

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



РЪКОВОДСТВО



**ЗА РАДИАЦИОННА ЗАЩИТА ПРИ ДЕЙНОСТИ С
УРЕДИ ЗА ТЕХНОЛОГИЧЕН КОНТРОЛ**

PP-12/2018



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



СЪДЪРЖАНИЕ

1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ	3
ЦЕЛ.....	3
ОБХВАТ	3
2. ОБЩИ ИЗИСКВАНИЯ ЗА ОСИГУРЯВАНЕ НА РАДИАЦИОННАТА ЗАЩИТА В ОБЕКТИ С УТК	3
3. СПЕЦИФИЧНИ ИЗИСКВАНИЯ ЗА ОСИГУРЯВАНЕ НА РАДИАЦИОННАТА ЗАЩИТА В ОБЕКТИ С УТК	7
РАЗПОЛАГАНЕ НА УТК	7
МОНТАЖ И ПРЕДВАРИТЕЛНИ ИЗПИТВАНИЯ НА УТК	7
ВЪВЕЖДАНЕ В ЕКСПЛОАТАЦИЯ	8
ЕКСПЛОАТАЦИЯ (ИЗПОЛЗВАНЕ)	8
ИЗВЕЖДАНЕ ОТ ЕКСПЛОАТАЦИЯ.....	10
4. РАДИАЦИОНЕН МОНИТОРИНГ И ИНДИВИДУАЛЕН ДОЗИМЕТРИЧЕН КОНТРОЛ	10
РАДИАЦИОНЕН МОНИТОРИНГ	10
ИНДИВИДУАЛЕН ДОЗИМЕТРИЧЕН КОНТРОЛ.....	12
5. ТЕХНИЧЕСКА ПОДДРЪЖКА И КОНТРОЛ НА ХЕРМЕТИЧНОСТТА НА ВГРАДЕНИ РАДИОАКТИВНИ ИЗТОЧНИЦИ В УТК	13
ТЕХНИЧЕСКА ПОДДРЪЖКА	13
КОНТРОЛ ЗА ХЕРМЕТИЧНОСТ	13
6. ОТЧЕТ И КОНТРОЛ И БЕЗОПАСНО СЪХРАНЯВАНЕ НА УТК	14
ОТЧЕТ И КОНТРОЛ	14
БЕЗОПАСНО СЪХРАНЯВАНЕ.....	14
7. ПРЕВОЗ НА УТК	15
8. ФИЗИЧЕСКА ЗАЩИТА	16
9. АВАРИЙНО ПЛАНИРАНЕ И АВАРИЙНА ГОТОВНОСТ В ОБЕКТИ С УТК	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	18
I. ВИДОВЕ УРЕДИ В ЗАВИСИМОСТ ОТ ФИЗИЧНИЯ ПРОЦЕС ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НА ЙОНИЗИРАЩИТЕ ЛЪЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОТО	18
I.1. УРЕДИ, ИЗПОЛЗВАЩИ ЕФЕКТА НА ПОГЛЪЩАНЕ НА ЙОНИЗИРАЩИТЕ ЛЪЧЕНИЯ.....	18
I.2. УРЕДИ, ИЗПОЛЗВАЩИ ЕФЕКТА НА РАЗСЕЯНОТО ЙОНИЗИРАЩО ЛЪЧЕНИЕ - β И γ	18
I.3. УРЕДИ, ИЗПОЛЗВАЩИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕТО НА НЕУТРОНИ С ВЕЩЕСТВОТО	20
I.4. УРЕДИ НА БАЗАТА НА РЕНТГЕНО-СПЕКТРАЛНИТЕ МЕТОДИ.....	21
I.5. УРЕДИ, ОСНОВАВАЩИ СЕ НА ПРИНЦИПА НА ИЗМЕНЕНИЕ НА ПОДВИЖНОСТТА И РЕКОМБИНАЦИЯТА НА ЙОНИТЕ	21
I.6. УРЕДИ, ОСНОВАВАЩИ СЕ НА ЙОНИЗИРАЩОТО ДЕЙСТВИЕ НА α ЧАСТИЦИТЕ.....	22
I.7. ИЗПОЛЗВАНЕ МЕТОДА НА БЕЛАЗАНИТЕ АТОМИ ЗА ТЕХНОЛОГИЧЕН КОНТРОЛ.....	23
II. ВИДОВЕ УРЕДИ ЗА ТЕХНОЛОГИЧЕН КОНТРОЛ СПОРЕД ТЯХНОТО ПРИЛОЖЕНИЕ	23
II.1. РАДИАЦИОННИ НИВОМЕРИ.....	25
II.2. РАДИАЦИОННИ ДЕБЕЛОМЕРИ.....	28
II.3. РАДИАЦИОННИ ПЛЪТНОМЕРИ	31
II.4. РАДИОИЗОТОПНА ВЕЗНА ЗА ТРАНСПОРТНА ЛЕНТА	33
II.5. РАДИОИЗОТОПЕН ПЕПЕЛОМЕР И ВЕЗНА ЗА ВЪГЛИЩА	34
II.6. УРЕДИ ЗА ГАМА И НЕУТРОНЕН КАРОТАЖ.....	36
II.7. НЕУТРОННИ ВЛАГОМЕРИ.....	37
II.8. НЕУТРОНЕН АКТИВАЦИОНЕН АНАЛИЗАТОР (НАА)	39
II.9. УРЕДИ ЗА РЕНТГЕНО-ФЛУОРЕСЦЕНТЕН АНАЛИЗ.....	40
II.10. НЕУТРАЛИЗАТОРИ НА СТАТИЧНО ЕЛЕКТРИЧЕСТВО.....	41
II.11. ПОЖАРОИЗВЕСТИТЕЛНИ ЙОНИЗАЦИОННИ ДАТЧИЦИ.....	42
II.12. БЕТА МОНИТОР ЗА ИЗМЕРВАНЕ ЗАМЪРСЯВАНЕТО НА ВЪДУХА	44
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	46
СНИМКОВ МАТЕРИАЛ НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ РАДИОАКТИВНИ ИЗТОЧНИЦИ И УРЕДИ ЗА ТЕХНОЛОГИЧЕН КОНТРОЛ.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	60
ДЕБЕЛИНА НА ЗАЩИТАТА ЗА ШИРОК СНОП ГАМА ЛЪЧЕНИЕ ЗА РАЗЛИЧНИ МАТЕРИАЛИ И ЗА НЯКОИ ЕНЕРГИИ	60
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	61
ПРОВЕРКА НА ХЕРМЕТИЧНОСТТА НА ВИСОКОАКТИВНИ ИЗТОЧНИЦИ НА ЙОНИЗИРАЩИ ЛЪЧЕНИЯ	61



1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

ЦЕЛ

1.1 Ръководството е предназначено за юридически и физически лица, които извършват дейности с радиационни уреди за технологичен контрол (УТК) за стопански, научни или контролни цели. Целта е да се подпомогнат заинтересованите лица за адекватно прилагане на нормативните изисквания за радиационна и физическа защита при въвеждане в експлоатация, експлоатация (използване) и извеждане от експлоатация на обекти с УТК, както и за монтаж, предварителни изпитвания, демонтаж, съхраняване, ремонт, презареждане и транспортиране на УТК.

