасной зоне, на наружной поверхности защиты, на рабочих местах персонала, в смежных помещениях с помощью носимых дозиметрических приборов.* (Периодичность контроля радиационной защиты стационарных ускорителей – два раза в год, передвижных ускорителей и ускорителей с индивидуальной защитой – один раз в месяц.) Такой контроль должен проводиться также во всех случаях увеличения мощности ускорителя, при изменениях режима его эксплуатации и конструкции радиационной защиты. Результаты радиационного контроля должны регистрироваться в специальном журнале;
- контроль исправности систем блокировки и сигнализации.

* Используемые для проведения таких измерений дозиметрические приборы должны быть защищены от воздействия высокочастотных электромагнитных полей и соответствовать параметрам регистрируемого излучения.

9.5. На ускорителях II группы и на ускорителях I группы, где используют мишени из бериллия или трития, следует дополнительно осуществлять (не реже двух раз в год, а также при изменении характера работ) контроль за плотностью потока (мощностью дозы) нейтронов, уровнями радиоактивного загрязнения окружающей среды и объектов облучения, одежды и кожных покровов персонала, обусловленного наведенной активностью (периодичность контроля устанавливается инструкцией по радиационной безопасности), а также контроль за сбором, временным хранением и удалением радиоактивных отходов.

9.6. Индивидуальный дозиметрический контроль обязателен для всего персонала группы А. Для импульсных ускорителей следует использовать индивидуальные дозиметры, пригодные для регистрации импульсного излучения.

9.7. Результаты радиационного контроля должны регистрироваться в специальных журналах. На всех лиц, работающих на ускорителе, заводятся карточки учета индивидуальных доз, в которых регистрируются квартальные и годовые эффективные дозы внешнего облучения персонала, а также суммарные дозы облучения за весь период работы. На ускорителях II группы дополнительно необходимо проводить контроль доз облучения персонала при выполнении им ремонтно-профилактических и аварийных работ. Учет индивидуальных доз персонала осуществляется в рамках «Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз» (ЕСКИД).

9.8. Карточки учета индивидуальных доз должны храниться в учреждении в течение 50 лет. В случае перехода работающего в другое учреждение, где проводятся работы с источниками ионизирующих излучений, копия карточки учета индивидуальных доз должна пересылаться на новое место работы. Оригинал должен храниться на прежнем месте работы.

9.9. Ежегодно организация, эксплуатирующая ускоритель или РУ УЭЛ, заполняет и представляет в установленном порядке радиационно-гигиенический паспорт организации.

9.10. В учреждении, использующем РМУ УЭЛ, должна быть разработана программа по контролю физических параметров и функциональных характеристик ускорителя. Данная программа должна детально описывать процедуры контроля, регламентировать периодичность их проведения и перечень используемого оборудования.

X. Предупреждение аварий и ликвидация их последствий

10.1. Для предупреждения радиационных и других аварий (пожаров) и ликвидации их последствий должны быть разработаны планы мероприятий по защите работников (персонала) и населения от радиационной аварии и её последствий, в которых следует отразить следующие основные положения:

а) прогноз возможных радиационных и нерадиационных аварий;

б) порядок информации вышестоящей организации и других организаций о возникновении аварии;

в) мероприятия по ликвидации аварии;

г) действия персонала при аварии;

д) систему лечебно-профилактических мероприятий в случаях внешнего или внутреннего облучения при радиационной аварии или поражении электрическим током;

е) мероприятия по защите персонала и пациентов при ликвидации последствий аварии.

10.2. Проведение мероприятий по ликвидации последствий аварии организует администрация учреждения, где произошла авария. Для персонала и лиц из населения, подвергшихся аварийному облучению, определяются дозы аварийного облучения.

10.3. На ускорителе II группы в случае радиоактивного загрязнения поверхностей или воздушной среды персонал, проводящий наладочные, ремонтно-профилактические работы, а также работы по ликвидации последствий радиационной аварии, должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты кожных покровов и органов дыхания. Требование о применении указанных средств должно быть предусмотрено в планах мероприятий по защите работников (персонала) и населения от радиационной аварии и её последствий.

10.4. При обнаружении дефектов в радиационной защите ускоритель должен быть немедленно выключен. О характере обнаруженных дефектов, изменении радиационной обстановки и дозах облучения персонала информируется организация (структурное подразделение) федерального органа исполнительной власти, уполномоченная осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор в эксплуатирующей организации.

10.5. Возобновление эксплуатации ускорителя после ликвидации всех последствий аварии допускается только после получения санитарно-эпидемиологического заключения.

Приложение 1

Расчет радиационной защиты ускорителя

Расчет радиационной защиты ускорителя электронов включает три этапа:

- расчет мощностей доз в расчетных точках без радиационной защиты;
- определение необходимых кратностей ослабления полученных мощностей доз с учетом категории помещений;
- выбор материалов и расчет толщин радиационной защиты, обеспечивающих необходимые кратности ослабления.

Набор необходимых исходных данных и формулы, используемые для расчета мощностей доз в заданных точках без радиационной защиты, различаются для различных видов ускорителей. При проведении расчетов радиационной защиты различают три вида ускорителей электронов:

- ускорители технологического и научного назначения, работающие в режиме непрерывного излучения (промышленные ускорители);
- ускорители, работающие в импульсном режиме (импульсные ускорители);
- ускорители для установок медицинского назначения (медицинские ускорители).

Для проведения расчета мощностей доз без радиационной защиты используются следующие исходные данные:

1. Для промышленных ускорителей:

- максимальная энергия ускоренных электронов E_0, МэВ;
- максимальный ток пучка электронов J, мА;
- материал защиты;
- материал мишени;
- форма и размеры пучка излучения, взаимодействующего с облучаемым объектом;
- доля пучка электронов, теряемая на разных узлах ускорителя, атомный номер материалов ускорителя;
- режим работы ускорителя (продолжительность облучения за смену, число рабочих смен в сутки, в год, средняя продолжительность облучения за год).

2. Для импульсных ускорителей:

- максимальная энергия ускоренных электронов E_0, МэВ;
- длительность импульса и частота следования импульсов;
- максимальный средний ток электронов (заряд ускоренных электронов в секунду);
- материал защиты;
- материал мишени;
- форма и размеры пучка излучения, взаимодействующего с облучаемым объектом;
- доля пучка электронов, теряемая на разных узлах ускорителя, атомный номер материалов ускорителя;
- режим работы ускорителя (суммарный заряд ускоренных электронов за рабочую смену, за сутки, за год).

3. Для медицинских ускорителей:

- максимальная энергия электронов для режима облучения электронами и режима облучения тормозным излучением, E_0, МэВ;
- мощность дозы тормозного излучения в изоцентре;

- мощность дозы тормозного излучения вне изоцентра;
- отношение мощности дозы нейтронов к мощности дозы тормозного излучения в изоцентре;
- размеры пучка излучения и возможные его направления;
- расстояние до изоцентра;
- режим работы ускорителя (рабочая нагрузка за неделю, равная произведению средней дозы за время облучения одного пациента на число пациентов в неделю, число смен в сутки, чисто рабочих дней в неделю, в год).

