

**РЪКОВОДСТВА
ЗА БЕЗОПАСНОСТ**
ПО ПРИЛАГАНЕ НА
НОРМАТИВНИТЕ ИЗИСКВАНИЯ



РЪКОВОДСТВО



**ЗА РАДИАЦИОННА ЗАЩИТА ПРИ ДЕЙНОСТИ ПО
ИЗПОЛЗВАНЕТО НА УСКОРИТЕЛИ НА ЗАРЕДЕНИ
ЧАСТИЦИ**

PP-13/2016



**АГЕНЦИЯ ЗА ЯДРЕНО РЕГУЛИРАНЕ
BULGARIAN NUCLEAR REGULATORY AGENCY**



СЪДЪРЖАНИЕ

1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ.....	3
ЦЕЛ.....	3
ОБХВАТ.....	3
2. ОТГОВОРНОСТИ И ЗАДЪЛЖЕНИЯ.....	3
3. ИЗИСКВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА ОБЕКТ С УСКОРИТЕЛ.....	4
4. МОНТАЖ, ПРЕДВАРИТЕЛНИ ИЗПИТВАНИЯ И ВЪВЕЖДАНЕ В ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА ОБЕКТ С УСКОРИТЕЛ.....	8
5. РАДИАЦИОННА ЗАЩИТА ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯТА НА ОБЕКТ С УСКОРИТЕЛ..	12
6. ВЕНТИЛАЦИЯ, КАНАЛИЗАЦИЯ, БЛОКИРОВКИ, СИГНАЛИЗАЦИИ И СРЕДСТВА ЗА ИЗМЕРВАНЕ В ОБЕКТИ С УСКОРИТЕЛИ.....	15
7. РАДИАЦИОНЕН КОНТРОЛ В ОБЕКТИ С УСКОРИТЕЛИ И ИНДИВИДУАЛЕН ДОЗИМЕТРИЧЕН КОНТРОЛ НА ПЕРСОНАЛА	19
8. АВАРИЙНО ПЛАНИРАНЕ И АВАРИЙНА ГОТОВНОСТ В ОБЕКТИ С УСКОРИТЕЛИ	22
9. СПЕЦИФИЧНИ ИЗИСКВАНИЯ ЗА РАДИАЦИОННА ЗАЩИТА ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ЛИНЕЙНИ УСКОРИТЕЛИ ЗА ЛЪЧЕТЕРАПИЯ.....	24
10. СПЕЦИФИЧНИ ИЗИСКВАНИЯ ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ЦИКЛОТРОНИ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА РАДИОФАРМАЦЕВТИЦИ	27
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	31
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	38
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	42



1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

ЦЕЛ

1.1 Ръководството е предназначено за юридически и физически лица, които извършват дейности по използването на ускорители на заредени частици (*нататък "ускорители"*) за стопански, медицински, научни цели или за осъществяване на контролни функции. В него са представени детайлно и систематично приложимите изисквания и специфичните мерки за радиационна защита при избор на площадка, проектиране, строителство, въвеждане в експлоатация и експлоатация на обекти с ускорители.

1.2 Ръководството дава указания и разяснения за реда, подхода и начина за адекватно прилагане на нормативните изисквания за радиационна защита при експлоатацията на ускорители.

1.3 Целта е да се подпомогнат заинтересованите лица и да се улесни тяхната работа в процеса по лицензиране на дейности с ускорители и при осигуряване на радиационна защита в обекти с ускорители.

ОБХВАТ

1.4 Ръководството съдържа:

- изисквания и указания за обосновка на радиационната защита и проектиране на лъчезащитни съоръжения в обекти с ускорители;
- ред за извършване на предварителни изпитвания и въвеждане в експлоатация на обекти с ускорители;
- общи изисквания и указания за прилагане на мерки за радиационна защита при използването на линейни и циклични ускорители (стационарни или мобилни);
- специфични изисквания за радиационна защита и безопасно използване на линейни ускорители за лъчетерапия и циклотрони за производство на радиофармацевтици;
- класификация на ускорителите, основни сведения за тях и за възможните вредни фактори на въздействие при експлоатацията им (**Приложение 1**).

1.5 При определяне на вида, обхвата и мащаба на техническите и организационните мерки за радиационна защита се прилага степенуван подход, отчитайки спецификата, предназначението и характеристиките на ускорителите, степента на радиационния риск и сложността на дейностите при експлоатацията на ускорители. Целта е да се предотврати и ограничи облъчването на лица от персонала и населението при използването на ускорители, респективно да се минимизират дозите от външно и вътрешно облъчване, в съответствие с принципите и нормите за радиационна защита.

2. ОТГОВОРНОСТИ И ЗАДЪЛЖЕНИЯ

2.1 Лицата, които използват ускорители, както и лицата, които извършват строителство, монтаж и предварителни изпитвания на ускорители или измервания, ремонтни и други работи, свързани с експлоатацията на ускорители, трябва да притежават съответни лицензии и разрешения за тези дейности, издадени съгласно



РЪКОВОДСТВО **за радиационна защита при дейности по използването** **на ускорители на заредени частици**

ЗБИЯЕ и по реда на Наредбата за реда за издаване на лицензии и разрешения за безопасно използване на ядрената енергия (НРИЛРБИЯЕ).

2.2 Всяко лице което притежава лицензия за използване на ускорител, носи отговорността за осигуряване на радиационна защита в съответния обект и е длъжно да осигури:

- спазване на условията на издадената лицензия;
- рационална организация на работата и контрол по прилагане на вътрешните правила и процедури за радиационна защита;
- радиационен контрол в помещенията и на работните места в обекта и на неговата площадка;
- индивидуален дозиметричен контрол на персонала и информиране за получените дози от външно и вътрешно облъчване;
- зонироване на територията и класифициране на помещенията и работните места, отчитайки степента на радиационния риск;
- поддържане на система за водене и съхраняване на необходимата документация, свързана с радиационната защита;
- техническо обслужване и поддръжка на ускорителя и на системите и оборудването, осигуряващи радиационна защита;
- своевременно уведомяване на АЯР и специализираните контролни органи при авария или инцидент, поддържане на аварийна готовност за реагиране при извънредни събития;
- информиране на АЯР и специализираните контролни органи за състоянието на радиационната защита и резултатите от радиационния мониторинг в обекта;
- подбор на квалифициран и правоспособен персонал, първоначално и поддържащо специализирано обучение на персонала, предварителни и периодични медицински прегледи на персонала;
- минимизиране, отчет и контрол на радиоактивните отпадъци, генерирани при експлоатацията на ускорителя;
- физическа защита и контрол на достъпа в обекта и до ускорителя;
- здравословни и безопасни условия за работа на персонала (*съгласно Закона за здравословни и безопасни условия на труд*).

2.3 АЯР осъществява превантивен, текущ и последващ контрол за спазване на нормативните изисквания за радиационна защита в обектите с ускорители.

3. ИЗИСКВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА ОБЕКТ С УСКОРИТЕЛ

3.1 Обосновката на радиационната защита (ОРЗ) към проекта на обект с ускорител трябва да съдържа:

- обяснителна записка и обосновка на планираните дейности и технологията за използване на ускорителя.
- анализ на вероятните радиационни въздействия и техния принос към облъчването на персонала и населението, класификация на ускорителя, оценка на очакваните дози за лица от персонала и населението при нормална експлоатация на ускорителя и при възможни аварийни ситуации;



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности по използването на ускорители на заредени частици

- оценка на очакваните количества, активности и радионуклиден състав на генерираните РАО (твърди, течни, газообразни) при експлоатацията на ускорителя.
- описание на методиката, документи и справочна литература, използвани за изчисляване на лъчезащитата (материали, размери, дебелини на предвидените стационарни лъчезащитни прегради, екрани, лабиринти);
- граници на контролираната и надзираваната зона в обекта, категоризация на работните помещения (обслужвани, полуобслужвани и необслужвани помещения, в зависимост от предвиденото време за пребиваване в тях);
- данни за определените контролни точки в обекта (местоположение, отстояние от източниците на лъчение, категории облъчвани лица, заетост), резултати от оценката на радиационните фактори на тези места;
- проектни нива на годишните ефективни и еквивалентни дози за лица от персонала и населението, контролни нива за оценка на ефективността на лъчезащитата в обекта;
- обосновани решения за осигуряване на радиационна защита в съответствие с нормативните изисквания по отношение на вентилация, спецканализация, сигнализации, блокировки и други защитни мерки, предвидени в проекта на съответния обект.

3.2 ОРЗ се изготвя въз основа на техническо задание, предоставено от възложителя (инвеститора), като се отчитат вида и предназначението на ускорителя, начина на използване и режимите на работа, особеностите на площадката за разполагане на ускорителя.

3.3 При проектиране на обект с ускорител и при избор на технология, системи и оборудване, обезпечаващи безопасното използване на ускорителя, трябва да се осигури:

- спазване на нормативните граници на дозите от външно и вътрешно облъчване и оптимизиране на радиационната защита;
- минимизиране на генерираните РАО и тяхното безопасно управление;
- минимизиране на възможните емисии на радиоактивни вещества в околната среда;
- възможност и подходящи условия за пожарогасителни и аварийно-спасителни работи съгласно специалните нормативни изисквания.

3.4 При проектирането трябва да се предвидят технически, организационни и санитарно-хигиенни мерки за радиационна защита и безопасност при техническото обслужване на ускорителя и извършване на ремонтни работи.

3.5 При определяне на дозови квоти и контролни проектни нива се отчитат реалните проектни натоварвания на ускорителя с достатъчен запас на сигурност.

3.6 При проектирането на защита от външно облъчване средногодишната стойност на проектната мощност на ефективната доза в работни помещения на обект с ИЙЛ се определя по формулата:

$$H = D/(k \cdot h),$$

където: **D** е годишната граница на ефективната доза за лица от персонала или населението (**20 mSv** за персонал категория А, **6 mSv** за персонал категория Б и **1 mSv** за лица от населението);

k - коефициент на сигурност (минимални стойности - **k = 2,5** за лица от персонала и **k = 5,0** за лица от населението);



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

h - продължителност на облъчването за една година (броят часове в рамките на една календарна година, през което време определени лица могат да бъдат подложени на външно облъчване при използването на даден ИЙЛ).

3.7 За работни помещения с постоянно пребиваване на персонал категория А максималната проектна средногодишна стойност на мощността на ефективната доза е **5Sv/h** (закръглено при допускане, че **h** = 1700 часа и **k** = 2,5).

3.8 В работните помещения за лица от категория Б максималната проектна средногодишна стойност на мощността на ефективната доза е **1 μSv/h** (при **h** = 2000 часа).

3.9 За работни помещения, където може да пребивава персонал не повече от половината работно време, максималната проектна средногодишна стойност на мощността на ефективната доза е **10 μSv/h** за лица от категория А (при **h** = 850 часа).

3.10 Не се нормира проектната мощност на ефективната доза за необслужвани помещения, в които лица от персонала се допускат кратковременно по специален ред, определен от лицето, което притежава лицензия за използване на ускорител (лицензианта).

3.11 Максималната проектна средногодишна мощност на ефективната доза за лица от населението извън площадката на даден обект с ИЙЛ е **0,025 μSv/h** (закръглено при допускане, че **h** = 8800 часа и **k** = 5,0), което съответства на годишна ефективна доза **200 μSv** (дозова квота за лице, което живее до обекта).

3.12 При определяне на проектната мощност на ефективната доза в случаите, когато се предвижда лица от населението да пребивават епизодично в помещения в надзираваната зона т.е. извън контролираната зона на даден обект (например в лечебни заведения с ИЙЛ), се използват факторите на заетост, дадени в **Приложение 2**.

3.13 Факторите на заетост се обосновават при изготвянето на ОРЗ, ако при изчисляване на лъчезащитата в даден обект с ИЙЛ се използват стойности, различни от дадените в **Приложение 2**.

3.14 Вторичната граница за оперативен контрол на външното облъчване на лица от населението е **0,10 μSv/h** (закръглена стойност на средногодишната мощност на амбиентния дозов еквивалент), която съответства на границата **1 mSv** за годишна ефективна доза за лица от населението.

3.15 Контролните нива за измеряемите оперативни величини в помещенията на обект с ИЙЛ се определят въз основа на дозовите квоти за лица от персонала и лица от населението (максимални проектни стойности на ефективната доза за една година - **8 mSv** за персонал категория А, **2 mSv** за персонал категория Б и **0,2 mSv** за население). Ако при проектирането са приети консервативно коефициенти на сигурност **k** по-големи от 2,5 за персонал или от 5,0 за население, тогава дозовите квоти, респективно контролните нива, се редуцират до по-ниски нива.