ОБХВАТ

1.2 Ръководството съдържа:

- общи и специфични изисквания за осигуряване на радиационна защита в обекти с УТК (включително при монтаж и предварителни изпитвания на УТК, въвеждане в експлоатация, експлоатация и извеждане от експлоатация на обекти с УТК);
- технически и организационни мерки за осигуряване на радиационна защита в обекти с УТК;
- разпределение на функциите и отговорностите за осигуряване на радиационна защита в обекти с УТК;
- указания по прилагането на програми за радиационен мониторинг и за индивидуален дозиметричен контрол (ИДК);
- указания за техническа поддръжка и контрол на херметичността на вградени радиоактивни източници в УТК;
- специфични изисквания за отчет и контрол, безопасно съхраняване и превоз на УТК;
- изисквания за осигуряване на физическа защита.

1.3 В Приложение 1 е дадено описание на принципното устройство на различните видове УТК и тяхното предназначение (нивомери, влагомери, плътномер, дебеломери, неутрализатори на статично електричество и други).

1.4 В Приложение 2 е включен снимков материал на използваните радиоактивни източници и УТК.

1.5 В Приложение 3 са дадени различни екрани за защита.

1.6 Приложение 4 се касае за проверка на херметичността на високоактивни източници на йонизиращо лъчение.

2. ОБЩИ ИЗИСКВАНИЯ ЗА ОСИГУРЯВАНЕ НА РАДИАЦИОННАТА ЗАЩИТА В ОБЕКТИ С УТК

2.1 При извършването на дейности с радиационни уреди за технологичен контрол е необходимо да се спазват основните принципи, норми и изисквания за радиационна защита съгласно Закона за безопасно използване на ядрената енергия (ЗБИЯЕ) Наредбата за радиационна защита (НРЗ).



2.2 Юридически и физически лица, могат да извършват следните дейности с УТК:

- разполагане, проектиране, строителство, монтаж, предварителни изпитвания, въвеждане в експлоатация и извеждане от експлоатация на обекти с УТК;
- използване на УТК;
- работа с УТК с цел техническо обслужване, монтаж, демонтаж, измервания, ремонтни дейности и услуги;
- превоз на УТК;
- временно съхраняване на УТК;
- внос и износ на УТК.

2.3 При извършване на дейности с УТК е необходимо да се обезпечат условия, изключващи възможността за облъчване на персонал и население над допустимите граници на дозите, съгласно НРЗ.

2.4 Дейности с УТК могат да извършват физически или юридически лица, само след получаване на съответната лицензия или разрешение, издадени от председателя на Агенция за ядрено регулиране (АЯР). Редът за издаване на лицензии и разрешения за дейности с ИЙЛ е посочен в глава трета от Наредбата за реда за издаване на лицензии и разрешения за безопасно използване на ядрената енергия (НРИЛРБИЯЕ). Не се изискват лицензии и разрешения за дейности с УТК, посочени в приложение № 2 от НРИЛРБИЯЕ.

2.5 Всяко предприятие организира и контролира в обекта:

- спазването на принципите и нормите за радиационна защита, вътрешните правила, инструкции и процедури за осигуряване на радиационна защита;
- изпълнението на условията на издадени лицензии и разрешения за дейности с УТК;
- извършването на инвентаризация, воденето на отчет и контрол при получаване, предаване и съхраняване на УТК;
- аварийната готовност, физическата защита и пожарната безопасност съгласно действащите нормативни актове в съответната област;
- индивидуалния дозиметричен контрол и медицинското наблюдение на персонала;
- радиационния мониторинг на работните места, техническото обслужване на УТК и метрологичното осигуряване на средствата за измерване на йонизиращи лъчения;
- воденето и архивирането на необходимата документация в обекта за целите на радиационната защита.

2.6 Предприятието е длъжно да поддържа и актуализира следните документи във всеки обект с УТК:

- лицензия за използване на ИЙЛ за стопански цели – извършване на дейности с ИЙЛ, вградени в УТК, издадена от АЯР
- разрешение за временно съхраняване на УТК;
- лицензия за превоз на радиоактивни вещества – превоз на УТК
- инструкция за РЗ в обекта
- инструкции и процедури за аварийно планиране и аварийна готовност (вътрешен аварийен план)
- правилник за вътрешния ред в обекта
- вътрешни правила и процедури за реда и начина за получаване, съхранение, предаване и отчитане на ИЙЛ в обекта
- програма за ИДК на персонала и програма за мониторинг на работната среда
- процедури за експлоатация и поддръжка на УТК, включващи типа и честотата на проверките за системите за безопасност



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности с уреди
за технологичен контрол

- заповеди за определяне на отговорните лица в обекта, както и заповед за определяне на лицата, непосредствено ангажирани да работят с УТК
- документация, придружаваща УТК:
 - технически паспорт и инструкция за експлоатация (правила и процедури) по отношение на радиационната и техническата безопасност на УТК. Те трябва да се изискват от производителя или доставчика;
 - технически дневник на УТК, в който се отразяват техническото му обслужване, презареждане, технически данни на уреда, ремонти, прегледи, промяна на работното му място и др.;
 - сертификати за радиоактивните източници.
- опис на дозиметричната апаратура и придружаващата документация;
- дневник за общ и индивидуален дозиметричен контрол по дати;
- радиационни паспорти;
- документи за квалификация и правоспособност на персонала;
- дневник за начален и периодичен инструктаж на персонала;
- други документи според характера на извършваната в обекта дейност.

2.7 Предприятието е длъжно да осигурява достъп на инспекторите от АЯР и да представя при поискване дневниците и други документи, съхранявани в обекта.