Для установок различных типов могут использоваться и другие исходные данные, приведенные в их технической документации или полученные в результате измерений, например: мощность дозы тормозного излучения от мишени, от разных частей ускорителя, в разных направлениях, мощность дозы в смежных с ускорителем помещениях и т. п.

Необходимо учесть, что кроме мишени электроны при ускорении могут поглощаться в узлах ускорителя, создавая дополнительные источники тормозного излучения. Это тем более важно, что в промышленных облучательных установках ускоритель и рабочая камера с мишенью могут размещаться в разных помещениях.

Рассчитывается средняя за рабочую смену мощность эквивалентной дозы тормозного и нейтронного излучения (если оно есть).

Средняя мощность дозы тормозного излучения в расчетной точке определяется по формуле:

$$P = \frac{P_1(\theta)}{R^2}, \text{ мкЗв/ч, где} \qquad (1)$$

$P_1(\theta)$ – средняя мощность дозы на расстоянии 1 м от источника излучения в направлении на расчетную точку, мкЗв · м^2/ч;

θ – угол между направлением пучка электронов и направлением на расчетную точку;

R – расстояние от источника до расчетной точки, м.

Источниками излучения являются все места взаимодействия электронов с веществом.

Мощность дозы тормозного излучения на расстоянии 1 м от источника излучения принимается по техническим данным ускорителя, либо рассчитывается по формулам:

1. Для промышленных ускорителей:

$$P_1(\theta) = \frac{P_{1,1}(\theta) \cdot J \cdot T_{из}}{T_{см} \cdot K}, \text{ мкЗв/ч, где} \qquad (2)$$

$P_{1,1}(\theta)$ – мощность дозы на расстоянии 1 м от источника излучения под углом θ к направлению пучка электронов при токе пучка 1 мА, мкЗв · м^2/(ч · мА);

J – ток пучка электронов, мА;

$T_{из}$ – продолжительность облучения за смену, ч;

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч;

K – кратность ослабления дозы излучения в конструкционной защите, входящей в состав ускорителя.

2. Для импульсных ускорителей:

$$P_1(\theta) = \frac{P_{1,1}(\theta) \cdot Q}{3,6 \cdot T_{см} \cdot K} \text{ мкЗв/ч, где} \qquad (3)$$

Q – суммарный заряд ускоренных электронов за смену, Кл.

3. Для медицинских ускорителей:

$$P_1(\theta) = \frac{1.0 \cdot 10^6 \cdot W \cdot r^2 \cdot b(\theta)}{T_{см} \cdot K} \text{ мкЗв/ч, где} \quad (4)$$

W – рабочая нагрузка, равная произведению средней дозы за 1 процедуру на число процедур облучения в неделю, Зв в неделю;

r – расстояние от источника излучения до изоцентра, м;

$b(\theta)$ – коэффициент выхода излучения из облучаемого объекта в направлении θ;

$T_{нед}$ –продолжительность работы всех смен персонала группы А в неделю, ч.

$$P_{1,1}(\theta) = 6{,}0 \cdot 10^5 \cdot P_{таб}(\theta), \text{ мкЗв} \cdot \text{м}^2/(\text{ч} \cdot \text{мА}), \text{ где} \quad (5)$$

$P_{таб}(\theta)$ – значение из табл. 2 для выбранных энергии электронов E_0 и материала мишени, сГр · м2/(мА · мин).

Средняя за рабочую смену мощность дозы нейтронов на расстоянии 1 м от мишени определяется по формулам:

1. Для промышленных ускорителей:

$$P_1^н(\theta) = \frac{6{,}25 \cdot 10^{15} \cdot f \cdot J \cdot \alpha}{4 \cdot 10^4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot K_н} \cdot \frac{T_{из}}{T_{см}} = \frac{5{,}0 \cdot 10^{10} \cdot f \cdot J \cdot \alpha}{R^2 \cdot K_н} \cdot \frac{T_{из}}{T_{см}} \text{ мкЗв/ч, где}$$

f – коэффициент выхода фотонейтронов на 1 электрон (определяется по табл. 6, либо по формуле: $f = 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot E_0$);

α – коэффициент перевода плотности потока нейтронов в мощность эквивалентной дозы (α = 1,7 мкЗв · см^2 · с/ч);

$K_н$ – кратность ослабления мощности дозы нейтронов в конструктивной защите ускорителя.

Подставляя вышеприведенные выражения для f и α, окончательно получаем выражение:

$$P_1^н(\theta) = \frac{1{,}3 \cdot 10^7 \cdot J \cdot E_0}{R^2 \cdot K_н} \cdot \frac{T_{из}}{T_{см}} \text{ мкЗв/ч.} \quad (6)$$

2. Для импульсных ускорителей:

$$P_1^н(\theta) = \frac{1{,}3 \cdot 10^7 \cdot Q \cdot E_0}{R^2 \cdot K_н \cdot T_{см}} \text{ мкЗв/ч.} \quad (7)$$

3. Для медицинских ускорителей:

$$P_1^н(\theta) = \frac{1{,}0 \cdot 10^6 \cdot W \cdot r^2 \cdot c}{T_{нед}} \text{ мкЗв/ч, где} \quad (8)$$

c – отношение мощности эквивалентной дозы нейтронов в изоцентре к мощности дозы тормозного излучения.

Необходимая кратность ослабления излучения в защите определяется по формуле:

$$K = \frac{P_1(\theta) + P_1^н(\theta)}{R^2 \cdot P_{пр}}, \text{ где} \quad (9)$$

$P_{пр}$ – проектная мощность дозы, мкЗв/ч.

Значения проектной мощности дозы за радиационной защитой ускорителя рассчитываются исходя из пределов дозы (*ПД*) для соответствующих категорий облучаемых лиц и возможной продолжительности их пребывания в смежных помещениях или на прилегающих территориях с использованием соотношения:

$$P_{пр} = \frac{10^3 \cdot ПД}{2 \cdot T \cdot n \cdot 1700} = \frac{0{,}3 \cdot ПД}{T \cdot n} \text{ мкЗв/ч, где} \quad (10)$$

10^3 – коэффициент перехода от мЗв к мкЗв;

ПД – предел дозы, мЗв/год;

2 – коэффициент запаса;

T – максимальная доля времени, проводимого людьми в данном помещении;

n – коэффициент сменности, учитывающий возможность двухсменной работы ускорителя;

1 700 – стандартизованная продолжительность работы персонала за год при односменной работе, ч/год.

В табл. 1 приведены рекомендуемые значения проектной мощности дозы для указанных условий.