3.16 Ефективната доза от външно облъчване се изчислява за избрана представителна геометрия на облъчване. В **Приложение 2** са дадени схематично стандартните "геометрии" при външно облъчване.

3.17 Когато не е определена представителна геометрия на облъчване, при проектиране и изчисляване на лъчезащитата в обект с ИЙЛ се използва геометрия "ISO".

3.18 В **Приложение 2** са дадени и конверсионните коефициенти за преминаване от измеряеми оперативни величини за целите на контрола и планиране на защитата



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности по използването на ускорители на заредени частици

(погълната доза, керма, амбиентен и насочен дозов еквивалент и техните мощности) към величините ефективна доза и еквивалентна доза и техните мощности.

3.19 Помещенията, пряко свързани с експлоатацията на ускорител, се разполагат в единен комплекс, отчитайки технологията на използването му. Броят, видът и размерите на помещенията се определят от предназначението на ускорителя и се съобразяват с изискванията и препоръките на производителя. Лъчезащитата на обект с ускорител и помещенията, в които се разполага ускорителя, се проектира от материали с висока ефективност на отслабване на първичното лъчение и с възможно най-слабо генериране на вторични лъчения. При невъзможност за избягване на вторични лъчения се предвиждат адекватни мерки за отслабването им.

3.20 При използване на многослойни защиты или специални бетони (тежки бетони) се взимат мерки за ограничаване на неутронната активация на техните елементи и за намаляване на неутронния поток.

3.21 За ускорители на заредени частици с енергия над 10 MeV, както и за ускорители с енергия под 10 MeV с частична собствена интегрирана защита, се изискват като минимум следните помещения:

- процедурно помещение (камера) за облъчване със съответните защитни съоръжения, обезпечаващи безопасната работа на ускорителя;
- командно помещение, в което се разполага пулт за дистанционно управление на ускорителя, окомплектован с необходимите сигнализации и контролно-измерителни прибори;
- технологични помещения за спомагателни съоръжения и инсталации, необходими за нормалното функциониране на ускорителя.

3.22 В обекти с ускорители за лъчетерапия и за производство на радиофармацевтици се предвиждат помещения съгласно изискванията на медицинската и фармацевтичната технология и съответните стандарти.

3.23 За обекти с ускорители на заредени частици с енергия над 10 MeV, в които се извършва периодична смяна на активирани части от ускорителя или профилактични и ремонтни дейности в места с нефиксирано повърхностно радиоактивно замърсяване, се предвиждат помещения за манипулация и съхранение на радиоактивни детайли, материали и отпадъци, както и помещения за преобличане, дезактивация, радиационен контрол и съхраняване на средства за индивидуална защита.

3.24 За обекти с ускорители на заредени частици с енергия над 10 MeV се предвиждат канализационни и вентилационни системи, които са съобразени с изхвърлянията (емисиите) на радиоактивни вещества (течности, газове, аерозоли) при нормални и аварийни условия на работа. При проектирането на системи за вентилация и спец-канализация се спазват приложимите за тях изисквания, определени в Наредбата за радиационна защита при дейности с източници на йонизиращи лъчения (НРЗДИЙЛ) и в т. 8 на настоящото ръководство.

3.25 За обекти с циклотрони за производство на радиофармацевтици и обекти с други видове ускорители, предназначени за получаване на радиоактивни изотопи, се предвиждат мерки за радиационна защита съгласно изискванията на НРЗДИЙЛ, отчитайки вида и активността на произвежданите радионуклиди и класа на работа с тях.

3.26 Помещенията за разполагане на тежка стационарна защита, спомагателни системи и оборудване на ускорителя, които изискват усилване на фундамента, се разполагат на партерен или сутеренен етаж.



РЪКОВОДСТВО **за радиационна защита при дейности по използването** **на ускорители на заредени частици**

- 3.27 Всички технологични отвори към помещението на ускорителя (въздуховоди, кабелни проходки и др.) се проектират и изпълняват под подходящ ъгъл, с чупка или като лабиринт, с допълнителни мерки за намаляване на проникващото разсеяно лъчение през тях.
- 3.28 Входът към помещенията на ускорителя се проектира като лабиринт и/или с тежка лъчезащитна врата. Размерите на лабиринта и параметрите на вратата се съобразяват с изискванията за радиационна защита, транспортните размери на основното оборудване, технологичните изисквания при експлоатация, изискванията за поддръжка и действията при аварийни ситуации.
- 3.29 Лъчезащитните мерки по отношение на лабиринти, врати и технологични отвори в помещенията на ускорителя се обосновават в ОРЗ.
- 3.30 Във всеки обект с ускорител трябва да се предвиди система за сигнализация (светлинна и звукова), блокировки при работа на ускорителя и средства за измерване, необходими за безопасната експлоатация на ускорителя.
- 3.31 Наличието и видът на сигнализациите и блокировките, конкретното им изпълнение, условията на задействане и други технически параметри се обосновават в ОРЗ и се отразяват в проекта на съответния обект.
- 3.32 При проектиране на сигнализации, блокировки и средства за измерване в обект с ускорител се отчитат специфичните изисквания по т. 8 на настоящото ръководство.
- 3.33 При необходимост от директно наблюдение за работата на ускорителя в процеса на облъчване трябва да се предвиди подходящо устройство (прозорец с оловно стъкло) и/или телевизионна установка.
- 3.34 По време на строителството на обект с ускорител изменения и допълнения в проекта, които се отнасят до радиационната защита, се извършват след консултиране с квалифициран експерт по радиационна защита и лицето, изготвило ОРЗ.
- 3.35 При проектиране на обекти с медицински линейни ускорители за лъчетерапия и обекти с циклотрони за производство на радиофармацевтици се отчитат специфичните изисквания, посочени в т. 9 и т. 10 на настоящото ръководство.

4. МОНТАЖ, ПРЕДВАРИТЕЛНИ ИЗПИТВАНИЯ И **ВЪВЕЖДАНЕ В ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА ОБЕКТ С УСКОРИТЕЛ**

- 4.1 Монтаж и предварителни изпитвания в обект с ускорител се извършват след издаване на разрешение от АЯР по чл. 15, ал. 4, т. 9 на ЗБИЯЕ и чл. 78 от Наредбата за реда за издаване на лицензии и разрешения за безопасно използване на ядрената енергия. Заявителят може да наема външни лица за извършване на монтаж и предварителни изпитвания, които притежават лицензия по чл. 15, ал. 3, т. 4 на ЗБИЯЕ.
- 4.2 Квалификацията на лицата, които извършват монтаж и предварителни изпитвания на ускорител, трябва да бъде потвърдена писмено от производителя/доставчика на ускорителя. При допускане на външни лица за монтаж и предварителни изпитвания на ускорител се спазват изискванията и мерките за радиационна защита съгласно глава седма на Наредбата за основни норми за радиационна защита (НОНРЗ).
- 4.3 Монтаж на ускорител и спомагателно технологично оборудване, необходимо за нормалното функциониране и безопасно използване на ускорителя, се извършва в



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности по използването на ускорители на заредени частици

съответствие с проектната документация и разрешението по т. 4.1, съблюдавайки указанията и препоръките на производителя/доставчика на ускорителя.

4.4 Предварителни изпитвания (пускови операции) на ускорител се извършват поетапно за извеждане до номинални параметри, което включва провеждане на тестове за функционална и технологична годност, измерване на работни параметри, проверка за съответствие на ускорителя и спомагателното технологично оборудване, включително на лъчезащитата, с проектните характеристики при различни режими на работа на ускорителя.

4.5 Предварителните изпитвания се изпълняват по програма за първоначален пуск на ускорител в даден обект, която включва мерки за радиационна защита и която се представя в АЯР заедно със заявлението за издаване на разрешение за строителство на обект с ускорител, монтаж и предварителни изпитвания.

4.6 Предварителните изпитвания по т. 4.4 се провеждат при напълно изградени и функциониращи съоръжения и оборудване за радиационна защита и безопасна експлоатация на ускорителя, предвидени в проекта и ОРЗ (вентилация, канализация, средства за измерване, сигнализации, блокировки). Работоспособността на тези съоръжения и оборудване се документира с протоколи от проведени предварителни изпитвания на всяко едно от тях.

4.7 По време на предварителните изпитвания се документират технологичните и радиационните параметри на ускорителя и спомагателните системи. При установени отклонения от нормалните стойности при зададен режим на работа на ускорителя изпитванията се прекратяват до изясняване и отстраняване на причините за това и се уведомява председателя на АЯР.

4.8 Измервания за оценка на ефективността и обследване на лъчезащитата и измервания на радиационните фактори на работната среда в обект с ускорител се извършват по отделна програма, която е част от програмата за първоначален пуск на ускорителя и която определя контролните точки и радиационните параметри, подлежащи на измерване, както и използваните методи и средства за измерване, съобразени с характеристиките и особеностите на ускорителя.

4.9 Измерванията трябва да обхващат всички режими на работа на ускорителя при максимални работни параметри на ускорителя. Предвидените средства за измерване трябва да са преминали метрологична проверка.

4.10 Измерванията по т. 4.8 могат да се извършват от:

- лица, които са лицензирани за такава дейност и са посочени в разрешението, издадено от АЯР за строителство на обект с ускорител, монтаж и предварителни изпитвания;
- служители на НЦРРЗ или РЗИ с отдел “Радиационен контрол”;
- акредитирани лаборатории за радиационни измервания и квалифицирани експерти по радиационна защита.

4.11 Данните от измерванията по т. 4.8 се анализират и сравняват с проектните и контролните стойности на радиационните параметри, зададени в проекта и ОРЗ на съответния обект с ускорител.

4.12 При анализа и оценката на резултатите от измерванията се отчита:

- енергийният спектър на йонизиращите лъчения и чувствителността на измерваните средства за измерване;
- вероятните геометрии на облъчване;



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности по използването на ускорители на заредени частици

- съответствието на измерените величини с нормативните изисквания и със заложените контролни нива в ОРЗ;
- конверсионните коефициенти за различните радиационни величини.

4.13 При установени отклонения се изясняват причините и се предприемат коригиращи мерки, като се уведомява АЯР. В тези случаи се провеждат консултации с квалифицирани експерти по радиационна защита. След изпълнение на коригиращите мерки се извършват повторни измервания в съответния обект.

4.14 При първоначален пуск на ускорител извеждането на работен сноп от него се извършва поетапно, като се започва с минимални стойности на параметрите в режим на излъчване (ток на ускорителя, плътност на потока енергия, мощност на дозата от генерираното лъчение) и се достига до номинални работни параметри, увеличавайки постепенно стойностите им до горната граница на диапазона за всеки вид лъчение при различни енергии на генерираното лъчение.

4.15 На всеки етап в процеса на увеличаване на параметрите се измерват нивата на йонизиращите лъчения по външните повърхности на лъчезащитата на ускорителя и помещенията в контролираната и надзираваната зона в обекта, като се определят и уточняват участъците с повишена радиационна опасност.

4.16 След като се достигнат проектните номинални параметри и ускорителят се изведе в стабилен работен режим, се сменя разпределението на полето на излъчване в помещението на ускорителя и в помещенията, свързани с неговата експлоатация.

4.17 При измерване на нивата на излъчване от ускорителя специално внимание се отделя на местата, където преминават технологични канали през лъчезащитата в обекта (отвори за кабели, въздуховоди, тръбопроводи). Следва да се отчита възможността за разфокусиране на работния сноп и да се предвидят мерки за защита при такъв случай.

4.18 Пусковите операции при поетапно извеждане на ускорител до номинален режим на работа се извършва съгласно програмата по т. 4.4.

4.19 Персоналът, който изпълнява пусковите операции, трябва да е преминал специално обучение и инструктаж и да бъде осигурен с индивидуални дозиметри за оперативен и системен контрол на облъчването.

4.20 Пусковите операции може да се извършват от персонала на съответния обект или от външен персонал, който отговаря на изискванията на ЗБИЯЕ и Наредбата за основните норми за радиационна защита.

4.21 Пусковите операции на ускорител от втора група се извършват под пряк контрол на отговорника по радиационна защита в обекта и представител на производителя/доставчика на ускорителя.