2.8 До работа с УТК трябва да се допускат само квалифициран персонал с удостоверения за правоспособност за работа с ИЙЛ. Изискванията към персонала са:

- да са обучени за работа със съответния уред за технологичен контрол;
- да са добре запознати с устройството, експлоатацията и профилактичната поддръжка на уредите и писмените инструкции и процедури за нормална експлоатация, както и с действията при аварийни ситуации;
- да са добре запознати с мощността на дозата в различните зони около уреда;
- да са добре запознати със средствата за измерване на йонизиращи лъчения и изискванията за ИДК;
- да работят безопасно с уреда и да водят съответните дневници и записи;
- да са добре запознати с цялата организационна структура.

2.9 Персоналът трябва да е обучен да:

- привежда работния контейнер с източника в отворено и затворено положение;
- включва и изключва захранващия блок на рентгеновите тръби;
- да прилага вътрешните правила и процедури по радиационна защита при работа с уредите;
- да е запознат с аварийните планове и процедурите за действие в случай на авария или инцидент;
- да е запознат с имената, адресите и телефонните номера на лицата и организациите, които трябва да бъдат уведомени в случай на авария или инцидент.

2.10 След приключване на работа с УТК, персоналът отговаря за изключване на рентгеновия УТК от електрическата мрежа и за привеждане на излъчвателния блок в неработно положение (лъчезащитена позиция) като се извършва проверка с оперативен дозиметър.

2.11 Предприятието определя обхвата, функциите и задълженията на отговорните лица и на персонала, професионално зает с дейностите с ИЙЛ.

2.12 Допуска се функциите на отговорник по радиационна защита (ОРЗ), отговорник за съхраняване, отчет и контрол на ИЙЛ и отговорник за уведомяване при инциденти и аварии да се възлагат на едно длъжностно лице.



2.13 Лицето, определено да изпълнява длъжността на отговорник по радиационна защита (ОРЗ) има следните отговорности и задължения:

- да прилага и да следи спазването на изискванията па радиационна защита съгласно програмата за радиационна защита и на правилника за вътрешния ред с цел предотвратяване или минимизиране на облъчване на персонала и населението;
- да извършва контрол на персонала по време на работа с УТК;
- да е запознат с изискванията за лицензионния и разрешителен режим на АЯР;
- да е запознат с актуалната нормативната уредба в областта на радиационната защита;
- да следи за безопасността на уредите при тяхното съхраняване и при превоз;
- да провежда периодична проверка на цялото оборудване: на източниците; на излъчвателните блокове, на средствата за измерване на работната среда; на персоналните дозиметри, на знаците за радиационна опасност и на предупредителните табели.
- да е запознат с аварийните планове и процедурите за действие в случай на събитие или инцидент;
- да следи за навременната поддръжка и ремонт на УТК;
- да е запознат с имената, адресите и телефонните номера на лицата и организациите, които трябва да бъдат уведомени в случай на авария или инцидент;

2.14 В зависимост от радиационния риск дейностите с УТК с вградени източници могат да бъдат от 3, 4 или 5 категория съгласно категоризацията на ИЙЛ.

2.15 УТК от категория 3 са:

- уреди за гама и неутронен за каротаж;
- стационарни нивомери, дебеломери, плътномери и др., с вградени високоактивни източници.

2.16 УТК от категория 4 са:

- преносими или стационарни нивомери, дебеломери, плътномери, влагомери и др., с вградени радиоактивни източници, които не са високоактивни;
- неутрализатори на статично електричество.

2.17 УТК от категория 5 са:

- уреди за рентгенофлуорисцентен анализ;
- пожароизвестителни йонизационни датчици;
- газхроматографи и уреди за контрол на взривни вещества и наркотици.

2.18 Описание на видовете УТК в зависимост от тяхното приложение и физичния процес при взаимодействие на ЙЛ с веществото (нивомери, влагомери, плътномери, дебеломери, неутрализатори на статично електричество и други) е дадено в **Приложение 1** на настоящото ръководство. Снимков материал на използваните радиоактивни източници, контейнери и УТК е показан в **Приложение 2**.

2.19 В зависимост от радиационния риск при извършване на дейности с УТК се прилага степенувания подход при определяне мерките по радиационна защита.

2.20 Внос/износ на УТК и ИЙЛ за тях се извършва съгласно Наредбата за реда за издаване на лицензии и разрешения за безопасно използване на ядрената енергия, спазване на “Кодекс за осигуряване на безопасността и сигурността на радиоактивните източници” и ръководството към него. В случай на доставка от/за страна на Европейския съюз е необходимо да прилагат изискванията на Регламент (Евратом) № 1493/93 на Съвета относно доставките на радиоактивни вещества между държавите-членки.



3. СПЕЦИФИЧНИ ИЗИСКВАНИЯ ЗА ОСИГУРЯВАНЕ НА РАДИАЦИОННАТА ЗАЩИТА В ОБЕКТИ С УТК

РАЗПОЛАГАНЕ НА УТК

3.1 Преносимите УТК могат да се използват във всяко производствено помещение и при полеви условия, когато мощността на еквивалентната доза не надвишава $1,0 \mu\text{Sv/h}$ на разстояние 1 m от достъпните части на повърхността на уреда. В случай, че това изискване не е изпълнено, преносимите УТК се използват съгласно условията на съответната лицензия.

3.2 Няма специални изисквания към разположението на помещенията със стационарни радиационни УТК, когато мощността на дозата не надвишава $1,0 \mu\text{Sv/h}$ на разстояние 1 m от достъпните части на повърхността на уредбата в работно положение и при съхранение на източниците в защитния контейнер при неработно положение. Когато мощността на дозата е по-голяма от $1,0 \mu\text{Sv/h}$ на разстояние 1 m от достъпните части на повърхността им, стационарните УТК се разполагат в помещения, намиращи се в отделна сграда или в отделно крило на сградата.

МОНТАЖ И ПРЕДВАРИТЕЛНИ ИЗПИТВАНИЯ НА УТК

3.3 Монтаж и предварителни изпитвания на УТК се извършват въз основа на технически проект и мерки за осигуряване на радиационната защита.

3.4 Проектната документация съдържа обосновка на мерките за радиационна защита при монтаж, експлоатация и извеждане от експлоатация.

3.5 Монтажът и предварителните изпитвания на радиационните уреди за технологичен контрол се извършва след издаване на разрешение от АЯР за тази дейност и при строго съответствие с техническата документация на уредите.