Определив необходимую кратность ослабления мощности дозы излучения и эффективную энергию тормозного излучения ($E_{эф}$), выбирают материал защиты и с помощью табл. 3—5 находят необходимую толщину радиационной защиты для получения заданной кратности ослабления. Эффективную энергию тормозного излучения ($E_{эф}$) в зависимости от энергии электронов (E_0) определяют следующим образом:

$$\begin{aligned} &E_{эф} = \frac{2}{3} E_0 \text{ при } E_0 \le 1{,}7 \text{ МэВ}, \\ &E_{эф} = \frac{E_0}{2} \text{ при } 1{,}7 \text{ МэВ} < E_0 \le 10 \text{ МэВ}, \\ &E_0 = 5 \text{ МэВ при } 10 \text{ МэВ} < E_0 \le 15 \text{ МэВ}, \\ &E_{эф} = \frac{E_0}{3} \text{ при } E_0 > 15 \text{ МэВ}. \end{aligned} \quad (11)$$

Таблица 1

Проектная мощность дозы ($P_{пр}$) за стационарной защитой ускорителя электронов для помещений и территории различного назначения

Помещение, территория	T	n	$ПД$	P_g
	отн. ед.	отн. ед.	мЗв/год	мкЗв/ч
Помещения постоянного пребывания персонала группы А (все помещения, входящие в состав отделений, кабинетов лучевой терапии, комната управления (пультовая)	1,00	1,0	20	6,0
Помещения временного пребывания персонала группы А	0,50	1,0	20	12,0
Помещения, смежные по вертикали и горизонтали с рабочей камерой (процедурной) ускорителя, в которых имеются постоянные рабочие места персонала группы Б	1,00	1,2	5	1,2
Помещения, смежные по вертикали и горизонтали с рабочей камерой (процедурной) ускорителя, без постоянных рабочих мест (холл, гардероб, лестничная площадка, коридор, уборная, кладовая и др.)	0,25	1,2	5	5,0
Помещения эпизодического пребывания персонала группы Б (технический этаж, подвал, чердак и т. п.)	0,06	1,2	5	20
Палаты стационара (не радиологические), смежные по вертикали и горизонтали с отделениями, кабинетами лучевой терапии, помещения эпизодического пребывания лиц, не отнесенных к персоналу, смежные по вертикали и горизонтали с рабочей камерой (процедурной) ускорителя	0,25	2,0	1	0,6
Помещения, в которых имеются постоянные рабочие места лиц, не отнесенных к персоналу	1,00	1,2	1	0,25
Территория, прилегающая к наружным стенам здания ускорителя	0,12	2,0	1	1,2

Таблица 2

Мощность поглощенной дозы тормозного излучения в воздухе, сГр · м²/(мА · мин)

θ^*, град.	E_0, МэВ															
	0,2				0,3				0,5				0,7			
	Материал мишени															
	Al	Fe	Sn	Au	Al	Fe	Sn	Au	Al	Fe	Sn	Au	Al	Fe	Sn	Au
0	0,8	1,3	1,75	3,3	1,95	3,50	4,4	7,0	6,3	8,6	15,0	23,0	15,1	21,6	35,0	45,8
10	0,7	1,2	1,66	2,9	1,67	3,16	4,0	6,15	5,55	8,1	13,2	20,0	12,7	19,2	34,3	40,2
20	0,7	1,1	1,50	2,45	1,67	2,80	3,7	5,3	5,1	7,4	11,7	16,7	10,8	17,2	28,2	34,6
30	0,62	1,0	1,40	2,1	1,60	2,46	3,5	4,6	4,3	6,7	10,6	14,0	9,3	15,4	24,6	29,0
40	0,55	0,97	1,23	1,85	1,50	2,20	3,16	4,12	3,6	5,8	8,8	12,3	7,9	12,6	20,6	24,6
50	0,49	0,53	1,15	1,58	1,40	1,93	2,8	3,96	2,7	5,0	7,9	10,5	6,3	10,4	17,2	21
60	0,53	0,7	1,0	1,40	1,32	1,75	2,46	3,34	2,1	4,0	6,85	9,7	5,3	8,16	14,0	17,5
70	0,35	0,61	0,88	1,28	1,23	1,60	2,1	3,10	1,67	3,5	5,65	7,65	3,86	6,5	11,4	15,3
80	0,32	0,54	0,80	1,15	1,0	1,40	1,76	3,10	1,05	2,3	4,4	6,85	3,0	4,7	9,15	13,0
90	0,26	0,47	0,70	1,0	0,88	1,32	1,40	2,55	0,61	1,0	3,5	6,85	2,16	3,1	7,0	11,5
100	0,24	0,44	0,61	0,98	0,70	1,15	1,23	2,46	0,7	1,4	3,1	6,85	–	–	6,5	11,2
110	0,21	0,46	0,53	1,0	0,53	1,0	1,05	2,46	0,98	2,2	3,16	7,65	–	–	7,0	12,7
120	0,2	0,53	0,53	1,0	0,42	1,0	1,23	2,46	1,23	2,46	3,7	7,9	–	–	7,8	15,0
130	0,17	0,49	0,61	1,14	0,35	0,97	1,5	2,71	1,23	2,64	4,4	7,9	–	–	8,25	15,5
140	0,16	0,47	0,80	1,30	0,35	0,88	1,76	2,71	1,05	2,48	5,2	7,9	–	–	8,6	15,7
150	0,16	0,44	0,88	1,20	0,26	0,88	1,94	2,71	0,97	2,2	5,3	7,9	–	–	8,8	15,8
160	0,15	0,40	0,88	1,20	0,26	0,79	1,94	2,71	–	–	5,2	7,9	–	–	8,8	15,8
170	0,13	0,37	0,84	1,14	0,26	0,70	1,85	2,46	–	–	4,84	7,9	–	–	8,8	15,8
180	0,11	0,35	0,80	0,80	0,26	0,70	1,76	2,64	–	–	4,5	7,9	–	–	8,8	15,8

*θ – угол между направлением пучка электронов и направлением выхода тормозного излучения из мишени.

Продолжение табл. 2

θ^*, град.	E_0, МэВ									
	1,0				1,25			1,5		
	Материал мишени									
	Al	Fe	Au	Sn	Al	Cu	Au	Al	Cu	Au
0	39,6	58,0	81,6	79,0	49,3	72,0	133,5	84,5	128,0	216,3
10	36,0	51,0	75,5	65,0	43,0	70,3	128,0	74,0	121,4	210,5
20	28,2	42,2	65,0	54,5	30,6	52,0	103,0	47,5	92,5	186,0
30	19,4	31,8	55,4	44,8	24,6	36,0	97,5	92,6	67,0	154,0
40	14,1	29,8	49,2	37,5	20,6	32,5	82,4	26,4	51,0	134,0
50	12,3	23,0	45,0	30,8	16,4	29,0	72,4	22,8	45,7	124,0
60	9,7	19,4	33,5	27,2	14,4	20,6	61,5	20,2	38,8	114,0
70	8,1	15,0	29,0	22,8	12,3	19,6	59,8	16,7	36,0	103,0
80	4,76	11,4	22,0	19,7	10,3	18,5	57,0	13,2	30,8	92,5
90	2,0	4,5	17,0	16,7	6,15	17,5	56,4	7,91	28,2	82,9
100	2,65	6,5	32,5	15,4	5,6	16,4	54,5	7,22	24,0	85,0
110	3,18	8,3	37,0	14,0	5,1	16,0	52,7	6,7	23,0	79,4
120	3,1	9,7	39,5	15,0	4,56	15,4	51,8	6,15	18,5	77,5
130	3,1	9,7	39,0	15,4	4,14	14,9	51,1	5,64	17,6	76,7
140	3,1	9,7	39,0	16,7	3,6	14,4	49,2	5,1	16,7	75,7
150	3,1	7,8	37,8	17,6	3,0	14,0	58,5	4,65	15,0	74,0
160	3,0	7,0	37,8	17,6	2,5	13,9	–	4,1	–	–
170	3,0	7,0	37,8	17,7	2,5	13,8	–	3,1	–	–
180	2,9	6,15	37,8	17,6	2,5	13,8	–	2,55	–	–