4.22 След приключване на монтажа и предварителните изпитвания титулярят на разрешението за строителство на обект с ускорител, монтаж и предварителни изпитвания, е длъжен да представи в АЯР доклад с резултатите от изпитванията по т. 6.4 и от измерванията по т. 4.8.

4.23 Предварителни приемни изпитвания на ускорител за медицински цели се извършва по методика на производителя и със средства за измерване по спецификация на производителя (или еквивалентни на тях).

4.24 След предварителното приемно изпитване се провежда пусково изпитване на медицинския ускорител с цел да се провери съответствието с физико-техническите изисквания, определени в таблица 20 от приложение № 10 на Наредба № 30 от 2010 г. за условията и реда за осигуряване защита на лицата при медицинско облъчване и да се



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности по използването на ускорители на заредени частици

получат базови стойности на физико-техническите параметри, необходими за сравняване с резултатите от последващите периодични изпитвания на ускорителя.

4.25 Пусковите изпитвания на медицински ускорител за лъчетерапия се осигуряват от ръководителя на лечебното заведение в присъствие на лицето, извършило монтажа, и се извършват от медицински физик-експерт.

4.26 Приемането на медицински ускорител и подписването на приемно-предавателен протокол между ръководителя на лечебното заведение и доставчика се извършват при установено изпълнение на физико-техническите изисквания съгласно таблица 20 от приложение № 10 на Наредба № 30 от 2010 г. за условията и реда за осигуряване защита на лицата при медицинско облъчване.

4.27 Лицето, което ще използва ускорител в новоизграден обект, уведомява писмено председателя на АЯР за завършилите предварителни и пускови изпитвания и заявява готовността за въвеждане в експлоатация на обекта, в съответствие с чл. 58, ал. 2 на ЗБИЯЕ и чл. 76 от НРИЛРБИЯЕ. Заявителят представя в АЯР копие от разрешението за ползване на завършения като строеж обект, издадено от Дирекция за национален строителен контрол съгласно Закона за устройство на територията.

4.28 Председателят на АЯР назначава комисия за проверка на готовността на обекта за въвеждане в експлоатация и за установяване на съответствието на обекта с нормативните изисквания за радиационна защита.

4.29 Съставът на комисията по т. 4.28 е от инспектори от АЯР. В комисията могат да се включат представители на органите на държавния здравно-радиационен контрол (НЦРРЗ или РЗИ с отдел "Радиационен контрол") и други специализиран контролни органи..

4.30 При включване на представител на органите на държавния здравен контрол същият извършва измервания за оценка на радиационните характеристики на работната среда в проверявания обект с ускорител. Резултатите от измерванията и становището му за съответствие със здравните норми и нормативните изисквания за радиационна защита са неразделна част от констативния протокол, който се изготвя от комисията след завършване на проверката за готовност на обекта за въвеждане в експлоатация.

4.31 Положителното заключение на комисията по т. 4.29 относно готовността на обекта за въвеждане в експлоатация се отразява в констативния протокол на комисията, което е основание за издаване на лицензия от председателя на АЯР за използването на ускорителя в съответния обект.

4.32 Дейността по използването на даден ускорител в завършен като строеж нов обект не може започне докато не бъде издадена лицензия от председателя на АЯР по чл. 15, ал. 3, т. 2 на ЗБИЯЕ.

4.33 Лицензия за използване на ускорител се издава от председателя на АЯР след въвеждането в експлоатация на съответния обект съгласно чл. 58, ал. 2 на ЗБИЯЕ и чл. 76 на НРИЛРБИЯЕ. Необходимите документи за издаване на лицензия са определени в чл. 75 на НРИЛРБИЯЕ.

4.34 Използването на ускорител в нов обект може започне след връчване на съответната лицензия по установения законов ред.



5. РАДИАЦИОННА ЗАЩИТА ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯТА НА ОБЕКТ С УСКОРИТЕЛ

5.1 Всяко лице, което притежава лицензия за използване на ускорител (лицензиант), е длъжно да поддържа и да актуализира следната документация:

- Инструкция за експлоатация на ускорителя, която определя специфичните изисквания и реда за използване, пускане, спиране, техническо обслужване, изпитвания и ремонт, отчитайки препоръките на производителя за безопасната експлоатация на съответния ускорител;
- Инструкция за радиационна защита със съдържание и във форма съгласно приложение № 9 на Наредбата за радиационна защита при дейности с ИЙЛ;
- Аварийен план със съдържание и във форма съгласно приложение № 10 на Наредбата за радиационна защита при дейности с ИЙЛ;
- Програма за радиационен контрол на работната среда и за индивидуален дозиметричен контрол на персонала;
- Заповеди, определящи персонал, професионално зает в дейността с ускорител, и отговорни лица за радиационна защита в обекта
- Други вътрешни документи, определящи организацията на работа, задълженията и отговорностите на персонала от категория А и Б, реда за провеждане на инструктажи и за проверка на знанията по радиационна защита, отговорните лица по радиационна защита, за уведомяване при извънредни събития и за водене на отчет и контрол на ИЙЛ и РАО.

5.2 Отговорните лица за радиационна защита трябва да притежават удостоверения за правоспособност за втора квалификационна група и да преминават поддържащо специализирано обучение.

5.3 Лицата, които са персонал категория А, трябва да имат положително медицинско заключение “годен” за работа в среда на йонизиращи лъчения и да притежават удостоверения за правоспособност.

5.4 Всеки лицензиант е длъжен да осигури безопасното използване и техническата поддръжка на ускорителя в съответствие с условията на лицензията, издадена от АЯР, и да контролира спазването на нормативните изисквания и вътрешните правила за радиационна защита в обекта.

5.5 Всяко лице от персонала, което установи нарушение или отклонение от изискванията за радиационна защита, е длъжно да предприеме необходимите действия в рамките на своите служебни задължения и да уведоми ръководителя на обекта или отговорника по радиационна защита.

5.6 Лицензиантите се консултират с квалифицирани експерти по радиационна защита и възлагат експертизи по въпроси, свързани с:

- ефективността, функционирането и използването на системи и лъчезащитни и технически средства, които обезпечават радиационната защита при експлоатацията на ускорители.
- промени в предназначението на помещения в контролираната зона и надзираваната зона и определяне на техните граници;
- изменения на проектни стационарни защитни прегради и реконструкции на системи и съоръжения, свързани с радиационната защита в обектите.



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности по използването на ускорители на заредени частици

5.7 Забранява се използването на ускорител при възникване на неизправности и дефекти или при отказ, неработоспособност и неправилно функциониране на системи, важни за безопасността, като:

- система за автоматично управление и контрол на работата на ускорителя;
- система за електрозахранване;
- система за радиационен контрол на работната среда;
- система за сигнализации и блокировки;
- система за вентилация;
- система за пожарна безопасност.

5.8 Неизправностите и отказите, които налагат незабавно спиране на ускорителя до тяхното отстраняване, се посочват в инструкцията за експлоатация на ускорителя.

5.9 Помещенията в контролираната зона на обект с ускорител се обозначават със знаци за радиационна опасност, предупредителни надписи и надписи за предназначението на всяко едно помещение и неговата категория (обслужвано, полуобслужвано, необслужвано). Достъпът в помещения и места с повишена радиационна опасност се ограничава и осъществява по специален ред, определен от лицензианта.

5.10 В помещенията на контролираната зона се забранява извършването на работи, които не са пряко свързани с използването на ускорителя и техническото му обслужване. Допускането на лица в контролираната зона се извършва съгласно вътрешните правила на обекта.

5.11 При използване на мобилни ускорители на временна площадка се обособяват, ограждат и маркират защитна зона и контролирана зона с размери, определени в инструкцията за радиационна защита. В тези зони се допускат само лица от персонала, които работят с даден мобилен ускорител, а престоят на външни лица в тях е забранен при работа на ускорителя.

5.12 Извеждането на работен сноп от мобилен ускорител на временна площадка се сигнализира с дублирана светлинна и звукова сигнализация, като насочването на прекия сноп трябва да бъде по посока, където няма хора. При работа на ускорителя се ограничава до възможния минимум времето за пребиваване на лица от персонала в близост до него и се осигуряват допълнително защитни екрани според случая.

5.13 При работа на временни площадки се осигурява физическа защита на мобилните ускорители.

5.14 Системата за контрол на достъпа в обект с ускорител трябва да бъде изградена така, че да не се допуска:

- влизане на лица без право на достъп в контролираната зона.
- влизане на лица без право на достъп до командния пулт на ускорителя.
- включване на ускорителя в работа от неоправомощени лица.
- достъп до места, забранени за хора по време на работа на ускорителя - помещения (камера) за облъчване, съседни технологични и други помещения, посочени в инструкцията за експлоатация на ускорителя и инструкцията за радиационна защита.

5.15 Технологичните и радиационните параметри на ускорителите се контролират непрекъснато по време на работа. При отклонение от зададения работен режим ускорителят се спира до възстановяване на нормалните му параметри съгласно инструкцията за експлоатация.



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности по използването на ускорители на заредени частици

5.16 При провеждане на лъчетерапия с ускорител ръководителят на лечебното заведение осигурява медицински физик-експерт в областта на лъчелечението, който пряко участва в лечебния процес.

5.17 Медицинският физик-експерт:

- съветва ръководителя на лечебното заведение по въпросите на радиационната защита на пациента и персонала;
- отговаря за клиничната дозиметрия, дозиметричното планиране и проверката на лъчелечебния план в лъчелечението;
- участва в оптимизацията на медицинските радиологични процедури съвместно с лекаря, който провежда облъчването;
- отговаря за калибрирането и метрологичния контрол на средствата за измерване;
- участва в оценката на аварийни ситуации и други непланирани събития, свързани с лъчелечението.

5.18 Медицинският физик-експерт може да възлага на медицински физици изпълнението на тези дейности в лечебните заведения.

5.19 При използване на ускорители за медицински цели се спазват специфичните изисквания, посочени в т. 9 на настоящото ръководство, както и специфичните изисквания при лъчетерапия, определени в подзаконовни нормативни актове по Закона за здравето и Закона за лечебните заведения.

5.20 При използване на циклотрони за производство на позитронни емитери за нуклеарната медицина се спазват специфичните изисквания, посочени в т. 10 на настоящото ръководство, както и специфичните изисквания, определени в подзаконовни нормативни актове по Закона за лекарствени продукти в хуманната медицина.

5.21 Ремонт и техническа поддръжка на ускорител се извършва от правоспособни лица с необходимата квалификация и техническа екипировка, което се потвърждава с документ от производителя на ускорителя.

5.22 Планови ремонти на ускорител се извършват по програма с мерки за радиационна защита, изготвена от лицензианта.

5.23 Ремонт на ускорител и системите, осигуряващи неговото функциониране, както и ремонтни дейности в помещението (камерата) за облъчване и съседните технологични помещения, се извършва, когато ускорителя не неработи.

5.24 След всеки планов или извънреден ремонт на ускорител или технологично оборудване, който може да повлияе върху радиационните характеристики на ускорителя или лъчезащитата, се провеждат измервания както при първоначален пуск.

5.25 Последващи периодични изпитвания на медицински ускорител за лъчетерапия се провеждат по програма за контрол на качеството, съставена от медицински физик-експерт. Стойностите на физико-техническите параметри, получени при периодичните изпитвания, се сравняват с базовите стойности от пусковите изпитвания.

5.26 Извънпланово изпитване на медицински ускорител се провежда след:

- ремонти и подмяна на елементи на ускорителя, които пряко влияят върху режима на работа или върху радиационната защита;
- при установени технически неизправности или проблеми при работа с ускорителя;
- когато ускорителя не е използван повече от 6 месеца.



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

5.27 При установени отклонения на параметрите на медицински ускорител от границите за нормална работа, посочени в таблица 20 от приложение № 10 на Наредба № 30 от 2005 г. за условията и реда за осигуряване защита на лицата при медицинско облъчване, лицето, което е провело измерването, издава протокол с писмено заключение за отстраняване на отклоненията в срок до 3 месеца.

5.28 След привеждане на параметрите на ускорителя в допустимите граници ръководителят на лечебното заведение осигурява повторно изпитване за проверка на съответствието с изискванията на таблица 20 от приложение № 10 на Наредба № 30 от 2005 г. за условията и реда за осигуряване защита на лицата при медицинско облъчване.