3.6 Лицензията за използване на УТК дава право на лицензианта да извършва дейности по монтаж и демонтаж на съответните ИЙЛ, ако това е определено в условията на лицензията.

3.7 Лицензиантът може да наема външни лица за извършване на монтаж и предварителни изпитвания на УТК, които трябва да притежават лицензия за работа с ИЙЛ по ЗБИЯЕ.

3.8 Лицата, които извършват монтажа трябва да спазват инструкциите по радиационна защита и да са запознати с устройството на уреда и принципът му на действие.

3.9 Стационарните УТК трябва да бъдат надеждно закрепени, изключващи възможността неоторизирани лица да ги демонтират.

3.10 Преди започване монтажа се проверява дали излъчвателният блок е в неработно положение. Монтажът на УТК и всички подготвителни работи се извършват без излъчвателния блок. Излъчвателният блок се монтира след като завърши монтажа на уреда или съоръжението.

3.11 Всички дейности по монтажа се извършват най-малко от две лица.

3.12 По време на монтажа на радиационния уред се извършва непрекъснат дозиметричен контрол. Измерва се мощността на дозата на работните места на лицата от предприятието и ако се получат стойности, по-големи от $1 \mu\text{Sv/h}$ се прави допълнителна лъчезащита на уреда.



3.13 Лъчезащитата се постига, чрез поставяне около източника на подходящи екраниращи материали с необходима дебелина. Видът на екраниращия материал се определя в зависимост от вида и енергията на йонизиращото лъчение, както и от активността на източника. Условието на средата в която ще бъде използван източника също трябва да бъдат взети при проектиране на лъчезащитата (например висока температура или разяждащи материали биха могли значително да намалят ефективността на екранирането). В **Приложение 3** е показана таблица с различни дебелини на екрани и материали в зависимост от вида и енергията на йонизиращото лъчение и активността на източника.

3.14 След монтажа на стационарните УТК, НЦРРЗ или съответните здравни регионални инспекции, в присъствието на отговорника по РЗ, извършват измерване на радиационните фактори на средата при работно и неработно положение на ИЙЛ. Задължително се правят измервания на мощността на еквивалентната амбиентна доза на:

- на повърхността на излъчвателния блок и на 1 m от него;
- на близките работни места;
- на местата, където имат достъп лица, несвързани с използването на уреда.

3.15 Освен това може да се измери повърхностното замърсяване на излъчвателния блок.

3.16 Резултатите от измерванията се оформят в протокол.

3.17 Към документацията на всеки монтиран радиационен уред се прилагат инструкции по радиационна защита при монтаж, използване и ремонт, протокола от измерванията и процедури за периодични тестове на УТК.

ВЪВЕЖДАНЕ В ЕКСПЛОАТАЦИЯ

3.18 Обекти с УТК с вградени закрити източници (без неутронни), както и обекти с промишлени рентгенови апарати не се въвеждат в експлоатация. Въвеждат се в експлоатация само обекти с неутронни източници, вградени в УТК.

3.19 Въвеждането в експлоатация на обекти с неутронни източници става, след като заявителят е уведомил Председателя на АЯР за готовността на обекта. Определената със заповед на Председателя на АЯР комисия извършва проверка на обекта, с цел установяване на съответствието със заявените данни и обстоятелства и готовността за въвеждане в експлоатация. В комисията се включват както инспектори от АЯР, така и представители от НЦРРЗ или от съответната регионална здравна инспекция със звено “Радиационен контрол”. Комисията взема решение за готовността на обекта за въвеждане в експлоатация. Положителното решение на комисията е задължително условие за издаване на лицензия за експлоатация.

ЕКСПЛОАТАЦИЯ (ИЗПОЛЗВАНЕ)

3.20 Използването на УТК се осъществява съгласно изискванията на Наредбата за радиационна защита, техническата документация на производителя на тези УТК, действащите стандарти и условията на издадената съгласно ЗБИЯЕ лицензия за използване на ИЙЛ.

3.21 Дейности с ИЙЛ се разрешават само в определените за целта помещения в контролираната зона на обектите с ИЙЛ, които са посочени в съответните лицензии и/или разрешения, издадени от АЯР.

3.22 Обособяването на контролирана зона има за цел да се контролира облъчването на персонала и населението при извършването на дейността и да се предотврати или



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности с уреди
за технологичен контрол

ограничи рискът от облъчване. Контролираните и надзираваните зони в обекта се обособяват съгласно изискванията в Наредбата за радиационна защита.

3.23 Необходимо е предприятието да направи оценка на безопасността при работа с уреда при нормална експлоатация и в случай на аварийни събития. Необходимо е да се определи мощността на дозата в определени точки около УТК, местата и продължителността на работа на персонала, възможността от неупълномощена намеса при работа с УТК.

3.24 Мощността на еквивалентната доза във всяка достъпна точка от повърхността на излъчвателния блок не трябва да надвишава $100 \mu\text{Sv/h}$, а на разстояние 1 m от повърхността $3 \mu\text{Sv/h}$.

3.25 В случай, че УТК е предназначен за използване в помещение, в което отсъства постоянно работно място, мощността на еквивалентната доза на 1 m от от повърхността на излъчвателния блок не трябва да надвишава $20 \mu\text{Sv/h}$.

3.26 Изисквания по т.3.24 и т.3.25 трябва да са изпълнени за всички точки, когато източникът е в положение “съхраняване” и за всички точки извън зоната на работния лъч, когато източникът е в положение “работа”.

3.27 При използване на УТК посоката на лъчението от източника трябва да бъде насочено към земята, към външна стена или към неизползваемо помещение.

3.28 При използване на УТК мощността на дозата на постоянните работни места и на местата, където имат достъп лица, несвързани с използването на уреда не трябва да надвишава $1,0 \mu\text{Sv/h}$. В случай на необходимост се поставят допълнителни средства за радиационна защита (подвижни прегради, защитни екрани, ограждения).

3.29 Ограничава се до минимум времето за пребиваване на лица в близост до съответните УТК.

3.30 Предотвратява се достъпът и престоят на лица в близост до използваните УТК, освен непосредствено обслужващия персонал.

3.31 За контрол на достъпа не винаги е възможно да се използват физически бариери. В такива случаи се използват други средства, като обозначаване на контролирана зона, използване на преносими бариери и подходящи предупредителни знаци.

3.32 Излъчвателният блок на УТК трябва да има знак за радиационна опасност. Около УТК също се поставят знаци за радиационна опасност и предупредителни надписи, които трябва да са видими от разстояние минимум 3 m.