Продолжение табл. 2

θ^*, град.	E_0, МэВ										
	1,75			2			2,8			4	8
	Материал мишени										
	Al	Cu	Au	Al	Fe	Au	Al	Fe	Au	Sn	Sn
0	129	206	340	256	358	457	817	964	1 070	2 750	16 100
10	103	164	266	194	274	408	520	670	856	1 895	4 720
20	68	126	237	125	203	312	285	437	625	1 119	3 330
30	53	103	203	85,5	138	245	170	306	484	875	2 740
40	47,5	67	189	67	105	189	138	238	382	735	2 180
50	41,5	56	165	59	85	157	85	171	300	620	1 580
60	32,6	51	155	33	67	119	68	121	252	525	1 190
70	25,6	41,4	144	19,4	53	86	51	86	202	429	880
80	19,4	34,4	134	16,7	32	60	34	51	118	314	590
90	16,9	28,2	128,4	11,4	29	49	26	31	110	273	440
100	13,5	25,5	119	13,2	31	119	31	33	134	392	660
110	11,4	22,8	108	13,2	25	103	35	53	168	318	540
120	10,6	20,3	103	12,5	25,5	113	35	70,5			
130	9,7	18,5	98	8,3	25	108	17,6	70,5	202	234	415
140	8,3	17,7	93	7,3	23	103	17,6	53	202	205	375
150	7,2	16,7	28	7,2	18,5	–	17,6	53	185	182	345
160	6,15									169	325
170	5,7									145	307
180	5,2									133	295

Продолжение табл. 2

θ^*, град.	E_0, МэВ			
	10	30	60	100
	Материал мишени			
	W	W	W	W
0	$4{,}77 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^6$	$6{,}82 \cdot 10^6$	$1{,}19 \cdot 10^7$
10	$1{,}68 \cdot 10^4$	$1{,}86 \cdot 10^5$	$5{,}05 \cdot 10^5$	$8{,}75 \cdot 10^5$
20	$8{,}12 \cdot 10^3$	$8{,}05 \cdot 10^4$	$1{,}8 \cdot 10^5$	$2{,}35 \cdot 10^5$
30	$5{,}26 \cdot 10^3$	$3{,}9 \cdot 10^4$	$6{,}27 \cdot 10^4$	$8{,}74 \cdot 10^4$
40	$3{,}34 \cdot 10^3$	$2{,}18 \cdot 10^4$	$2{,}92 \cdot 10^4$	$5{,}95 \cdot 10^4$
50	$2{,}2 \cdot 10^3$	$1{,}38 \cdot 10^4$	$1{,}64 \cdot 10^4$	$4{,}2 \cdot 10^4$
60	$1{,}28 \cdot 10^3$	$9{,}4 \cdot 10^3$	$8{,}7 \cdot 10^3$	$3{,}5 \cdot 10^4$
70		$5{,}57 \cdot 10^3$	$5{,}87 \cdot 10^3$	$3{,}14 \cdot 10^4$
80		$2{,}34 \cdot 10^3$	$2{,}34 \cdot 10^3$	$2{,}96 \cdot 10^4$
90		$1{,}0 \cdot 10^3$	$1{,}45 \cdot 10^3$	$2{,}76 \cdot 10^4$
100		$1{,}49 \cdot 10^3$	$9{,}0 \cdot 10^2$	$2{,}58 \cdot 10^4$
110		$1{,}75 \cdot 10^3$	$1{,}22 \cdot 10^3$	$2{,}16 \cdot 10^4$
120		$1{,}75 \cdot 10^3$	$1{,}19 \cdot 10^3$	$1{,}85 \cdot 10^4$
130		$1{,}75 \cdot 10^3$	$1{,}15 \cdot 10^3$	$1{,}5 \cdot 10^4$
140		$1{,}62 \cdot 10^3$	$1{,}13 \cdot 10^3$	$1{,}39 \cdot 10^4$
150		$1{,}45 \cdot 10^3$	$1{,}11 \cdot 10^3$	$1{,}22 \cdot 10^4$
160				$1{,}18 \cdot 10^4$
170				$1{,}0 \cdot 10^4$
180				$9{,}7 \cdot 10^4$

Расчет ослабления нейтронов в защите может проводиться методом длин релаксации. Для бетона длина релаксации нейтронов (λ) равна 16 см. Кратность ослабление мощности эквивалентной дозы фотонейтронов в защите из бетона можно оценить с использованием соотношения:

$$K_н = \exp(\frac{d}{\lambda}) \text{ , где} \qquad (12)$$

$K_н$ – кратность ослабления мощности дозы фотонейтронов;

d – толщина радиационной защиты из бетона, см;

λ – длина релаксации фотонейтронов в бетоне, см.

Толщину радиационной защиты выбирают так, чтобы полученная кратность ослабления мощности эквивалентной дозы была не меньше величины, рассчитанной с использованием выражения (9).

Таблица 3

Толщина защиты из бетона (см) для различных кратностей ослабления *K*

K	$E_{эф}$, МэВ														
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0
10	7,2	13,5	19,0	22,5	25,8	26,8	27,6	28,4	29,1	29,9	34,0	37,6	43,4	47,5	51,6
20	8,2	15,3	21,4	25,8	29,9	31,9	33,6	35,0	36,2	37,0	42,5	47,5	54,0	58,7	64,6
50	9,9	18,8	25,1	30,8	35,0	37,6	39,4	41,2	42,8	44,6	51,0	58,1	66,9	72,8	81,6
100	11,2	21,1	28,9	35,2	39,9	43,0	45,3	47,2	48,8	50,5	58,3	65,7	77,5	84,5	95,1
$5 \cdot 10^2$	13,8	26,0	36,0	43,9	50,5	54,5	57,3	59,8	62,5	64,6	74,8	84,5	101	110	124
10^3	15,5	28,2	39,2	48,1	55,2	59,2	52,5	65,3	67,3	70,4	81,7	87,6	110	121	138
$5 \cdot 10^3$	18,8	33,1	45,6	56,4	65,2	70,0	74,0	77,0	80,2	82,8	97,0	111	133	147	167
10^4	20,1	35,2	48,5	60,3	69,3	74,5	79,1	82,9	86,2	89,2	104	119	143	157	179
$5 \cdot 10^4$	23,3	42,3	56,4	68,6	79,0	84,7	88,7	93,4	97,9	102	120	136	165	181	207
10^5	30,5	50,5	64,6	75,1	82,8	89,0	93,5	98,1	102	107	127	144	174	191	218
$5 \cdot 10^5$	44,8	61,5	73,7	83,7	92,5	99,3	104	110	115	122	142	162	196	215	247
10^6	49,3	66,4	79,8	89,8	97,0	104	114	114	120	124	150	171	205	225	261
$5 \cdot 10^5$	59,4	79,7	91,6	101	107	114	120	126	132	137	166	189	227	250	288
10^7	64,0	84,9	95,7	106	111	119	125	130	136	142	173	197	236	259	299