5.29 Ръководителят на лечебно заведение с ускорител за лъчетерапия организира техническа поддръжка и ремонт на ускорителя от лица, които имат съответната квалификация и техническа екипировка, а в случай, че не са в трудовоправни отношения с лечебното заведение, те трябва да притежават лицензия за извършване на тази дейност съгласно ЗБИЯЕ.

5.30 Извеждане на експлоатация на обект с ускорител се извършва по искане на лицензианта. Разрешение за извеждане от експлоатация на обект с ускорител се издава от АЯР въз основа на план за извеждане от експлоатация, утвърден от заявителя, в който са предвидени мерки за безопасност за всеки един етап в процеса по извеждане от експлоатация.

6. ВЕНТИЛАЦИЯ, КАНАЛИЗАЦИЯ, БЛОКИРОВКИ, СИГНАЛИЗАЦИИ И СРЕДСТВА ЗА ИЗМЕРВАНЕ В ОБЕКТИ С УСКОРИТЕЛИ

6.1 Работните помещения в обект с ускорител се вентилират принудително за осигуряване на безопасна работна среда по отношение продуктите на активация и радиолизата на въздуха и отделените при работа на ускорителя токсични вещества.

6.2 При проектирането на вентилационни съоръжения в обект с ускорител се отчитат:

- изискванията на НОНРЗ по отношение средногодишните обемни активности на радиоактивни вещества във въздуха на работните помещения и на открито;
- специфичните изисквания за микроклимат и чистота на въздуха в работните помещения;
- химичните и физичните свойства на радиоактивните продукти във въздуха на помещенията.

6.3 При определяне на кратността на въздухообмен в работните помещения се отчита натрупването на радиоактивни газове и аерозоли и други вредни газове и токсични вещества (озон, азотни окиси и др.), които се получават при експлоатацията на ускорители.

6.4 Изходящите въздушни потоци от работните помещения на обект с ускорител се пречистват чрез подходящи филтри, съобразени с химичната форма, вида и радиационните характеристики на газообразните радиоактивни вещества в помещенията.



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

- 6.5 Ако се очаква натрупване на значителна активност в почистващите филтри на изсмукващата вентилация, се осигурява защита от външно облъчване, дължащо се на натрупаните радиоактивни вещества във филтрите.
- 6.6 Ако натрупаните радионуклиди в почистващите филтри на изсмукващата вентилация са дългоживеещи, се предвиждат отделни работни помещения за безопасно съхраняване, дезактивиране и манипулация с тези филтри.
- 6.7 Отворите на вентилацията, която изсмуква въздух от работните помещения на ускорителя, се правят на около 50 cm над нивото на пода, а отворите на приточната вентилация - на около 50 cm под нивото на тавана.
- 6.8 При мощни работни снопове на ускорителя вентилацията трябва да предвижда допълнително локално изсмукване на вредните газообразни вещества от зоната на снопа.
- 6.9 Изсмукващата вентилация в обекти с ускорители трябва да осигурява подналягане в помещенията с очаквани високи концентрации на вредни газообразни вещества. Преходът от едно към друго помещение с различно налягане се извършва през въздушни шлюзове.
- 6.10 При спиране на ускорителя вентилацията трябва да осигури снижаване на обемната активност на въздуха в помещението на ускорителя до допустими нива за относително кратко време. Времето на изчакване и допустимите обемни активности и/или мощности на дозата преди влизане в помещението на ускорителя се определят в ОРЗ.
- 6.11 В **Приложение 3** са дадени препоръчителни стойности за времето на изчакване преди да се влезе в помещението на ускорител след спиране.
- 6.12 Вентилацията на ускорителния комплекс, вентилацията на зоните за работа с радиоактивни вещества и вентилацията на чистите зони в даден обект се изпълняват разделно и независимо една от друга.
- 6.13 Вентилацията на ускорителния комплекс трябва да има резервно захранване и резервни вентилатори с капацитет не по-малко от 1/3 от този на основните вентилатори и система за автоматичното им включване при отпадането на основен вентилатор. Това изискване не се отнася за линейни ускорители за лъчетерапия до 18 MV.
- 6.14 Резервната вентилация се използва само за завършване на започнат цикъл на облъчване.
- 6.15 Изпитвания на вентилацията за контрол на проектните технически характеристики се извършват от лица, които са акредитирани за тази дейност. Протоколът от първоначалното изпитване на вентилацията се представя на комисията за въвеждане в експлоатация на обект с ускорител.
- 6.16 Пуск и предварителни изпитвания на ускорител се извършват при работеща и изпитана вентилация в съответния обект.
- 6.17 Канализацията на обект с ускорител (спец-канализацията) се проектира съобразно с очакваните изхвърляния на течни радиоактивни вещества при нормална експлоатация и в случай на авария, отчитайки:
- вида и количеството на произвеждания радиоактивен продукт в обекта;
 - активацията на охлаждащи и други флуиди при работа на ускорителя;
- 6.18 При очаквани изхвърляния на течни радиоактивни отпадъци от обект с ускорител спец-канализацията се проектира разделно от общата канализация на обекта,



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности по използването на ускорители на заредени частици

при което трябва да се предвиди достатъчен събирателен обем (резервоар-отстойник) за сливане и отлежаване на радиоактивно замърсените отпадъчни води, когато това е необходимо.

6.19 Начинът на третиране на течните радиоактивни отпадъци се определя в зависимост от активността, радионуклидният състав и периода на полуразпадане на съдържащите се в тях радиоактивни вещества.

6.20 Спец-канализацията се проектира и изпълнява така, че да позволява контрол на активността и количеството на постъпващите течни радиоактивни отпадъци. Конструктивните решения на спец-канализацията трябва да предотвратят изхвърляне в общата канализация на радиоактивни вещества с активности и специфични активности над нивата, определени в НОНРЗ.

6.21 В обектите с ускорители се предвижда и поддържа система за сигнализация, която да предупреждава лица от персонала и населението за събития и състояния при работещ ускорител с цел да се предотвратят евентуални радиационни инциденти. Сигнализацията може да се осъществява със светофарни уредби, мигащи лампи, звукови сигнали, светещи надписи или по друг начин според естеството на сигнализираното събитие или състояние при работа на ускорителя.

6.22 Предупредителни сигнализации се предвиждат за следните случаи:

- наличие на човек в помещението за облъчване или в други технологични помещения, в които не се предвижда престой на хора при работа на ускорителя;
- отворена/затворена врата към помещението за облъчване;
- режим "облъчване" при работа на ускорителя;
- превишаване на зададени прагови нива на мощността на дозата от гама лъчение и от неутронно лъчение в помещението на ускорителя;
- изхвърляне на радиоактивни вещества през вентилационните системи над допустимите нива;
- неработещи вентилатори от изсмукващата вентилация, нарушена пропускателна или пречиствателна способност на почистващите филтри;
- превишаване на зададен праг на радиационен параметър в помещения за постоянно или периодично пребиваване на персонал;
- изхвърляне на радиоактивни вещества от спец-канализацията над допустимите нива;
- други събития и състояния, касаещи радиационната защита и безопасността в обекта, които са предвидени в проекта или са препоръчани от компетентен орган.

6.23 Системата за сигнализации по т. 6.21 се осигурява с аварийно електрическо захранване.

6.24 В конструкцията на ускорителя и управляващите го системи се предвиждат блокировки, изключващи работата на ускорителя или елементи от него, при настъпване на събития, които могат да доведат до нерегламентирано облъчване на хора и/или изхвърляне на радиоактивни вещества в околната среда.

6.25 Системата за блокировки на ускорителя трябва да отговаря на следните изисквания:

- включването на ускорителя да бъде възможно след изпълнение на процедура, изключваща нерегламентираното наличие на хора в помещението за облъчване;



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности по използването на ускорители на заредени частици

- извеждането на работен сноп от ускорителя при отворен подход към помещението за облъчване да бъде невъзможно;
- работният сноп от ускорителя да се спира автоматично при отваряне на подход към помещението за облъчване;
- работата на ускорителя при отказ или дефект на спомагателно технологично оборудване, важно за неговото безопасно и нормално функциониране, да бъде невъзможна, като повторното включване на ускорителя да бъде възможно само след отстраняване на възникналия дефект или отказ при спазване на процедура по отблокиране на пусковото устройство на ускорителя;
- включването на ускорителя в работа при липса или неправилно поставен защитен елемент от неговата защита да бъде невъзможно.

6.26 В управляващите системи на ускорителя трябва да се предвиди възможност за бързо ръчно изключване на работния сноп - аварийни стоп бутони, разположени на подходящи достъпни места в обекта.

6.27 Ускорители, при които облъчваните материали се подават автоматично (конвейерна система, лифт или др.), трябва да имат блокировка, предотвратяваща инцидентно попадане на хора в помещението (камерата) за облъчване през подаващата система

6.28 Изправността на системата за блокировки в обект с ускорител се проверява минимум веднъж месечно съгласно инструкцията за експлоатация на ускорителя. Блокировката на вратата се проверява ежедневно.

6.29 Всички констирани дефекти и откази и извършените ремонтни работи по системата за блокировки се регистрират в дневника за техническо обслужване на ускорителя.

6.30 Категорично се забранява нерегламентирано извеждане от работа (шунтиране) на датчици, от които постъпват първични сигнали за задействане на предвидените блокировки и сигнализации в обект с ускорител.

6.31 Във всеки обект с ускорител да се предвидят и осигурят подходящи средства за измерване на радиационни параметри, необходими за контрол на очакваните радиационни фактори на въздействие в контролираната и надзираваната зона на обекта.

6.32 Видовете, броя и техническите характеристики на средствата за измерване и местата (контролните точки) за мониторинг се определят при проектирането на обекта и се обосновават в ОРЗ.

6.33 Средствата за измерване на йонизиращи лъчения (дозиметрична и радиометрична апаратура - стационарна, мобилна, преносима) подлежат на метрологичен контрол съгласно Закона за измерванията.

6.34 Стационарните средства за радиационен контрол (детектори, индикатори, монитори, регистриращи устройства) се разполагат на предвидените по проект места и помещения в обекта.

6.35 Стационарната система за радиационен контрол се свързва със системата за сигнализации при превишаване на предварително зададени прагови стойности на контролираните радиационни величини.

6.36 Стационарната система за радиационен контрол трябва да осигурява автоматизирано архивиране на измерените стойности за определен период от време.



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

6.37 Стационарната система за радиационен контрол подлежи на периодични проверки и настройки по утвърдена методика. Периодичността се определя от вида на контролираните радиационни параметри и конструктивните особености на системата, но не трябва да е по-малка от веднъж годишно.

6.38 Във всеки обект с ускорител трябва да се поддържа комплект от преносима радиометрична и дозиметрична апаратура за измервания в контролираната и надзираваната зона на обекта. Преносимата апаратура се използва за целите на Програмата за радиационен мониторинг на параметрите на работната и околната среда в обекта (виж т. 5) и за осигуряване на дозиметричен контрол при работа в аварийни условия.

6.39 Преносимата апаратура подлежи ежегодно на метрологична проверка.

6.40 Индикаторите (стационарни и преносими), които са част от системата за радиационен контрол в обект с ускорител, подлежат на вътрешна периодична проверка и настройка по утвърдена методика. Периодичността се определя от вида и особеностите на стационарните и преносимите индикатори, но не трябва да е по-малка от два пъти годишно, като се проверява задължително:

- обща функционална годност на индикаторите;
- съответствие на праговете на сработване с предварително зададените стойности на контролираните величини;
- сработване на сигнализацията при превишаване на зададените прагове.

7. РАДИАЦИОНЕН КОНТРОЛ В ОБЕКТИ С УСКОРИТЕЛИ И ИНДИВИДУАЛЕН ДОЗИМЕТРИЧЕН КОНТРОЛ НА ПЕРСОНАЛА

7.1 Периодичността и обхвата на контрола на радиационните характеристики на работната и околната среда в обекти с ускорители се определя въз основа на проектната документация и ОРЗ, отчитайки спецификата на разрешените дейности, възможните радиационни фактори на въздействие и дадените препоръки от АЯР и НЦРРЗ. Радиационният контрол се извършва по програма за радиационен контрол.

7.2 Програмите за радиационен контрол в обекти с ускорители се съгласуват с органите на държавния здравен контрол (НЦРРЗ, РЗИ с отдели “Радиационен контрол”) и АЯР и периодично се актуализират от съответните лицензианти.