3.33 Радиационните УТК трябва да бъдат устойчиви на механични, температурни, химически и други въздействия. Условието при които те се използват трябва да съответстват на техническата документация на уредите.

3.34 Излъчвателният блок (радиационната глава, работния защитен контейнер с ИЙЛ) на УТК е конструиран така, че източникът може да бъде в положение “работа” или в положение “съхраняване”(неработно). Невъзможен е достъп до източника без използване на специални инструменти и без повреждане на пломбата на производителя.

3.35 При извършване на дейности с УТК, капсулата на радиоактивния източник трябва да е проектирана, произведена и тествана, съгласно БДС EN ISO 2919:2014, да е подходяща за уреда, трайно маркирана съгласно БДС EN ISO 361:2015 и трябва да има сериен номер и препоръчано време за експлоатация на радиоактивния източник.

3.36 Работа с радиационни уреди на временни площадки се извършва по предварително изготвена процедура и при спазване на следните допълнителни правила по радиационна защита:



- Преди започване на работа с уреда, персоналът проверява изправността на средствата за измерване, излъчвателния блок и спомагателното оборудване, които не трябва да се използват, в случай че се забележат нередности и дефекти;
- Персоналът определя, огражда и маркира контролирана зона. Мощността на дозата на огражденията не трябва да надвишава $1 \mu\text{Sv/h}$;
- Персоналът определя подходящо място за разполагане на дистанционното управление на уреда, така че мощността на еквивалентна доза да е минимална при извършване на работата с уреда;
- Персоналът трябва да се увери, че няма никой в контролираната зона и тогава да пристъпи към работа. Определя се лице, което да извършва непрекъснат надзор и директен контрол на достъпа в контролираната зона;
- След приключване на работата с уреда, персоналът проверява и установява с подходящ дозиметър дали източникът е в положение “съхраняване” (неработно), или дали няма излъчване, след като на рентгеновата система е подадена команда за изключване;
- Уредите с ИЙЛ не трябва да се оставят без надзор.

ИЗВЕЖДАНЕ ОТ ЕКСПЛОАТАЦИЯ

3.37 Когато нуждата от използване на даден УТК с вградени източници отпадне или не подлежи на понататъшно използване, УТК се демонтира и излъчвателния блок (работния контейнер) се предава като РАО или се предава на производителя.

3.38 За обекти с радиационни УТК разрешение за извеждане от експлоатация не се изисква, но дейността подлежи на контрол от АЯР.

3.39 Предприятието извършва обследване на обекта с цел да установи, че в обекта няма налични радиоактивни източници и радиоактивно замърсяване. Всички предупредителни знаци за наличие на йонизиращи лъчения се отстраняват.

3.40 Предприятието е отговорно за деконтаминация на помещенията и оборудването, ако такова се налага, и е необходимо да предаде генерираните РАО при извеждането от експлоатация в ДП“РАО”.

3.41 Уредите за технологичен контрол могат да бъдат предадени на друго предприятие. При сделка с УТК, предприятието уведомява АЯР в 7-дневен срок от сключване на сделката като посочва вида на сключената сделка, източника на йонизиращи лъчения и предостави данни за лицето, с което е сключило сделката.

3.42 Неутронните генератори и рентгеновите УТК се привеждат в неработно положение, връщат се на производителя или се предават на друго предприятие.

3.43 Предприятието е длъжно да уведоми АЯР, МЗ и МВР след като отстрани всички радиоактивни източници от обекта.

3.44 В АЯР се представя документ, удостоверяващ, че източниците са предадени на ДП “РАО” като радиоактивни отпадъци или са върнати на производителя.

4. РАДИАЦИОНЕН МОНИТОРИНГ И ИНДИВИДУАЛЕН ДОЗИМЕТРИЧЕН КОНТРОЛ

РАДИАЦИОНЕН МОНИТОРИНГ

4.1 Всеки лицензиант, който извършва дейности с УТК е длъжен да провежда



радиационен мониторинг в обекта - да измерва мощностите на дозите на работните места и в определени точки около УТК. Периодичността, обема и вида на радиационния мониторинг зависят от типа и количеството УТК в обекта

4.2 Радиационният мониторинг може да се провежда от дозиметриста или от ОРЗ. Допуска се провеждане на радиационен мониторинг въз основа на договор с външни лица, които имат лицензия от АЯР или са акредитирани за тази дейност.

4.3 Всяко предприятие е длъжно да разработи програма за мониторинг на работната среда в съответния обект. При изпълнението на програмата се оценява състоянието на радиационната защита в обекта. В програмата за мониторинг на работната среда се определят:

- типът, обхватът и точността на техническите средства за мониторинг;
- контролните точки;
- предметът и периодичността на мониторинга;
- отговорностите при извършването на мониторинга;
- изискванията за документиране и архивиране на резултатите от мониторинга;
- изискванията за анализ и оценка на резултатите от мониторинга и при необходимост предприемане на коригиращи мерки.

4.4 Радиационният мониторинг в обектите с УТК в зависимост от характера на извършваните дейности включва:

- измерване на мощността на еквивалентната доза на гама, неутронно, рентгеново или смесено лъчение:
 - на повърхността и на 1 м от хранилището с УТК;
 - около загражденията на контролираната зона;
 - на работните места на персонала, когато УТК е в режим на пролъчване или неутронният генератор е включен;
 - на повърхността и на 1 м от излъчвателния блок на всеки 6 месеца и всеки път преди неговото транспортиране;
 - в случай на извънредна ситуация.
- измерване степента на повърхностно радиоактивно замърсяване на: УТК, излъчвателния блок, работните места чрез метода на намазките;
- измерване степента на повърхностно радиоактивно замърсяване на тялото и облеклото на персонала.

4.5 Резултатите от радиационния мониторинг се вписват в протоколи или в дневник, които трябва да съдържат:

- място, условия и дата на измерването;
- името на лицето, извършило радиационния мониторинг, и подпис;
- тип, серия и дата от последната метрологична проверка на средството за мониторинг;
- данни на УТК и на ИЙЛ;
- схема с посочено местоположение на измерваните точки;
- получените резултати по мощност на дозата.

4.6 Предприятието осигурява достатъчно на брой подходящи технически средства за радиационен мониторинг в обекта с УТК. Техният подбор е желателно да се извърши съвместно с квалифициран експерт по радиационна защита.