Таблица 4

Толщина защиты из железа (см) для различных кратностей ослабления К

K	$E_{эф}$, МэВ														
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
10	2,1	3,4	4,5	5,4	6,2	6,8	7,3	7,8	8,2	8,5	10,0	11,0	12,2	12,5	12,7
20	2,6	4,3	5,5	6,6	7,5	8,3	8,9	9,5	10,0	10,5	12,2	13,7	15,3	16,0	16,4
50	3,1	5,1	6,9	8,2	9,3	10,2	11,2	12,0	12,7	13,4	15,5	17,1	19,3	20,2	21,2
100	3,8	5,9	7,5	9,0	10,2	11,2	12,2	13,1	14,0	14,7	17,6	19,7	22,3	23,4	24,6
$5 \cdot 10^2$	4,6	7,4	9,6	11,6	13,4	14,7	15,8	16,9	17,7	18,6	22,5	25,4	29,1	30,7	32,3
10^3	5,0	8,0	10,5	12,7	14,7	16,2	17,5	18,6	19,5	20,4	24,6	28,0	31,9	33,7	35,6
$5 \cdot 10^3$	6,7	10,2	13,0	15,5	17,6	19,2	20,7	22,1	23,3	24,4	29,4	33,4	38,2	40,3	43,2
10^4	7,4	11,1	14,0	16,6	18,8	20,7	22,2	23,6	24,9	26,2	31,4	35,8	41,0	43,2	46,5
$5 \cdot 10^4$	8,3	12,6	16,0	19,0	21,6	23,5	25,5	27,5	28,5	30,0	36,3	41,2	47,2	49,9	53,9
10^5	8,5	13,1	16,9	20,0	22,7	25,0	26,9	28,6	30,3	31,8	38,2	43,5	50,0	53,0	57,8
$5 \cdot 10^5$	9,3	14,3	18,5	22,1	25,5	27,9	30,1	32,0	33,8	35,5	42,6	48,8	56,1	60,0	64,4
10^6	9,9	15,4	19,9	23,6	26,7	29,2	31,5	33,5	35,4	37,1	44,6	51,0	58,8	63,0	67,5
$5 \cdot 10^5$	10,9	16,8	21,8	25,9	29,4	32,4	34,8	37,0	39,0	40,8	49,1	56,3	65,1	70,0	76,2
10^7	11,6	17,7	22,8	27,0	30,5	33,5	36,1	38,4	40,5	42,4	51,1	58,6	67,8	72,8	78,0

Таблица 5

Толщина защиты из свинца (см) для различных кратностей ослабления *K*

K	$E_{эф}$, МэВ														
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	6,0
10	0,3	0,6	0,9	1,3	1,6	2,1	2,6	3,1	3,5	3,8	5,1	5,9	6,5	6,4	5,5
20	0,3	0,6	1,1	1,5	2,0	2,6	3,3	3,9	4,4	4,9	6,6	7,6	8,3	8,2	7,1
50	0,4	0,9	1,4	1,95	2,6	3,3	4,0	4,6	5,3	6,0	8,2	9,6	10,6	10,5	9,2
100	0,5	1,0	1,6	2,3	3,0	3,9	4,7	5,5	6,3	7,0	9,7	11,3	12,2	12,1	10,9
$5 \cdot 10^2$	0,7	1,4	2,2	3,1	4,0	5,1	6,1	7,2	8,2	9,2	12,9	15,0	16,3	16,1	14,9
10^3	0,7	1,5	2,4	3,3	4,4	5,7	7,0	8,1	9,2	10,2	14,1	16,5	18,0	17,8	16,5
$5 \cdot 10^3$	0,9	1,9	3,0	4,2	5,5	7,0	8,5	9,9	11,2	12,4	17,0	19,8	21,9	21,7	20,3
10^4	1,1	2,1	3,3	4,6	5,9	7,5	9,1	10,6	12,0	13,3	18,3	21,3	23,5	23,4	22,0
$5 \cdot 10^4$	1,2	2,4	3,7	5,2	6,9	8,7	10,5	12,3	14,0	15,6	21,4	24,7	27,3	27,2	25,8
10^5	1,2	2,4	3,8	5,4	7,2	9,2	11,1	13,0	14,8	16,5	22,7	26,2	28,9	28,9	27,5
$5 \cdot 10^5$	1,4	2,8	4,4	6,1	8,2	10,2	12,3	14,4	16,5	18,5	25,5	29,5	32,7	32,7	31,4
10^6	1,5	3,0	4,7	6,5	8,7	10,9	13,1	15,3	17,5	19,9	26,8	31,0	34,3	34,4	33,0
$5 \cdot 10^5$	1,6	3,3	5,3	7,3	9,6	12,1	14,7	17,2	19,5	21,6	29,7	34,3	38,1	38,3	36,8
10^7	1,7	3,4	5,4	7,6	10,1	12,6	15,2	17,8	20,3	22,5	31,2	35,8	29,7	39,9	38,4

Таблица 6

Выход фотонейтронов из различных мишеней в зависимости от энергии электронов

E_0, МэВ	$N \cdot 10^{-4}$ фотонейтрон/электрон			
	Cu (50 г/см^2)	Cu (12,7 г/см^2)	Ta (12,5 г/см^2)	Pb (23 г/см^2)
11	–	–	–	1,5
12	–	–	0,6	–
15	0,8	0,4	3,5	–
19	–	–	–	22
20	6	3	13	–
28	21	8	–	46
30	–	–	40	
34	33	13	–	79
35	–	14	–	–
100	–	–	100	–

Приложение 2

Вентиляция помещений ускорителя

Для удаления образующихся в рабочей камере ускорителя теплоизбытков в ней должны быть обеспечены кратности воздухообмена не менее приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Минимальные кратности воздухообмена в рабочей камере ускорителя

Объём рабочей камеры, $м^3$	До 100	100—500	500—1 000	свыше 1 000
Кратность воздухообмена, $ч^{-1}$	15	10	5	2

При обеспечении приведенных кратностей воздухообмена в рабочей камере во время работы ускорителя в большинстве случаев концентрации образующихся вредных для человеческого организма веществ значительно превышают их предельно допустимые концентрации (ПДК). Поэтому после выключения ускорителя для обеспечения безопасности персонала вводится запретный период ($T_{запр}$), в течение которого вход персонала в рабочую камеру должен быть исключен.

Запретный период в общем случае следует определять по формуле:

$$T_{запр} = \frac{\ln \frac{C_i}{\text{ПДК}_i(ДКа_i)}}{K_{кам} + \lambda_i}, \text{ ч, где} \qquad (1)$$

C_i – концентрация i-го токсичного (радиоактивного) вещества в рабочей камере в момент прекращения облучения, мг/м (ГБк/$м^3$);

ПДК_i – предельно допустимая концентрация i-го токсичного вещества, мг/$м^3$;

$ДКа_i$ – допустимая концентрация 1-го радиоактивного вещества, ГБк/$м^3$;

$K_{кам}$ – кратность воздухообмена в рабочей камере ускорителя, $ч^{-1}$;

λ_i – коэффициент, характеризующий химическую (или ядерную) нестойкость токсичного (радиоактивного) вещества после прекращения облучения, $ч^{-1}$.

В результате радиолиза воздуха образуются озон и окислы азота, являющиеся постоянно сопутствующими факторами опасности при работе ускорителя.