7.3 Радиационният контрол може да се извършва от:

- длъжностни лица, определени със заповед на лицензианта за изпълнение на програмата за контрол на радиационните характеристики на работната и околната среда;
- наети лицензианта външни лица, квалифицирани експерти по радиационна защита или лаборатории, оправомощени за тази дейност;

7.4 Тези лица трябва да притежават необходимата квалификация, техническа компетентност и практически опит, както и документи, удостоверяващи тяхната правоспособност и медицинска пригодност за работа в среда на йонизиращи лъчения.

7.5 Програмите за радиационен контрол на характеристиките на работната и околната среда включват:

- описание на точките, в които се извършват измервания или пробовземания;



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности по използването на ускорители на заредени частици

- условията, при които се извършва измерването или пробовземането;
- апаратурата и методиката, по която се извършват измерванията;
- периодичността на измерванията и пробовземанията;
- контролните стойности, определени в ОРЗ, с които се сравняват резултатите от измерванията;
- конверсионни коефициенти за преминаване от измеряемите оперативни величини към ефективна и еквивалентна доза.

7.6 Според вида на ускорителя и очакваните радиационни фактори на въздействие програмата за радиационен контрол на характеристиките на работната среда може да включва измерване на:

- дозови параметри на фотонни полета - керма, погълната доза, амбиентен дозов еквивалент и техните мощности;
- поток и плътност на потока от заредени частици;
- параметри на неутронни полета - поток и плътност на потока, амбиентен дозов еквивалент и неговата мощност, енергийно разпределение;
- обемна активност на радиоактивни газове и аерозоли във въздуха на помещения в контролираната зона и във вентилационните системи и определяне на радионуклиден състав;
- снимаемо и неснимаемо повърхностно радиоактивно замърсяване на помещения, оборудване, средства за индивидуална защита, тялото и облеклото на персонала;
- специфична активност на елементи от ускорителя и обслужващите го системи и определяне на радионуклиден състав.
- мощност на дозата и специфична активност на радиоактивни отпадъци, определяне на радионуклиден състав.

7.7 Според вида на ускорителя и очакваните радиационни фактори на въздействие програмата за радиационен контрол на характеристиките на околната среда може да включва измерване на:

- гама-фона на площадката на обекта и около нея;
- съдържанието на радионуклиди (активност, специфична активност) във отпадъчните води от спец-канализацията;
- съдържанието на радионуклиди (активност, специфична активност) във въздуха, изхвърлян през вентилационните системи;
- специфична активност на почви от площадката на обекта и около нея;
- специфична активност на селскостопанска продукция от места в близост до обекта;
- специфична активност на повърхностни и подпочвени води около обекта.

7.8 Системата за индивидуален дозиметричен контрол на персонала в обекти с ускорители включва:

- оценка на индивидуални ефективни и еквивалентни дози от външно гама, рентгеново, неутронно или друг вид йонизиращо лъчение;
- измерване на повърхностно радиоактивно замърсяване на тяло и на употребявани средства за индивидуална защита;
- определяне на характера, динамиката и нивата на постъпление на радиоактивни вещества в организма за оценка на вътрешното облъчване чрез спектрометрични и радиометрични измервания на инкорпорираната активност в тялото на човек и чрез измерване на биологични проби;



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности по използването на ускорители на заредени частици

- оценка на индивидуални ефективни и еквивалентни дози от вътрешно облъчване;
- анализ, оценка, регистриране и архивиране на получените ефективни и еквивалентни дози от външно и вътрешно облъчване на персонала.

7.9 Всеки лицензиант е длъжен да създаде организация за регистриране и архивиране на резултатите от индивидуалния дозиметричен контрол и да информира лицата от персонала в началото на всяка календарна година за получените от тях дози през предходната година, както и за натрупаната доза през последните 5 години и за целия период на тяхната професионална работа в среда на йонизиращи лъчения.

7.10 Данните от индивидуалния дозиметричен контрол на персонала се попълват в лични дозиметрични карти и радиационни паспорти.

7.11 Доклад за регистрираните дози от външно и вътрешно облъчване на персонала през всяка една година се представя в АЯР от ръководителя на обекта до края на първото тримесечие на следващата календарна година.

7.12 В обекти с ускорители от втора група, когато вторичното неутронно лъчение е значително, се осигуряват подходящи технически средства за контрол на мощността на дозата от неутронно лъчение (и/или на плътността на неутронния поток) в работните помещения, както и индивидуални неутронни дозиметри за контрол на облъчването от неутрони на лица от персонала.

7.13 Индивидуален дозиметричен контрол на облъчването от неутрони се провежда задължително, когато има вероятност годишната ефективна доза от това облъчване да превиши 1 mSv за лица от персонала в даден обект.

7.14 Ако мощността на дозата от йонизиращи лъчения варира в широк диапазон, трябва да се осигурят електронни сигнални дозиметри за всички лица, които работят в условия на повишен радиационен риск.

7.15 За обекти с ускорители индивидуалният дозиметричен контрол се извършва ежемесечно за персонал от категория А, а за категория Б периодичността е веднъж на три месеца.

7.16 За персонала от категория А индивидуалните дози се контролират чрез използване едновременно на два вида дозиметри:

- основен дозиметър за системен контрол (ТЛД, филмов, комбиниран или друг подходящ вид);
- допълнителен сигнален дозиметър за оперативен контрол (електронен, кондензаторен или друг подходящ вид).

7.17 Изискванията за правилно използване и носене на индивидуалните дозиметри от контролираните лица в даден обект се посочват в инструкцията за радиационна защита.

7.18 Индивидуален дозиметричен контрол на работници от външни организации (външен, командирован персонал) се извършва със същите методи и средства, които се прилагат към персонала в даден обект с ускорител.

7.19 Индивидуалните дозиметри за системен контрол на външното облъчване трябва да отговарят на техническите изисквания съгласно приложение № 1 на Наредба № 32 за условията и реда за извършване на индивидуален дозиметричен контрол на лицата, работещи с ИИЛ.

7.20 Критериите за провеждане на индивидуален дозиметричен контрол на вътрешното облъчване са определени в приложение № 4 на Наредба № 32.



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

7.21 Ефективната доза от външно облъчване се определя чрез измерване на оперативната величина $H_p(10)$ /индивидуален дозов еквивалент за силно проникващи фотонни лъчения/ с дозиметър, който се носи на гърдите.

7.22 Еквивалентната доза за кожата и очната леща се определя чрез измерване на оперативната величина $H_p(0,07)$ /индивидуален дозов еквивалент за слабо проникващи фотонни лъчения - повърхностна доза/ с дозиметър, носен на гърдите.

7.23 За уточняване на еквивалентната доза за очната леща се измерва оперативната величина $H_p(3)$ /индивидуален дозов еквивалент за очната леща/ с дозиметър, носен на челото или слепоочието.

7.24 Индивидуалните дозиметри за контрол на външното облъчване подлежат на изпитване и калибриране не по-рядко от веднъж на две години.

7.25 В случаите, когато данните от индивидуалния дозиметричен контрол са недостатъчни за определяне на получените индивидуални дози от персонала, се използват данни от радиационния контрол на работната среда, получени при на експлоатацията на даден ускорител. Оценката на индивидуалните дози в този случай се извършва от квалифициран експерт по радиационна защита.

7.26 В случай на радиационен инцидент или авария в обект с ускорител индивидуалните дозиметри на облъчените лица се изпращат незабавно в съответната акредитирана дозиметрична лаборатория, която контролира този обект.

7.27 Във всеки обект с ускорител се определят контролни нива за радиационните параметри на работната среда и за дозите на облъчване, които като правило са по-ниски от първичните и вторичните граници на дозите, определени в НОНРЗ.

7.28 При надвишаване на установените контролни нива лицензиантът анализира тези случаи и уведомява председателя на АЯР и НЦРРЗ, включително за причините и предприетите коригиращи мерки.

7.29 Данните от радиационния контрол и от индивидуалния дозиметричен контрол се събират, анализират, оценяват и съхраняват от ръководителя на обекта през цялото време на експлоатация на даден ускорител.

7.30 След прекратяване на дейността по използване на даден ускорител съответният обект се извежда от експлоатация с разрешение на АЯР, което се издава по искане на ръководителя на обекта въз основа на чл. 15, ал. 4, т. 10 от ЗБИЯЕ. В разрешението за извеждане от експлоатация на обекта АЯР определя срок и ред за последващо съхраняване и предаване на данните от радиационния и индивидуалния дозиметричен контрол, архивирани по време на експлоатацията на ускорителя.

8. АВАРИЙНО ПЛАНИРАНЕ И АВАРИЙНА ГОТОВНОСТ В ОБЕКТИ С УСКОРИТЕЛИ

8.1 Аварийни ситуации в обект с ускорител могат да възникнат поради следните причини и обстоятелства:

- нарушаване на установените изисквания и правила за радиационна защита и за безопасна експлоатация на ускорителя;
- неправилно функциониране или отказ на конструкции, системи и компоненти на ускорителя, осигуряващи неговата безопасна работа;



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности по използването на ускорители на заредени частици

- неправилно функциониране или отказ на системи, осигуряващи радиационна защита на персонала и безопасни условия за работа в обекта (системи и оборудване за радиационен мониторинг, вентилация, специализация, сигнализационни, блокировки, електрозахранване);
- повреда или дефект на лъчезащитни съоръжения, конструкции и компоненти (собствена защита на ускорителя, стационарна защита на помещенията – бетонен бункер, лабиринти, врати, люкове и други лъчезащитни конструкции и компоненти);
- човешка грешка при управлението на ускорителя или при манипулации с радиоактивни материали;
- пожар, взрив, наводнение, земетресение или друго извънредно събитие.

8.2 Всеки лицензиант е длъжен да разработи аварийен план за реагиране и прилагане на мерки за ограничаване и ликвидиране на последствията при възникване на аварийни ситуации.

8.3 Аварийният план е неразделна част от лицензията, която издава АЯР за използването на даден ускорител, и периодично се актуализира.

8.4 Аварийният план се базира на възможни аварийни сценарии, съобразени със спецификата на обекта, и определя действията и мерките за поддържане на аварийна готовност, за реагиране при възникване на аварийна ситуация и за ограничаване и ликвидиране на последствията от нея.

8.5 Аварийният план на обект с ускорител трябва да съдържа:

- критерии и ред за въвеждане на плана в действие, включително за прекратяване на неговото действие;
- отговорни лица и ред за уведомяване на АЯР, МВР (ПБЗН) и МЗ (НЦПРЗ, РЗИ) при възникнала аварийна ситуация, включително актуалните телефонни номера и адреси за уведомяване;
- предвидените защитни мерки за персонала и действията за ограничаване и ликвидиране на последствията от възникнала аварийна ситуация;
- ред за осигуряване на медицинска помощ и лечение на лица, които са пострадали или са облъчени над допустимите дозови граници от възникнала аварийна ситуация;
- ред за поддържане и контрол на аварийната готовност в обекта;
- ред за разследване, документиране и докладване на възникнали аварийни ситуации в обекта;
- опис на предвидените технически средства за реагиране при аварийни ситуации.

8.6 Всеки ръководител на обект с ускорител (лицензиант) е длъжен да организира периодично обучение и тренировки на персонала по прилагане на аварийния план и процедурите за реагиране при възникнала аварийна ситуация в обекта.

8.7 За целите на аварийното планиране обектите с ускорители се причисляват към **рискова категория III**.

8.8 Зоната за аварийно планиране в обект с ускорител от рискова категория III обхваща като правило помещенията в контролираната и надзираваната зона на обекта и прилежащите до тях терени вътре в границите на площадката на обекта.

8.9 Зоната за аварийно планиране може да обхваща само помещения в контролираната и надзираваната зона в следните случаи:



РЪКОВОДСТВО **за радиационна защита при дейности по използването** **на ускорители на заредени частици**

- ако в обекта се използва медицински линеен ускорител за лъчетерапия;
- ако в обекта се използва ускорител, при който неутронното лъчение и други вторични лъчения, възникващи в резултат на ядрени реакции при работа на ускорителя, както и индуцираната активност (активацията на конструктивни елементи, въздух, лъчезащитни прегради), са пренебрежими от гледна точка на радиационната защита.

8.10 Средства за индивидуална защита на кожата и дихателните органи на персонала, включително средства за дезактивация, трябва да бъдат осигурени в:

- обекти с циклотрони и радиохимични лаборатории за производство на радиофармацевтици;
- обекти с ускорители, в които са предидени работи с радиоактивни вещества и/или които генерират радиоактивни отпадъци (твърди, течни, газообразни) в резултат на ядрени реакции (активация) при експлоатация на ускорителите.