4.7 Техническите средства за измерване следва да бъдат метрологично осигурени съгласно Закона за измерванията.



ИНДИВИДУАЛЕН ДОЗИМЕТРИЧЕН КОНТРОЛ

4.8 Всички лица, които работят непосредствено с УТК подлежат на ИДК. Индивидуалният дозиметричен контрол се извършва съгласно изискванията на Наредба № 32 от 2005 г. за условията и реда за извършване на индивидуален дозиметричен контрол на лицата, работещи с източници на йонизиращи лъчения.

4.9 Индивидуалният дозиметричен контрол се осъществява от дозиметрични лаборатории, акредитирани за тази дейност от ИА“БСА”. Лицензиантът сключва договор със съответната акредитирана лаборатория, в която са описани условията и редът за извършване на ИДК.

4.10 Като персонални дозиметри се използват:

- за системен контрол – обикновено филмови или термолуминесцентни дозиметри (ТЛД);
- за оперативен контрол – обикновено електронни или кондензаторни (писалки) дозиметри, които показват веднага стойността на дозата или мощността на дозата.

4.11 При дейности с УТК, персоналните дозиметри за оперативния контрол не са задължителни.

4.12 За да се осигури дозиметърът да дава една точна оценка на дозата на персонала, трябва да се следват следните правила:

- дозиметрите трябва да се носят през цялото време, когато се извършва дейност, свързана с йонизиращи лъчения;
- дозиметърът трябва да се носи върху работното облекло, нормално на гърдите, на кръста или на ръката;
- за ТЛД и филмовите дозиметри, измервателният елемент трябва да бъде коректно позициониран в касетата на дозиметъра;
- дозиметърът трябва да се носи само от лицето, за което е предназначен – той е личен и има номер;
- дозиметрите са чувствителни и трябва да се полагат грижи, за да се избегне повреждането на измерващия елемент на дозиметъра (напр. дозиметрите могат да се увреждат от вода, високи температури, високо налягане, физически повреди и т.н.);
- индивидуалните дозиметри се съхраняват на място, което е защитено от йонизиращи лъчения;

4.13 Предприятието разработва и поддържа програма за ИДК на персонала, която трябва да съдържа следната минимална информация:

- описание на дозиметрите за системен и оперативен индивидуален контрол;
- отговорното лице за получаване и изпращане на дозиметрите в акредитирана дозиметрична лаборатория;
- отговорното лице за отчитане, регистриране и съхраняване на данните от дозиметрите;
- мястото, където се съхраняват индивидуалните дозиметри, когато не се използват
- изисквания при носене и използване на индивидуалните дозиметри;
- изисквания при инцидентно и аварийно облъчване.

4.14 Предприятието е длъжно да предостави получените данни от системния ИДК на съответните професионално облъчвани лица срещу подпис.

4.15 Отговорното лице за отчитане, регистриране и съхраняване на данните от



дозиметрите вписва данните от системния ИДК на персонала в личните радиационни паспорти и в личните дозиметрични карти.

4.16 Отговорникът по радиационна защита периодично обобщава, анализира и оценява дозите на професионално облъчените лица и при необходимост предприема коригиращи мерки.

4.17 В случай на радиационен инцидент или авария, индивидуалния дозиметър се изпраща незабавно в лабораторията като определянето на дозата се извършва в срок до 24 часа след получаването на дозиметъра.

4.18 Индивидуалният дозиметричен контрол на персонал от външни организации се извършва със същите методи и средства, които се прилагат към персонала на лицензианта.

5. ТЕХНИЧЕСКА ПОДДРЪЖКА И КОНТРОЛ НА ХЕРМЕТИЧНОСТТА НА ВГРАДЕНИ РАДИОАКТИВНИ ИЗТОЧНИЦИ В УТК

ТЕХНИЧЕСКА ПОДДРЪЖКА

5.1 Предприятието е длъжно да осигурява техническа поддръжка на УТК и периодично да представя в АЯР резултатите от извършения радиационен контрол.

5.2 Техническата поддръжка и ремонтните дейности на всички УТК се извършват от лицензирани от АЯР организации, с необходимата квалификация за тази дейност или от производителя.

5.3 Лицензията за използване на ИЙЛ дава право на лицензианта да извършва дейности по техническо обслужване ремонт на съответните ИЙЛ, ако това е определено в условията на лицензията.

5.4 Презареждането на работните контейнери с ИЙЛ се извършва в специално съоръжение “гореща камера”.

5.5 Допуска се презареждане и дозареждане на радиоактивни източници на работните площадки (извън гореща камера) само от специалисти на производителя на УТК или от персонал с необходимата квалификация. Дейността се извършва по предварително изготвена програма, представена в АЯР.

5.6 При продължителна профилактика или ремонтни дейности в близост до излъчвателните блокове с ИЙЛ, същите се демонтират и се съхраняват в хранилище при спазване на нормативните изисквания за радиационна и физическа защита.

5.7 Предприятието води технически дневник на УТК, в който се отразяват всички ремонтни дейности, техническата поддръжка, презареждането и дозареждането на източниците, тестовете за херметичност на източниците и други дейности, свързани с уредите. Записите трябва да се съхраняват до извеждането от експлоатация на УТК с вградени източници.

КОНТРОЛ ЗА ХЕРМЕТИЧНОСТ

5.8 Всяко предприятие осигурява контрол за състоянието на използваните и съхраняваните високоактивни източници чрез периодични проверки за оценка на тяхната херметичност.

5.9 След изтичане на препоръчителния срок за експлоатация на ИЙЛ от производителя, лицензиантът е длъжен да ги замени с нови или ежегодно да извършва проверка на



тяхната херметичност, като резултатите от проверката се представят в АЯР.

5.10 Проверката за херметичност на ИЙЛ, вградени в УТК, се извършва от лица притежаващи лицензия за тези дейности, съгласно ЗБИЯЕ.

5.11 Изпитване за херметичност се извършва съгласно стандарт БДС ISO 9978:2002

5.12 Някои от методите, както и критерии за херметичност на закритите ИЙЛ са представени в **Приложение 4**.

5.13 Резултатите от тестовете за херметичност се оценяват и ако те са положителни не се предприема никакво друго действие освен съхраняване на протокола от извършената проверка.

5.14 В случай, че източникът е разхерметизиран, той трябва да бъде незабавно предаден в ДП"РАО" като РАО и при необходимост да се извърши деконтаминация на обекта.