Однако ввиду того, что при работе ускорителей токсичность продуктов радиолиза воздуха определяется в основном образующимся озоном (ПДК озона в 50 раз ниже ПДК окислов азота), все расчеты вентиляции должны основываться на обеспечении необходимого снижения концентрации озона.

Продукты радиолиза воздуха на установках с ускорителями электронов образуются лишь в зоне пучка ускоренных электронов. Затем они распространяются в объеме всей камеры (за счёт перемешивания воздуха).

Концентрация озона в зоне действия пучка электронов рассчитывается по формуле:

$$C^{зо}_{озона} = \frac{4.2 \cdot 10^7 \cdot J}{S_{зо}(\lambda_{рад} + K_{зо})}[1 - \exp\{-(\lambda_{рад} + K_{зо}) \cdot t_{зо}\}], \text{ мг/м}^3\text{, где} \qquad (2)$$

$C^{зо}_{озона}$ – концентрация озона в зоне облучения (в пучке электронов) во время работы ускорителя;

$t_{зо}$ – время нахождения воздуха в зоне облучения (в пучке электронов), ч;

J – ток пучка электронов, А;

$S_{зо}$ – площадь поперечного сечения зоны облучения (развертки), $м^2$;

$K_{зо}$ – кратность воздухообмена в зоне облучения (в пучке), $ч^{-1}$;

$\lambda_{рад}$ – коэффициент, учитывающий радиационную нестойкость озона, величина которого зависит от мощности поглощенной дозы в воздухе и рассчитывается по формуле:

$$\lambda_{рад} = 1{,}6 \cdot 10^{-2} \cdot P^{0{,}6},\ ч^{-1} \quad (3)$$

Мощность поглощенной дозы ускоренных электронов в воздухе рассчитывается по формуле:

$$P = 3{,}6 \cdot 10^{10} \left(\frac{dE}{dX}\right)_{ион} \frac{J \cdot d}{S_{зо}},\ сГр/ч,\ где \quad (4)$$

$\left(\frac{dE}{dX}\right)_{ион}$ – ионизационные потери, МэВ · $см^2$/г (табл. 2);

d – расстояние от выходного окна ускорителя до мишени, м.

Таблица 2

Ионизационные потери при прохождении ускоренных электронов различной энергии в воздушной среде

E_0, МэВ	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5
$\left(\frac{dE}{dX}\right)_{ион}$, $\frac{МэВ \cdot см^2}{г}$	2,46	2,08	1,90	1,74	1,70	1,66	1,66

E_0, МэВ	2	3	4	6	8	10	20
$\left(\frac{dE}{dX}\right)_{ион}$, МэВ · $см^2$/г	1,68	1,74	1,79	1,88	1,93	1,98	2,13

E_0, МэВ	30	40	60	80	100
$\left(\frac{dE}{dX}\right)_{ион}$, МэВ · $см^2$/г	2,22	2,29	2,38	2,45	2,50

Для наиболее эффективного удаления образующихся вредностей целесообразно устанавливать местные отсосы вблизи мест образования этих вредностей.

При эксплуатации ускорителя с индивидуальной радиационной защитой продукты радиолиза воздуха образуются в небольшом объеме. В этом случае важно предотвратить распространение этих вредностей в пультовую и другие помещения, где постоянно находится персонал. Для этого производительность местного отсоса из зоны облучения должна быть такой, чтобы он обеспечил скорость движения воздуха в местах подсосов (вход и выход транспортера в зону облучения, щели и т. п.) не менее 0,5 м/с. Обычно это условие соблюдается при производительности местного отсоса 500—1 000 $м^3$/ч.

Существует несколько вариантов местной вентиляции из зоны облучения, а именно отсоса воздуха:

- на уровне действия пучка электронов по краю развертки его (с одной или обеих сторон технологического канала);
- с обеих сторон ускорителя на выходе и входе технологического канала в зону облучения;

• сверху радиационной защиты (индивидуальная защита ускорителей играет роль затяжного зонта).

Ускоритель может быть введен в действие лишь при включении местной вентиляции. Система местного отсоса из зоны облучения должна работать от отдельного вентилятора. Вентилятор должен быть вынесен за пределы помещения.

Ввиду малого объема зоны облучения на ускорителе электронов с индивидуальной защитой снижение концентрации газообразных продуктов радиолиза или активации в технологическом канале до ПДК (ДКа) при работающем отсосе происходит практически за несколько секунд после выключения ускорителя, поэтому понятие запретного периода в этом случае теряет практический смысл.

Выброс в атмосферу воздуха, не содержащего кроме продуктов его радиолиза (озона и окислов азота) никаких других токсических или радиоактивных веществ, может производиться без предварительной очистки.

При наличии воздухообмена в зоне облучения образование озона и его распространение в объеме камеры при включенном ускорителе происходит непрерывно. Причем концентрация озона в воздухе зависит от организации вентиляции, объема камеры, места расположения ускорителя в рабочей камере, направления пучка электронов по отношению к направлению движения воздушных потоков. Поэтому точно концентрацию озона в воздухе рабочей камеры ускорителя можно рассчитать лишь исходя из конкретных условий, перечисленных выше.

Линейная скорость движения воздуха в рабочей камере (v) будет равна:

$$v = K_{кам} \cdot l, \text{ м/ч, где} \qquad (5)$$

$K_{кам}$ – кратность воздухообмена в рабочей камере, $ч^{-1}$;

l – длина рабочей камеры, м.

В случае когда пучок электронов направлен перпендикулярно направлению движения воздуха в рабочей камере, время нахождения каждой порции воздуха в зоне облучения (в пучке электронов) составит:

$$t_{зо} = \frac{a}{v} = \frac{\sqrt{S_{зо}}}{K_{кам} \cdot l}, \text{ ч, где} \qquad (6)$$

a – средняя ширина сечения пучка электронов, м.

Тогда кратность воздухообмена в зоне облучения составит:

$$K_{зо} = \frac{1}{t_{зо}} = \frac{K_{кам} \cdot l}{\sqrt{S_{зо}}}, \ ч^{-1}$$

Таким образом определяются все параметры ($t_{зо}$; $K_{зо}$; $\lambda_{рад}$), необходимые для расчета концентрации озона в зоне пучка электронов.

Количество озона, образующегося за 1 ч, будет равно:

$$Q_{озона} = C^{зо}_{озона} \cdot V_{зо} \cdot K_{зо} = C^{зо}_{озона} \cdot d \cdot S_{зо} \cdot K_{зо}, \text{ мг/ч, где} \qquad (7)$$

$V_{зо}$ – объем зоны облучения, $м^3$.

За 1 ч через рабочую камеру проходит L $м^3$ воздуха:

$$L = V_{кам} \cdot K_{кам}, \ м^3/ч, \text{ где} \qquad (8)$$

$V_{кам}$ – объем рабочей камеры, $м^3$.

Концентрация озона в воздухе камеры при установившемся режиме будет равна:

$$C^{кам}_{озона} = \frac{Q_{озона}}{L} = \frac{4{,}2 \cdot 10^7 \cdot J \cdot d \cdot K_{зо}}{(\lambda_{рад} + K_{зо}) \cdot V_{кам} \cdot K_{кам}} [1 - \exp\{-(\lambda_{рад} + K_{зо}) \cdot t_{зо}\}], \ мг/м^3 \qquad (9)$$

Для охлаждения фольги выходного окна ускорителя ее обдувают струей сжатого воздуха с расходом около 100 м^3/ч. Практически весь этот воздух проходит через пучок ускоренных электронов. Каждая порция воздуха будет находиться в зоне облучения около 1 с ($t_{зо}$ = 0,0003 ч, $K_{зо}$ = 3600 ч$^{-1}$). Подставляя значения $t_{зо}$ и $K_{зо}$ в формулу (9), можно рассчитать концентрацию озона.