8.11 Използването на индивидуални защитни средства при нормални и аварийни условия на работа в даден обект с ускорител се регламентира в инструкцията за радиационна защита и в аварийния план на обекта.

8.12 При съществени отклонения от нормалния режим на работа на даден ускорител или нарушения на изискванията за безопасна експлоатация, които може да доведат до аварийна ситуация, ръководителят на обекта (лицензиантът) е длъжен да прекрати използването на ускорителя до тяхното отстраняване и да уведомява АЯР за тези случаи.

8.13 При събития, свързани с неправилно функциониране, откази или повреди на конструкции, системи и компоненти, важни за безопасността, както и при констатирани отклонения от нормалната радиационна обстановка, ръководителят на обекта представя доклад в АЯР за тези случаи и за предприетите коригиращи мерки.

8.14 Ръководителят на обекта е длъжен да уведомява незабавно АЯР за всяко аварийно спиране на ускорителя, било от бутон за аварийно изключване или по друга причина.

8.15 Всеки ръководител на обект с ускорител е длъжен да уведомява своевременно АЯР в случай на инцидент, авария или друго извънредно събитие с възможни радиационни последствия, в съответствие с изискванията на Наредбата за условията и реда за уведомяване на АЯР за събития в ядрени съоръжения и обекти с ИЙЛ.

8.16 Всяка аварийна ситуация, възникнала в обект с ускорител, се разследва от съответния лицензиант и се докладва съгласно Наредбата за условията и реда за уведомяване на АЯР за събития в ядрени съоръжения и обекти с ИЙЛ.

9. СПЕЦИФИЧНИ ИЗИСКВАНИЯ ЗА РАДИАЦИОННА ЗАЩИТА ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ЛИНЕЙНИ УСКОРИТЕЛИ ЗА ЛЪЧЕТЕРАПИЯ

9.1 При проектиране и експлоатация на обекти с медицински линейни ускорители за лъчетерапия се спазват специфичните изисквания за радиационна защита и медицинските стандарти при лъчетерапия.



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности по използването на ускорители на заредени частици

9.2 Според предназначението на медицинския ускорител и възприетия метод за лъчетерапия са възможни следните режими на работа:

- облъчване с електрони;
- класическо облъчване с фотони при неподвижни полета (CRT);
- статично и динамично облъчване с интензитетно модулирани полета (IMRT);
- стереотактична лъчева хирургия (SRS);
- целотелесно облъчване (TBI);
- други методи на облъчване.

9.3 При въвеждане на методи на облъчване, различни от разгледаните в първоначалната ОРЗ за даден ускорител, се изготвя нова ОРЗ, съобразена със спецификата на новите методи.

9.4 За посочените в т. 9.2 режими на работа на ускорителя се определя:

- типичната енергия на лъчението и типичната мощност на дозата за съответния режим;
- максимален и среден размер на полето на облъчване;
- среден брой облъчвани пациенти за определен период (дневно, седмично или месечно);
- средна доза за еднократно облъчване на пациент;
- сменност на работа.

9.5 От производителя/доставчика на ускорителя се изисква да предостави следната информация:

- дозови характеристики на лъчевия сноп и възможни посоки на облъчване;
- място на изоцентъра при изоцентрични ускорители и фокусно разстояние за различните режими;
- добив на вредно лъчение от разсейването в ускорителя и неговото пространствено разпределение;
- добив на неутронно лъчение и данни за неговия спектрален състав;
- защитни свойства на най-често използваните защитни материали (бетон, стомана, олово, бориран полиетилен) за всички възможни енергии на лъчението и неговите фракции;
- защитни свойства на допълнителни елементи на ускорителя (например биймстопери).

9.6 За ускорители на частици с енергия до 10 MeV трябва да се отчитат следните видове лъчения при определяне на мерките за радиационна защита:

- пряко фотонно лъчение;
- разсеяно фотонно лъчение от елементите на ускорителя (утечки от главата);
- разсеяно фотонно лъчение от пациента;
- разсеяно фотонно лъчение от стените на процедурното помещение.

9.7 При определяне на мерките за радиационна защита при експлоатация на ускорители на частици с енергия над 10 MeV трябва да се отчита допълнително и наличието на:

- утечки на неутрони от облъчвателния блок на ускорителя ;
- вторично неутронно лъчение (фотоннеутрони) от взаимодействието на фотонния сноп с елементи на стационарната лъче защита;



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

- вторично гама-лъчение от неутронната активация на въздуха в процедурното помещение.

9.8 При изчисляване и оценка на лъчезащитата в обекти с ускорители трябва да се отчита енергийният спектър на първичните и вторичните йонизиращи лъчения и изменението на енергията на лъченията в резултат на взаимодействие с материалите.

9.9 За изчисляване и оценка на лъчезащитата може да се използват данните от **Приложение 2**.

9.10 Максималните проектни мощности на ефективната доза в контролните точки не трябва да превишава стойностите, определени съгласно т. 3.6 – 3.11.

9.11 При определяне на седмичното натоварване се взимат предвид и процедурите по контрол на качеството на ускорителя (периодично калибриране).

9.12 Изчисляването на стационарни защитни прегради се извършва по метода на седмичните натоварвания, като се препоръчва ползването на публикация “*IAEA SRS No. 47: Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities*”.

9.13 При използване на ускорителя в различни режими на работа проектните седмични дози се определят пропорционално на седмичните натоварвания за всеки режим.

9.14 Когато за даден режим на работа се използват различни енергии на ускорителя, седмичното натоварване за него се приема за 50% при най-високата енергия и останалата част равномерно разпределена по всички възможни останали енергии.

9.15 При отчитане на ъгловото пролъчване на дебели защитни прегради за компенсиране на фактора на натрупване се извършват следните корекции:

- при ъгъл на падане до 45° към изчислената дебелина на преградата се добавя един слой на полуотслабване за съответния материал;
- при ъгъл на падане над 45° към изчислената дебелина на преградата се добавят два слоя на полуотслабване за съответния материал.

9.16 Широчината на защитната преграда от пряко лъчение се изчислява по проекцията на максималния размер на полето на облъчване (неговия диагонал), като симетрично от двете страни се добавят по още минимум 30 cm.

9.17 При проверка на ефективността на изградената лъчезащита измервания в контролните точки се правят на 30 cm зад повърхността на защитната преграда в хоризонтално направление. За помещения, разположени над процедурното помещение, измерванията в контролните точки се правят на 50 cm от пода (минимална височина на болнично легло), а за помещения под процедурното – на 170 cm от пода (височина на стандартен човек).

9.18 Препоръчителната заетост на помещения и други места, намиращи се в и извън контролираната зона на лечебно заведение с ускорител, е дадена в **Приложение 2**.

9.19 При медицински ускорители с енергия на ускорените частиците над 10 MeV и при използване на многослойни защити, включващи метални плочи или пълнежи, се извършва оценка на дозата на пациента от вторичното неутронно лъчение.

9.20 При използване на неутронна защита от бориран полиетилен се взимат мерки за екраниране на индуцираното гама-лъчение, възникнало в резултат на неутронната активация на борирания полиетилен.



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

9.21 При проектиране на командно помещение в лечебно заведение с ускорител трябва да се предвиди възможност за визуален контрол към входа на процедурното помещение.

9.22 Кабелните проходи през стационарната защита се изпълняват през нейна част, която се облъчва само от разсеяно лъчение, прекарани под ъгъл или под нивото на пода.

9.23 В близост до вратата към процедурното помещение и в командното помещение се извежда светлинна сигнализация за:

- работен сноп на ускорителя с положения "в изчакване", "в подготовка", "включен";
- работещи рентгенови уредби от комплекцията на ускорителя;
- ниво на гама -лъчението и неутронното лъчение в процедурното помещение - праг на сигнализация 10 Sv/h или друга стойност, обоснована в проекта и ОРЗ.

9.24 Вратата към процедурното помещение се изпълнява така, че да може се отваря ръчно при всякакви условия. На вратата се монтира изключвател, който прекъсва автоматично работата на ускорителя и рентгеновите уредби към него при отваряне на вратата.

9.25 Размерите и взаимното разположение на процедурното помещение, командното помещение и други технологични помещения на ускорителя се съобразяват с препоръките на производителя.

9.26 Кратността на въздухообмен за час, който трябва да осигури вентилацията на процедурното помещение, трябва да бъде минимум 4 и се определя в зависимост от режимите на работа на ускорителя и активацията на въздуха в процедурното помещение. Кратността на въздухообмен в процедурното помещение трябва да гарантира спазване на нормативните граници за допустимата концентрация на продуктите на активация и радиолиза на въздуха при работа на ускорителя.

10. СПЕЦИФИЧНИ ИЗИСКВАНИЯ ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ЦИКЛОТРОНИ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА РАДИОФАРМАЦЕВТИЦИ

10.1 При проектиране и експлоатация на обекти с циклотрони за производство на радиофармацевтици (позитронни емитери за нуклеарната медицина) се спазват специфичните изисквания за радиационна защита и принципите и изискванията за добра производствена практика на лекарствени продукти.

10.2 Техническото задание за проектиране, предоставено от възложителя, трябва да съдържа информация за режимите на работа на циклотрона, както и за вида, характеристиките и количеството на радиофармацевтиците, които ще се произвеждат, включително:

- данни за произвеждания продукт (радиофармацевтик) - химична форма, максимална производствена активност, описание на методиката за работа;
- прогноза за произвежданата активност за една работна смяна, сменност на работа, необходим персонал за производствената дейност;
- начин, по който крайният продукт ще се доставя до мястото на използване в лечебните заведения.



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

10.3 Производителят на циклотрона предоставя информация за:

- лъчевите характеристики на циклотрона - вид и енергия на ускоряваните частици, вид, материал и обем на мишената, заряден пренос, максимална произведена активност на един цикъл и други според особеностите на циклотрона;
- вида, интензитета и пространственото разпределение на генерираните йонизиращи лъчения при работа на циклотрона;
- вида, активността, радионуклидният състав и количеството на радиоактивните продукти, получавани при работата на циклотрона от активация на въздуха, активация на охлаждащи агенти и конструктивни части и материали на циклотрона;
- защитните свойства на използваните материали и конструктивните елементи на циклотрона (собствена интегрирана защита, бетон, стомана, олово, бориран полиетилен и др.);
- вероятни аварийни събития и очаквани дози на облъчване, предвидени мерки за предотвратяването им;
- предназначението, разположението, размерите и микроклимата на помещенията, необходими за нормална и безопасна експлоатация на циклотрона.

10.4 Производителите на технологично оборудване за производство на радиофармацевтици (синтезаторни модули, диспенсери, апаратура за контрол на качеството, средства за измерване) предоставят информация, която включва:

- описание на принципа на работа и процесите при използване на съответното оборудване, данни за активността на радиоактивните вещества, с които се процедира;
- генерирани радиоактивни отпадъци при работа на технологичното оборудване - вид, форма, количества, активности и начин на третиране;
- конструктивно предвидени средства за защита на персонала при използване на технологичното оборудване;
- описание на вероятни аварийни събития и очаквани дози на облъчване, предвидени мерки за предотвратяването им;
- данни за предназначението, разположението, размерите и микроклимата на помещенията, необходими за нормалното и безопасно функциониране на технологичното оборудване, предвидено за производство на радиофармацевтици.

10.5 При проектиране на обекти за производство на радиофармацевтици се обособяват следните функционални зони, отчитайки спецификата на извършваните в тях дейности и препоръките на производителя:

- циклотронна зона - включва циклотронно помещение (бункер), командно помещение, техническо помещение, хранилище за радиоактивни отпадъци, работилница за работа с радиоактивни материали, свързани с експлоатацията на циклотрона, други помещения според използваната технология.
- радиохимична зона - включва съоръжения и апаратура за синтез и диспенсиране на радиофармацевтиците.
- зона за контрол на качеството на изходящия готов продукт;
- зона за входящ контрол и складиране на нерадиоактивни материали;



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности по използването на ускорители на заредени частици

- зона за пакетиране, измерване и експедиране на готовия продукт;
- други според спецификата на използваната технология за производство на радиофармацевтици.

10.6 При експлоатацията на малки циклотрони за производство на единични пациентни дози някои от посочените зони може да бъдат обединени.