6. ОТЧЕТ И КОНТРОЛ И БЕЗОПАСНО СЪХРАНЯВАНЕ НА УТК

ОТЧЕТ И КОНТРОЛ

6.1 Предприятието води отчет и контрол, извършва инвентаризация, представя периодична информация на председателя на АЯР за отчетните данни от момента на получаването на ИЙЛ до предаването им за дългосрочно съхраняване като радиоактивни отпадъци в Държавно предприятие "Радиоактивни отпадъци" (ДП "РАО") или до връщането им на производителя.

6.2 Предприятието поддържа приходно-разходна книга за отчет и контрол на радиоактивните източници по определена форма-образец съгласно приложение № 4 към НРЗДИЙЛ.

6.3 Всеки отговорник за съхраняване, отчет и контрол на ИЙЛ регистрира движението на преносимите УТК в дневник, който трябва да съдържа следната информация:

- тип и фабричен номер на уреда;
- дата и час на вземане на преносимия уред от хранилището;
- име и подпис на лицето, което взема и ще използва уреда;
- място на използване;
- дата и час на връщане на уреда в хранилището;
- име и подпис на отговорника за съхраняването на ИЙЛ.

6.4 Отговорникът по радиационна защита контролира ежемесечно записите на данните с цел да се гарантира, че уредите са по местата си.

БЕЗОПАСНО СЪХРАНЯВАНЕ

6.5 Уредите за технологичен контрол с вградени ИЙЛ се съхраняват в специално оборудваните помещения-хранилища с цел ограничаване на дозите на персонала и населението, предпазване от кражба или повреда и недопускане на извършването от неупълномощени лица на каквито и да било действия, които могат да бъдат опасни за самите тях или за другите.

6.6 Специално оборудваните помещения-хранилища се разполагат на най-ниските етажи в сградите на обектите (сутерен, първи етаж) или в обособени части от сградите като е важно да бъдат разположени далече от водоизточници и взривоопасни обекти.

6.7 Алфа- и бета- източниците, както са в работните контейнери се съхраняват в специални шкафове или каси. Касите трябва да са разделени на отделни секции, така че



при поставяне или изваждане на отделни радиоактивни източници персоналет да не се подлага на облъчване от останалите източници в хранилището.

6.8 В хранилищата трябва да се поддържа подходяща температура, така че да се изключи възможността за повреждане на съхраняваните източници и техните опаковки поради замръзване или прегряване. Трябва също да е осигурена пожарна и аварийна безопасност на хранилището.

6.9 Вратата на хранилището трябва да се държи заключена, а ключовете да се съхраняват само от упълномощения персонал. На вратата трябва да има знак за радиационна опасност.

6.10 Отговорникът за съхраняване, отчет и контрол на ИЙЛ е длъжен да изготви схема за разположението на ИЙЛ в хранилището.

6.11 Не се допуска активността на съхраняваните източници да надвишава граничните стойности, посочени в съответното разрешение или лицензия на АЯР.

6.12 Мощността на дозата на външните повърхности на временно хранилище за радиоактивни източници или на оградата му не трябва да надвишава 1 $\mu\text{Gy/h}$.

7. ПРЕВОЗ НА УТК

7.1 Превоз на УТК на територията на страната се извършва по шосе в съответствие с Наредбата за условията и реда за извършване на превоз на радиоактивни вещества (ДВ, бр.60 от 2005г.), от лица, които притежават валидна лицензия за превоз на радиоактивни вещества или разрешение за еднократен превоз, издадени от АЯР.

7.2 При всеки превоз трябва да бъдат осигурени транспортни документи, които да придружават превозваните източници: документи, свързани с превозваните радиоактивни източници, заповед за водачите на превозното средство, заповед за отговорно лице за безопасността на превоза, аварийен план при превоз, инструкция по радиационна защита, лицензията или разрешението, издадено от АЯР и други транспортни документи, свързани с превоза.

7.3 Водачът на превозното средство, трябва да притежава ADR сертификат за превоз на опасни товари – “клас 7”.

7.4 Превозът на УТК с вградени радиоактивни източници и на източници за каротаж се извършват в транспортни опаковки на производителя като в АЯР се представя сертификата на съответната опаковка.

7.5 За пренасяне на УТК в рамките на обекта не се изисква разрешение, издадено от председателя на АЯР. Дейността се извършва от предварително добре обучен персонал.

7.6 С цел намаляване на мощността на дозата в превозното средство и закрепването на контейнера неподвижно за шасито на автомобила, транспортната опаковка може да бъде поставена и в допълнителен лъчезащитен контейнер или допълнителна опаковка.

7.7 Превозното средство трябва да е обозначено с предупредителни знаци, да е преминало технически преглед, да има специализирано оборудване за осъществяване на безопасен превоз и средства за реагиране в случай на инцидент или авария по време на превоз.

7.8 Превозното средство се оборудва със средство за измерване на мощността на дозата, като в кабината на шофьора такъв контрол се осъществява непрекъснато. Мощността на дозата на мястото на водача и придружителя не трябва да надвишава 10 $\mu\text{Sv/h}$.



7.9 При международен превоз на УТК се прилагат изискванията на Наредбата за условията и реда за извършване на превоз на радиоактивни вещества, на Европейската спогодба за международен превоз на опасни товари по шосе (ADR) и другите ратифицирани от Република България спогодби за превоз на товари по въздух, водни пътища и ж.п. линии.

8. ФИЗИЧЕСКА ЗАЩИТА

8.1 Лицата, които използват и съхраняват УТК с вградени радиоактивни източници са длъжни да им осигурят физическа защита така, че да бъде изключена възможността за загубване, кражба или безконтролно използване.

8.2 Физическата защита на УТК с вградени радиоактивни източници се осигурява като се използва степенуван подход в зависимост от категоризацията на източниците.

8.3 Съгласно Наредбата за осигуряване на физическа защита на ядрените съоръжения, ядрения материал и радиоактивните вещества нивото на физическа защита на радиоактивни вещества от категория 3 се причисляват към ниво на защита В.

8.4 Мерките за физическа защита за ниво В са следните:

- поставяне на показващи намеса устройства (пломби);
- оценка на отговорния персонал;
- ежемесечна инвентаризация чрез проверка на място;
- една бариера (например решетки, шкаф) с цел намаляване на възможността за неразрешено преместване.

8.5 Не се прилагат специфични мерки за физическа защита за радиоактивни източници от категория 4, освен извършване на тримесечна инвентаризация и технически мерки, ограничаващи възможността за неразрешено преместване на източника.