На ускорителях электронов высоких энергий (более 10 МэВ) происходит активация облучаемых компонентов среды и материалов по реакциям (γ,n), (γ,p) и существует опасность внутреннего облучения персонала за счет активации компонентов воздуха. Так, энергетический порог реакций $^{14}N(\gamma,n)^{13}N$ и $^{16}O(\gamma,n)^{15}O$ составляет 10,6 МэВ и 15,7 МэВ соответственно.

Концентрация радиоактивного газа в воздухе зоны облучения во время работы ускорителя может быть рассчитана по формуле:

$$C_A = \frac{C_0' \cdot E_0 \cdot J \cdot d \cdot K_{зо}}{(K_{зо} + 0{,}693/T_{1/2}) \cdot V_{кам} \cdot K_{кам}} [1 - \exp\{-(K_{зо} + 0{,}693/T_{1/2}) \cdot t_{зо}\}], \text{ ГБк/м}^3, \text{ где} \qquad (10)$$

C_0' – постоянная скорости образования радиоактивного газа в воздухе, $\frac{\text{ГБк}}{\text{ч} \cdot \text{МэВ} \cdot \text{А} \cdot \text{м}}$;

$T_{1/2}$ – период полураспада образующегося радионуклида, ч;

E_0 – энергия электронов, МэВ.

Зависимость C_0' от энергии электронов приведена на рис. 1.

В табл. 3 приведены значения запретного периода входа в рабочую камеру ускорителя, рассчитанные по приведенным в данном приложении формулам для тока пучка электронов J = 1 мА, кратности воздухообмена в рабочей камере $K_{кам}$ = 25 ч$^{-1}$, объема камеры $V_{кам}$ = 560 м^3, расстояния от выходного окна ускорителя до мишени d = 5 м. Расчет проводился исходя из образования озона ^{13}N и ^{15}O.

Таблица 3

Величины запретного периода времени

E_0, МэВ	$T_{запр}$, мин		
	Озон	^{13}N	^{15}O
10	7	0	0
15	7	3	0
20	7	5,5	2
25	7	7	5
30	7	9	7
35	7	11	10

При энергиях электронов до 30 МэВ расчет запретного периода следует вести по озону, а при энергиях свыше 30 МэВ – по накоплению радиоактивных газов.

Если запретный период, обусловленный необходимостью снижения мощности дозы излучения от активированных конструкционных материалов и объектов облучения до допустимого уровня, превышает запретный период, рассчитанный по формуле (1), то запретный период определяется необходимостью снижения мощности дозы из-

лучения от активированных конструкционных материалов и объектов облучения до допустимого уровня.

Пример. Ускоритель электронов ($E_0 = 30$ МэВ, $J = 10^{-3}$ А) размещен в рабочей камере объемом $V_{кам} = 600$ м^3 с кратностью воздухообмена $K_{кам} = 10$ ч$^{-1}$. Расстояние от выходного окна ускорителя до мишени $d = 5$ м, средняя площадь развертки пучка электронов $S_{зо} = 0{,}05$ м^2. Определить запретный период входа персонала в рабочую камеру.

Решение:

а) рассчитаем запретный период, исходя из образования озона.

$$T_{запр}^{озона} = \frac{\ln \frac{C_{озона}^{кам}}{ПДК_{озона}}}{K_{кам} + \lambda_{хим}}, \text{ где}$$

$\lambda_{хим}$ – коэффициент, учитывающий химическую нестойкость озона после отключения ускорителя ($\lambda_{хим} = 1{,}2$ ч$^{-1}$), не зависит от условий облучения.

$$C_{озона}^{кам} = \frac{4{,}2 \cdot 10^7 \cdot J \cdot d \cdot K_{зо}}{(\lambda_{рад} + K_{зо}) \cdot V_{кам} \cdot K_{кам}} [1 - \exp\{-(\lambda_{рад} + K_{зо}) \cdot t_{зо}\}], \text{ мг/м}^3;$$

$$K_{зо} = \frac{K_{кам} \cdot l_{кам}}{\sqrt{S_{зо}}} = \frac{K_{кам} \sqrt[3]{V_{кам}}}{\sqrt{S_{зо}}} = \frac{10 \cdot 8{,}5}{0{,}23} = 370 \text{ ч}^{-1}.$$

Тогда: $t_{зо} = \frac{1}{370} = 0{,}0027$ ч.

$\lambda_{рад} = 1{,}6 \cdot 10^{-2} \cdot P^{0{,}6}$, ч$^{-1}$;

$$P = 3{,}6 \cdot 10^{10} (\frac{dE}{dX})_{ион} \frac{J \cdot d}{S_{зо}} = 3{,}6 \cdot 10^{10} \cdot 2{,}22 \cdot \frac{0{,}001 \cdot 5}{0{,}05} = 8 \cdot 10^9 \text{ сГр/ч};$$

$\lambda_{рад} = 1{,}6 \cdot 10^{-2} \cdot (8 \cdot 10^9)^{0{,}6} = 1{,}4 \cdot 10^4$ ч$^{-1}$;

$$C_{озона}^{кам} = \frac{4{,}2 \cdot 10^7 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 370}{(1{,}4 \cdot 10^4 + 370) \cdot 600 \cdot 10} [1 - e^{-(14\,000 + 370) \cdot 0{,}0027}] = 0{,}90 \text{ мг/м}^3;$$

$$T_{запр}^{озона} = \frac{\ln \frac{0{,}90}{0{,}1}}{10 + 1{,}2} = \frac{\ln 9}{11{,}2} = \frac{2{,}20}{11{,}2} = 0{,}20 \text{ ч} = 12 \text{ мин};$$

б) рассчитаем запретный период, исходя из образования радиоактивных газов.

При энергии электронов 30 МэВ преобладающим является образование ^{15}O по сравнению с образованием ^{13}N (рис. 1).

Для ^{15}O $T_{1/2} = 2$ мин $= 0{,}033$ ч, $ДК_А = 37$ кБк/м^3 ($1 \cdot 10^{-6}$ Ки/м^3).