10.7 Функционалните зони на обекта с циклотрон, в които се работи с радиоактивни вещества, задължително се включват в контролираната зона и се обозначават със знаци за радиационна опасност и надписи за предназначението на отделните помещения, като допускът в тях се извършва чрез система за контрол на достъпа.

10.8 Мерките за радиационна защита трябва да бъдат съобразени със спецификата на работа в тези помещения.

10.9 В циклотронната зона се предвиждат и прилагат мерки за защита от външно облъчване от фотонно и неутронно лъчение и за защита от вътрешно облъчване при инхалиране на радиоактивни газове и аерозоли и поглъщане на радиоактивни вещества (продукти на активация при работа на циклотрона).

10.10 Вентилацията на циклотронната зона се изпълнява като самостоятелна с филтрация на пречистване на изходящия въздух. Филтрите на вентилацията трябва да осигуряват ефективно задържане на изхвърляните радиоактивни вещества при нормална експлоатация и аварийни условия.

10.11 Системата за радиационен контрол в циклотронната зона трябва да включва детектори за фотонно и неутронно лъчение и сигнализации за превишаване на зададени прагови нива, които се настройват така, че да съответстват на контролните стойности, определени в проекта и ОРЗ за циклотронната зона.

10.12 В циклотронното помещение трябва да предвиди уред за измерване на обемната активност на въздуха и/или на мощността на фотонното лъчение с цел да се контролира възможността за безопасен достъп в това помещение.

10.13 Към изсмукващата вентилация на циклотронното помещение следва да се предвидят и монтират средства за контрол на активността на газоаерозолните изхвърляния преди и след очистващите филтри, както и за контрол на активността на натрупаните радиоактивни вещества в тези филтри.

10.14 Системата за радиационен контрол в обекта трябва да има преупредителна звукова и светлинна сигнализация в случай, че бъдат превишени зададените прагови нива в определени помещения на контролираната и надзираваната зона.

10.15 Системите за управление и контрол на работата на циклотрона трябва да бъдат изпълнени така, че да не се допуска извеждане на сноп от него при неработеща вентилация или при отворена врата (технологичен проход) към циклотронното помещение.

10.16 Системата за аварийно спиране на циклотрона трябва да се задейства при превишаване на зададени аварийни прагови стойности на определени параметри или при други аварийни събития в обекта, които случаи са посочени в инструкцията за експлоатация на циклотрона.

10.17 Системата за аварийно спиране включва бутони за внезапно спиране на циклотрона, които се монтират в самото циклотронно помещение и в близост до врати и други подходи към него. До всеки бутон за аварийно спиране на циклотрона се поставят ясно видими надписи и указания как и кога да се използват от персонала.



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

10.18 В командното помещение на циклотрона и в близост до подходите към циклотронното помещение трябва да има светлинна сигнализация за изведен радиационен сноп при работещ циклотрон.

10.19 Всички монитори и сигнализации трябва да са видими от командното помещение на циклотрона или в него да е изведен техен дублиращ сигнал.

10.20 Помещенията и оборудването, разположени в радиохимичната зона на обект с циклотрон, в зоната за контрол на качеството и зоната за пакетиране, измерване и експедиране на готовия продукт, както и в други места на обекта, където се работи с открити радиоактивни източници, се проектират и изпълняват съгласно изискванията на глава седма, раздел I от НРЗДИЙЛ. Мерките за радиационна защита трябва да бъдат съобразени с класа на работа с открити радиоактивни източници - I, II или III клас.

10.21 Вентилацията в помещенията, където се работи с открити радиоактивни източници, се проектира и изпълнява съгласно изискванията на глава седма, раздел II от НРЗДИЙЛ и приложимите стандарти и изисквания при производство на лекарства.

10.22 Прехвърляне (трансфер) на радиоактивни продукти и материали от една в друга функционална зона на обект с циклотрон се извършва чрез технически средства и прилагане на мерки, осигуряващи:

- защита от външно облъчване по време на трансфера;
- запазване на условията на микроклимата в зоните, между които се прави трансфера;
- възможност за лесна дезактивация при възникване на радиоактивни замърсявания над допустимите нива.

10.23 Прехвърлянето на радиоактивни продукти от едно помещение в друго или от една инсталация в друга се сигнализира по съответстващ на технологията начин.

10.24 При проектирането на обект с циклотрон и изготвяне на ОРЗ се отчитат възможните пътища за външно и вътрешно облъчване и се оценява ефективната доза за лица от населението в резултат на радиоактивни емисии в околната среда при нормална работа на циклотрона и при аварийни ситуации.



КЛАСИФИКАЦИЯ И ОСНОВНИ СВЕДЕНИЯ ЗА УСКОРИТЕЛИТЕ

1. КЛАСИФИКАЦИЯ НА УСКОРИТЕЛИТЕ

Ускорител на заредени частици (“ускорител”) е устройство за ускоряване на заредени елементарни частици (електрони, протони, позитрони) или на йони на различни вещества до енергия в диапазона от един мегаелектронволт (**1 MeV**) до стотици гигаелектронволта чрез използване на електромагнитни полета.

В зависимост от формата на траекторията на движение на ускоряемите частици ускорителите са два вида:

- **линейни ускорители;**
- **циклични ускорители.**

В зависимост от типа на фокусировката на снопа ускоряеми частици ускорителите се делят на:

- **ускорители със слаба фокусировка;**
- **ускорители със силна фокусировка.**

Според начина на ускоряване на частиците и принципа на действие ускорителите се класифицират както следва:

1. Ускорители с пряко действие, в които частиците (електрони, или йони) се ускоряват чрез постоянно електрическо поле по еднократно преминавана траектория между две точки с голяма потенциална разлика. Като източник на ускоряващо напрежение се използва генератор на Ван-де-Грааф, стъпален или импулсен генератор на високо напрежение. При тези ускорители максималната енергия на частиците достига до **35 MeV**.

2. Индукционни ускорители, в които се използва индуцираното от променлив магнитен поток електрическо поле и обикновено се ускоряват електрони до енергия от няколко стотин мегаелектронволта.

В зависимост от траекторията на ускоряваните частици индукционните ускорители се делят на линейни и циклични.

В **линейните индукционни ускорители** частиците се ускоряват еднократно по праволинейна траектория от индуцирано електрическо поле.

В **цикличните индукционни ускорители (бетатрони)** ускоряването на частиците се извършва по орбита с постоянен радиус, обхождана многократно от ускоряемите частици.

3. Резонансни линейни ускорители, в които ускоряването на частиците е по права линия, като се синхронизира честотата на ускоряващото променливо електрическо поле с движението на частиците.



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности по използването на ускорители на заредени частици

При линейните резонансни ускорители на електронни (електронни ускорители) синхронизмът се постига чрез регулиране на скоростта на разпространение на вълната по траекторията на електроните. Електронни ускорители се конструират до енергия от няколко гигаелектронволта.

При линейните резонансни ускорители на йони (йонни ускорители) синхронизмът се постига чрез “дрейфови” тръби с подходяща дължина, екраниращи частиците между ускоряващите интервали, когато променливото високочестотно електрическо поле е спиращо. Йонни ускорители се конструират до енергия на частиците **100 MeV**.

4. **Резонансни циклични ускорители**, в които частиците се ускоряват от едни и същи ускоряващи електроди за много периоди на ускоряващото високочестотно електрическо поле, като частиците се движат и преминават многократно по кръгови или спирални траектории, използвайки подходящо напречно магнитно поле. За ускоряването е необходима подходяща фазировка между параметрите на частиците и на ускоряващото напрежение, а за пространствената устойчивост на снопа частици при ускорението се изисква фокусировка, възвръщаща частиците към орбитата при малки отклонения от нея.

Основни типове резонансни циклични ускорители:

4.1. Ускорители с постоянно магнитно поле и с постоянна честота на ускоряващото поле, например:

- **циклотрони**, които ускоряват йони до **25 MeV** при слаба фокусировка или до **1000 MeV** при силна фокусировка на снопа частици;
- **микротрони**, които ускоряват електрони до няколко десетки мегаелектронволта.

4.2. Ускорители с постоянно магнитно поле и изменяща се по време на ускорението честота на ускоряващото поле, като по този начин синхронизмът се осъществява при значително релативистично нарастване на масата на ускоряемите частици, например:

- **фазотрони (синхроциклотрони)**, при които (за разлика от циклотроните) между честотата на ускоряващото напрежение и честотата на механичното движение на ускоряваните йони се поддържа синхронизъм (честотата на напрежението при ускоряване на частиците е променяща се).

4.3. Ускорители с изменящо се по време на ускоряващия цикъл магнитно поле, например:

- **синхротрони за ускоряване на електрони с енергия до 10 GeV;**
- **- синхротрони за ускоряване на протони с енергия до 100 GeV;**
- **синхрофазотрони за ускоряване на до 800 GeV.**



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

ТАБЛИЦА 1

Основни характеристики на цикличните ускорители:

Ускорител	Ускорявани частици	Радиус на орбитата	Висока честота	Магнитно поле	Изходящ сноп	Гранична енергия
Бетатрон	електрони	постоянен	-	нарастващо	пулсиращ	< 300 MeV
Циклотрон	йони	нарастващ	постоянна	Постоянно	непрекъснат	< 1 GeV
Синхро-циклотрон	йони	нарастващ	модулирана	Постоянно	пулсиращ	< 1 GeV
Синхротрон	електрони йони	постоянен	постоянна модулирана	Нарастващо	пулсиращ	< 10 ⁵ GeV
Микротрон	електрони	нарастващ	постоянна	Постоянно	непрекъснат	< 300 MeV

В зависимост от конструкцията, вида и енергията на генерираното лъчение и преобладаващите радиационни въздействия, ускорителите на заредени частици се делят на две групи:

А) Ускорители от първа група (енергия на ускорените частици до 10MeV), при които по време на работа фотоядрените реакции, водещи до възникване на неутронно и други вторични йонизиращи лъчения, нямат съществен принос от гледна точка на радиационната защита и индуцираната активност в частите на ускорителя и заобикалящата го среда е незначителна или отсъства.

Ускорителите от първа група могат да бъдат:

- **с напълно интегрирана защита:** във всички достъпни точки около ускорителя дозовите полета са такива, че при предвидения в технологичните регламенти престой, годишните граници на дозите за съответната категория облъчвани лица се спазват без необходимост от допълнителни лъчезащитни мерки (например ускорители за модификация на материали с тунелен достъп);

- **с частична интегрирана защита:** условието от предходната група не е изпълнено само за някои точки или зони (напр. електронни ускорители за контрол на превозни средства);

- **с непълна или без интегрирана защита:** изискват допълнителни защитни мерки във повечето или всички посоки (напр. линейни ускорители на електронни за лъчетерапия с ускоряващ потенциал до 10 MV)

Б) Ускорители от втора група (енергия на ускорените частици над 10MeV), при които по време на работа фотоядрените или други ядрени реакции водят до генериране на значително от гледна точка на радиационната защита вторично неутронно лъчение и до индуцирана активност в частите на ускорителя и заобикалящата го среда.



РАДИАЦИОННИ ФАКТОРИ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯТА НА УСКОРИТЕЛИ

Радиационните фактори при експлоатацията на ускорители, които създават потенциална опасност от външно и вътрешно облъчване на лица от персонала и населението и които трябва да бъдат взети под внимание при определяне на съответни мерки за радиационна защита, са:

1. Работен сноп от ускорени частици, който се извежда при работа на ускорителя ;
2. Спирачно фотонно лъчение, възникващо при взаимодействието на снопа частици с: мишени; биймстопери; конструктивни части на ускорителя; обекта на облъчване; елементи на помещението за облъчване; и биологичната защита;
3. Неутронно лъчение (фотонейтрони), получено в резултат на взаимодействието на фотонното лъчение с части на ускорителя, мишената, елементи на помещението за облъчване, оборудването в него и средата около ускорителя;
4. Продукти на неутронна активация в части на ускорителя, технологични течности и газове и оборудването на помещението за облъчване;
5. Радиоактивни газове и аерозоли, получени в резултат на неутронна активация на въздуха в помещението за облъчване;
6. Повърхностно радиоактивно замърсяване на части на ускорителя и помещението за облъчване, възникващо от активация на прах, изпарения на активирани материали от мишената и други елементи на ускорителя и от активация на елементи на биологичната защита.
7. Радиоактивни вещества, получаващи се при работа на ускорителя;
8. Други видове йонизиращи лъчения в резултат на взаимодействие на високоенергийни заредени частици и фотонно лъчение с части на ускорителя и елементи на околната му среда и неизползваемо рентгеново лъчение от високоволтовата електронна апаратура на ускорителя.