Для ^{13}N $T_{1/2} = 10$ мин $= 0{,}167$ ч, $ДК_А = 74$ кБк/м^3 ($2 \cdot 10^{-6}$ Ки/м^3).

$$C_{^{15}O}^{кам} = \frac{C_0' \cdot E_0 \cdot J \cdot d \cdot K_{зо}}{(K_{зо} + 0{,}693/T_{1/2}) \cdot V_{кам} \cdot K_{кам}} [1 - \exp\{-(K_{30} + \frac{0{,}693}{T_{1/2}}) \cdot t_{30}\}]] =$$

$$= \frac{5{,}55 \cdot 10^3 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 370}{(370 + \frac{0{,}693}{0{,}033}) \cdot 600 \cdot 10} \cdot [1 - \exp\{-(370 + \frac{0{,}693}{0{,}033}) \cdot 0{,}0027)\}]] = 8{,}1 \cdot 10^{-2}, \text{ГБк/м}^3;$$

$$T_{запр}^{^{15}O} = \frac{\ln \frac{8{,}1 \cdot 10^4}{37}}{10 + 21} = \frac{\ln 2200}{31} = 0{,}25 \text{ ч} = 15 \text{ мин};$$

в) учитывая более длительный по сравнению с ^{15}O период полураспада ^{13}N, снижение концентрации изотопа ^{13}N после отключения ускорителя будет происходить гораздо медленнее, т. к. основную роль в снижении его концентрации будет играть кратность воздухообмена, а не распад нуклида, как в случае ^{15}O.

$$C_{^{13}N}^{кам} = \frac{C_0' \cdot E_0 \cdot J \cdot d \cdot K_{зо}}{(K_{зо} + 0{,}693/T_{1/2}) \cdot V_{кам} \cdot K_{кам}} [1 - \exp\{-(K_{зо} + \frac{0{,}693}{T_{1/2}}) \cdot t_{зо}\}] =$$

$$= \frac{1{,}5 \cdot 10^3 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 370}{370 + \frac{0{,}693}{0{,}167}) \cdot 600 \cdot 10} [1 - e^{-(370 + \frac{0{,}693}{0{,}167} \cdot 0{,}0027)}] = 1{,}7 \cdot 10^{-2} \text{ГБк/м}^3$$

$$T_{запр}^{^{13}N} = \frac{\ln \frac{1{,}7 \cdot 10^4}{74}}{10 + 4{,}15} = \frac{\ln 230}{14 < 15} = 0{,}38 \text{ ч} = 23 \text{ мин.}$$

Сравнивая полученные величины запретных периодов, видим, что наибольшее значение запретного периода определяется образованием ^{13}N. Поэтому принимаем его равным 23 мин.

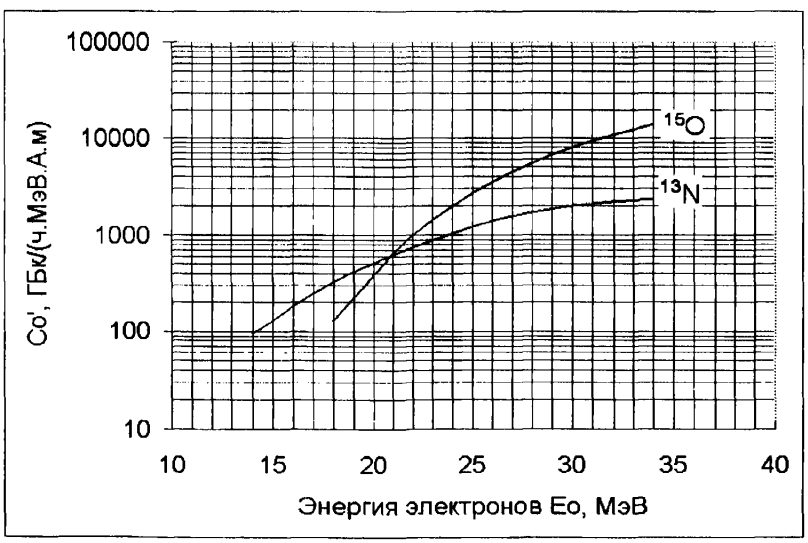


Рис. 1. Зависимость постоянной скорости образования (C_0') радионуклидов ^{13}N и ^{15}O от энергии электронов (вольфрамовая мишень)

Приложение 3
(справочное)

Нормативные ссылки

1. Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 09.01.96 № 3-ФЗ.
2. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.99 № 52-ФЗ.
3. Федеральный закон «Об использовании атомной энергии» от 21.11.95 № 170-ФЗ.
4. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении положения о лицензировании деятельности в области использования источников ионизирующего излучения» от 25 февраля 2004 г. № 107.
5. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) СанПиН 2.6.1.2523—09.

Приложение 4
(справочное)

Основные термины и определения

В рамках настоящего документа кроме терминов, приведенных в НРБ-99/2009, дополнительно используются следующие термины:

Ускоритель электронов (ускоритель) – электрофизическое устройство, генерирующее поток электронов с энергией выше 0,1 МэВ.

Радиационная установка с ускорителем электронов (РУ УЭЛ) – электрофизическая радиационная установка, предназначенная для облучения различных объектов, источником ионизирующего излучения в которой является ускоритель электронов.

Радиационная медицинская установка с ускорителем электронов (РМУ УЭЛ) – электрофизическая радиационная установка, предназначенная для медицинского использования, источником ионизирующего излучения в которой является ускоритель электронов.

Стационарная РУ УЭЛ – РУ УЭЛ, для размещения которой требуются специально оборудованные помещения.

Передвижная РУ УЭЛ – РУ УЭЛ, смонтированная и используемая на самоходных или несамоходных транспортных средствах (автомашина, вагон и т. п.).

РУ УЭЛ с индивидуальной защитой – РУ УЭЛ, в которой радиационная защита является элементом ее конструкции, непосредственно прилегает к источнику излучения и основным конструктивным узлам установки и обеспечивает радиационную защиту находящегося вблизи нее персонала.

Система блокировки РУ УЭЛ (ускорителя) – функциональная часть РУ УЭЛ (ускорителя), обеспечивающая аварийное выключение ускорителя с целью обеспечения безопасности персонала и пациентов, а также предотвращения выхода из строя оборудования ускорителя.

Система сигнализации РУ УЭЛ (ускорителя) – функциональная часть РУ УЭЛ (ускорителя), информирующая о проведении радиационного процесса, превышении заданного уровня мощности дозы в радиационно опасной зоне (на рабочих местах), о состоянии отдельных функциональных частей РУ УЭЛ (ускорителя).

Защитные каналы РУ УЭЛ (ускорителя) – конструктивная часть радиационной защиты РУ УЭЛ (ускорителя) в форме каналов и лабиринтов (криволинейные, многоколенчатые и др.), предназначенных для прокладки в рабочую камеру различных коммуникаций, доступа в нее персонала и обеспечивающих снижение интенсивности отраженного излучения до допустимых пределов.

Рабочая камера РУ УЭЛ (ускорителя) – конструктивная часть РУ УЭЛ (ускорителя), ограничивающая рабочую зону, в которой осуще-ствляется непосредственное воздействие ионизирующего излучения на объекты облучения (кроме пациентов).

Процедурная РУ УЭЛ (ускорителя) – помещение, в котором происходит облучение пациента пучком электронов или тормозного излучения, генерируемым ускорителем электронов.

Пультовая (комната управления) – помещение постоянного пребывания персонала группы А, в котором расположен пульт управления и контроля за работой РУ УЭЛ (ускорителя).

Радиационно опасная зона – зона, в пределах которой мощность дозы ионизирующего излучения может превышать 1,0 мкЗв/ч.

Запретный период – минимальное время между окончанием облучения и разрешением на вход в рабочую камеру, необходимое для уменьшения в ней концентрации токсических веществ до заданных величин за счет ее вентилирования, а также снижения уровня излучения от наведенной активности конструкционных и других материалов в рабочей камере до допустимых величин.

gost.e-ecolog.ru