При оценката на приноса на радиационните фактори се отчитат възможните ядрени реакции, техният прагов и резонансен характер и други физични явления при експлоатацията на ускорители.



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

ТАБЛИЦА 2

**Видове радионуклиди, образуващи се от активацията на различни материали
при облъчване**

Вид облъчван материал	Радионуклиди, образуващи се в резултат на активация
вода, пластмаса, масла	${}^7\text{Be}$
алуминий	${}^7\text{Be}, {}^{22}\text{Na}$
стомана	${}^7\text{Be}, {}^{22}\text{Na}, {}^{46}\text{Si}, {}^{47}\text{Si}, {}^{48}\text{Si}, {}^{48}\text{V}, {}^{51}\text{Cr}, {}^{52}\text{Mn}, {}^{54}\text{Mn}, {}^{56}\text{Co}, {}^{57}\text{Co}, {}^{58}\text{Co}, {}^{55}\text{Fe}, {}^{59}\text{Fe}$
неръждаема стомана	${}^7\text{Be}, {}^{22}\text{Na}, {}^{46}\text{Si}, {}^{47}\text{Si}, {}^{48}\text{Si}, {}^{48}\text{V}, {}^{51}\text{Cr}, {}^{52}\text{Mn}, {}^{54}\text{Mn}, {}^{56}\text{Co}, {}^{57}\text{Co}, {}^{58}\text{Co}, {}^{60}\text{Co}, {}^{55}\text{Fe}, {}^{59}\text{Fe}, {}^{57}\text{Ni}$
мед	${}^7\text{Be}, {}^{22}\text{Na}, {}^{46}\text{Si}, {}^{47}\text{Si}, {}^{48}\text{Si}, {}^{48}\text{V}, {}^{51}\text{Cr}, {}^{52}\text{Mn}, {}^{54}\text{Mn}, {}^{56}\text{Co}, {}^{57}\text{Co}, {}^{58}\text{Co}, {}^{60}\text{Co}, {}^{55}\text{Fe}, {}^{59}\text{Fe}, {}^{57}\text{Ni}, {}^{65}\text{Zn}$

ТАБЛИЦА 3

Прагова енергия на ядрената реакция (γ, n) в метали, водеща до генериране на вторично неутронно лъчение (фотонейтрони) при работа на ускорителите

Елемент	Прагова енергия (MeV)
Al	13,1
Fe	13,4
Cu	9,91
W	6,19
Pb	6,74



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

ТАБЛИЦА 4

Относителен добив на фотонейтрони в хомогенни дебели мишени при облъчване с фотонни снопове в зависимост от ускоряващото напрежение (добивът на нейтрони при облъчване на волфрам при 25 MV е приет за 1)

Елемент	При ускоряващо напрежение (MV)			
	10	15	20	25
Al	0,0	0,0	0,0	0,03
Cu	0,0	0,0	0,11	0,25
Fe	0,0	0,0	0,07	0,17
Pb	0,0	0,25	0,70	0,93
W	0,0	0,25	0,70	1,00

ТАБЛИЦА 5

Сравнителна качествена оценка на податливостта на материали към активацията от фотонни снопове, генерирани от ускорители

Малко податливи на активация	Средно податливи на активация	Много податливи на активация	Делящи се при активация
Олово (без примеси на антимон)	желязо	неръждаема стомана	уран
обикновен бетон	стомана	волфрам	плутоний
алуминий	ферити	тантал	торий
дърво		цинк	
пластмаси		манган	
		кобалт	
		никел	



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

ТАБЛИЦА 6

Справочни данни за активацията (индуцирана активност) на въздуха при работа на ускорителите

Продукт на активация	$T_{1/2}$	Изходен нуклид	Прагова енергия (MeV)	Ядрена реакция
^3H	12,26 a	^{14}N	22,7	$(\gamma, ^3\text{H})$
		^{16}O	25,0	
^7Be	53,6 d	^{14}N	27,8	(γ, sp)
		^{16}O	31,9	
^{11}C	20,3 min	^{12}C	18,7	(γ, n)
		^{14}N	22,7	(γ, sp)
		^{16}O	25,9	
^{13}N	10,0 min	^{14}N	10,6	(γ, n)
^{15}O	123 s	^{16}O	15,7	(γ, n)
^{16}N	7,1 s	^{18}O	21,8	(γ, np)
^{38}Cl	37,3 min	^{40}Ar	20,6	(γ, np)
^{39}Cl	55,5 min	^{40}Ar	12,6	(γ, p)
^{41}Ar	1,8 h	^{40}Ar	-	(n, γ)

sp - спонтанно делене

ТАБЛИЦА 7

Справочни данни за активацията (индуцирана активност) на вода при работа на ускорителите (изходен нуклид ^{16}O)

Продукт на активацията	$T_{1/2}$	Прагова енергия (MeV)	Реакция
^{15}O	123 s	16,7	(γ, n)
^{14}O	70,9 s	28,9	$(\gamma, 2\text{n})$
^{13}N	10,0 min	25,0	$(\gamma, 2\text{np})$
^{11}C	20,3 min	25,9	$(\gamma, 3\text{n}2\text{p})$
^{10}C	19,5 s	38,1	$(\gamma, 4\text{n}, 2\text{p})$
^7Be	53,6 d	31,9	$(\gamma, 5\text{n}, 4\text{p})$
^3H	12,26 a	25,0	$(\gamma, ^3\text{H})$



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ТАБЛИЦА 8

Фактори на заетост и категории облъчвани лица

Територия	Категория облъчвани лица	Фактор на заетост Т	Забележка
Контролирана зона			
Работни места	Персонал	1	постоянен престой
Технически и спомагателни помещения	Персонал	0.2 - 0.5	временен престой, по преценка в съответствие с използваната технология
Сервизни помещения	Персонал	0,2	временен престой
Необслужвани помещения - складове, технологични и аварийни коридори, инсталационни помещения	Персонал	0,02 - 0,1	епизодичен престой
Надзиравана зона			
Работни места на открито и закрито	Население	1	постоянен престой
Коридори, сервизни помещения, фойета, приемни за посетители, чакални и др. без постоянни работни места	Население	0,2 - 0,5	временен престой, по преценка според предназначението на помещението
Зони на открито, на територията на площадката, без постоянни работни места	Население	0,2	временен престой
Пътища, алеи, жп линии	Население	0,1	епизодичен престой
Територии извън площадката, застроени или предвидени за застрояване	Население	1	постоянен престой
Територии извън площадката, непредвидени за застрояване - паркове, неохраняеми паркинги, селскостопански площи, ливади, гори	Население	0,3	временен престой



ТАБЛИЦА 9

Типични “геометрии” на облъчване в зависимост от вида на лъчението и енергийния диапазон при експлоатацията на ускорители

Лъчение	Енергиен диапазон	Геометрия на облъчване
Фотони	10 keV - 10 GeV	AP, PA, LLAT, RLAT, ISO, ROT
Неутрони	10^{-9} MeV - 10 GeV	AP, PA, LLAT, RLAT, ISO, ROT
Електрони и позитрони	50 keV - 10 GeV	AP, PA, ISO
Протони	1 MeV - 10 GeV	AP, PA, LLAT, RLAT, ISO, ROT
Заредени пиони	1 MeV - 200 GeV	AP, PA, ISO
Мюони	1 MeV - 10 GeV	AP, PA, ISO
Йони	1 MeV/n - 100 GeV	AP, PA, ISO

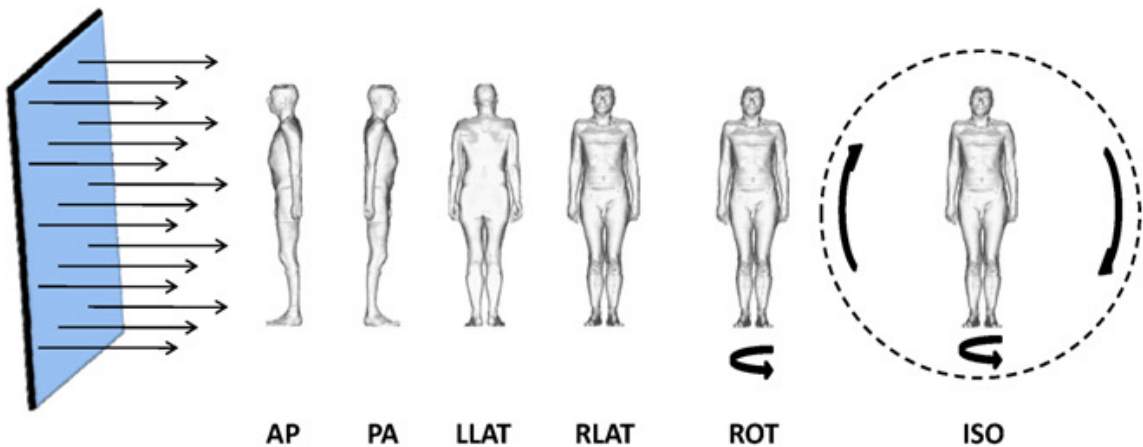




ТАБЛИЦА 10

**Конверсионни коефициенти $E/H^*(10)$ за моноенергитично фотонно
лъчение в различни геометрии на облъчване, "вакуумна"
апроксимация**

Енергия	$E/H^*(10)$					
	AP	PA	LLAT	RLAT	ROT	ISO
MeV	Sv/Sv					
1	0,9	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6
2	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7
4	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8

По данни от ICRP 74

ТАБЛИЦА 11

**Конверсионни коефициенти $E(AP)/H^*(10)$ за енергии на фотонното
лъчение над 4 MeV, с отчитане на радиационния принос на средата**

Енергия	$E(AP)/H^*(10)$
MeV	Sv/Sv
4	0,9
10	2,4
40	5,3
100	6,9
400	8,0

Данни от ETCNPS 2013



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

ТАБЛИЦА 12

**Конверсионни коефициенти E/H*(10) за неутрони в различни
геометрии на облъчване**

Енергия	E/H*(10)					
	AP	PA	LLAT	RLAT	ROT	ISO
MeV	Sv/Sv					
1,0E-09	0,5	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2
1,0E-05	0,7	0,5	0,3	0,2	0,4	0,3
1,0E-04	0,8	0,6	0,3	0,3	0,5	0,4
1,0E-03	1,0	0,7	0,3	0,3	0,6	0,4
1,0E-02	0,8	0,7	0,3	0,3	0,5	0,4
1,0E-01	0,5	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2
1,0E+00	0,7	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3
6,0E+00	1,2	1,0	0,7	0,7	0,9	0,8
1,0E+01	1,1	0,9	0,7	0,7	0,8	0,7
2,0E+01	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6
1,0E+02	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,3
1,2E+02	1,5	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
2,0E+02	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

Данни от ETCHPS 2013



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности по използването
на ускорители на заредени частици

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

**Препоръчително време за изчакване преди влизане в камерата (помещението)
за облъчване при ускорители на електрони**

E ₀ , MeV	Време на изчакване (min)	Време на изчакване (min)	Време на изчакване (min)
	³ H (тритий)	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

1. В резултат на радиолизата на въздуха при работа на ускорителите се образуват токсични газове като озон и азотни окиси, предимно в зоната на действие на снопа от ускорени частици. Доминиращ фактор е озона, чиято пределно допустима концентрация във въздуха е 50 пъти по-малка от тази на азотните окиси.

2. За ускорители на електрони с максимална енергия до 25 MeV забранителният период за влизане в камерата (помещението) за облъчване се определя, отчитайки наличието на озон като преобладаващ вреден фактор във въздуха при такива енергии.

3. За ускорители на електрони с енергия над 25 MeV забранителният период за влизане в камерата (помещението) за облъчване се определя, отчитайки натрупването на радиоактивни газове, съдържащи радионуклиди като ¹⁵O, ¹³N и тритий (³H).

4. Времената на изчакване могат да бъдат по-малки от посочените в таблицата, когато това е обосновано в проекта и ОРЗ на съответния обект с ускорител. Като правило, вентилацията на процедурните помещения за лъчетерапия се проектира така, че да е възможно влизане в тях веднага след спиране на ускорителя, с който се облъчва пациент в даден момент.