8.6 Не се прилагат специфични мерки за физическа защита за радиоактивни източници от категория 5, освен извършването на годишна инвентаризация.

8.7 Необходими са допълнителни мерки и процедури за физическа защита при използването и съхраняването на ИЙЛ с малки размери и честа употреба.

9. АВАРИЙНО ПЛАНИРАНЕ И АВАРИЙНА ГОТОВНОСТ В ОБЕКТИ С УТК

9.1 Аварийното планиране и аварийната готовност при радиационна авария с УТК се извършва съгласно изискванията на Наредбата за аварийно планиране и аварийна готовност при ядрена и радиационна авария.

9.2 За целите на аварийното планиране обектите и дейностите с УТК с вградени източници се причисляват към рискова категория IV, а обектите и дейностите с рентгенови УТК – към категория V.

9.3 Всеки ръководител на обект с УТК е длъжен да разработи вътрешен аварийен план за реагиране и прилагане на мерки за ограничаване и ликвидиране на последствията при възникване на аварийни ситуации. Аварийният план периодично се актуализира.

9.4 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. Възможни аварийни ситуации при извършване на дейности с радиационни УТК са:



- изгубен или откраднат радиоактивен източник или уред;
- нарушена цялост на излъчвателния блок или разхерметизиран радиоактивен източник;
- изпадане на радиоактивния източник от излъчвателния блок;
- неизправност при монтажа на източника;
- повреда на механизма, който привежда източника в работно и неработно положение ;
- падане на стационарен УТК поради повреда на закрепващото устройство;
- превишена допустима доза на някой от персонала, вследствие нарушаване на установените изисквания и правила за радиационна защита или за безопасна експлоатация на УТК;
- пожар, взрив, наводнение, земетресение или друго извънредно събитие.

9.5 Аварийният план на обект с УТК 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 (ГДНСПБЗН) и МЗ (НЦРРЗ, 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.

9.6 Мерки, които се предприемат за овладяването на аварийната ситуация са:

- определяне на произхода и обхвата на радиационния инцидент;
- определяне дали е нарушена целостта на радиоактивния източник.
- екраниране на радиоактивния източник;
- осигуряване на контролирана зона около всеки незащитен източник
- ограничаване на достъпа до контролираната зоната;
- преместване на хората на безопасно разстояние и предотвратяване на неконтролиран достъп;
- преместване на източника, ако е необходимо;
- мониторинг на персонала и оборудването, напускащо контролираната зона
- ограничаване на разпространението на замърсяване;
- изпълняване на всички действия, предвидени в аварийния план за ограничаване на инцидента;
- анализ на обстоятелствата на инцидента - оценка, измервания и изчисления необходими за определяне на коригиращи действия;
- изчисляване на дозите на персонала и населението засегнати от инцидента;

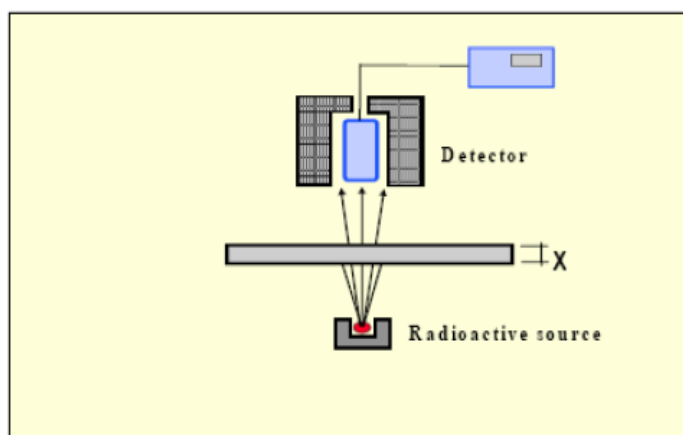
9.7 Всеки ръководител на обект с УТК е длъжен да уведомява своевременно АЯР в случай на инцидент, авария или друго извънредно събитие с възможни радиационни последствия, в съответствие с изискванията на Наредбата за условията и реда за уведомяване на АЯР за събития в ядрени съоръжения и обекти с ИЙЛ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

I. ВИДОВЕ УРЕДИ В ЗАВИСИМОСТ ОТ ФИЗИЧНИЯ ПРОЦЕС ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НА ЙОНИЗИРАЩИТЕ ЛЪЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОТО

I.1. УРЕДИ, ИЗПОЛЗВАЩИ ЕФЕКТА НА ПОГЛЪЩАНЕ НА ЙОНИЗИРАЩИТЕ ЛЪЧЕНИЯ

При този вид уреди материалът, който трябва да бъде измерен се поставя между радиоактивния източник и детектора, така че йонизиращото лъчение да премине през него. Материалът отслабва излъченото от източника лъчение (бета частиците или фотоните) преди да стигне до детектора. При този тип измерване и детектора и източника могат да бъдат насочени. Интензитетът на лъча, отчетен от детектора е функция на няколко параметъра от характеристиките на материала. (Фиг. 1)



Фигура 1. Принцип на метода на поглъщане

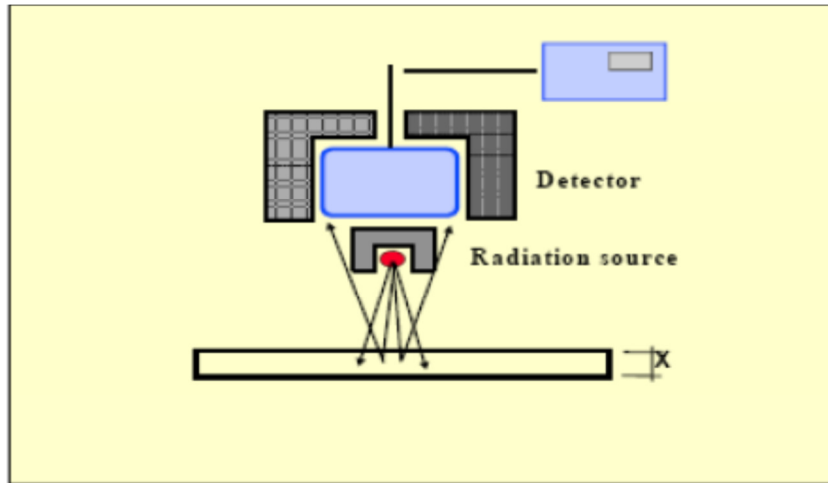
На този принцип се основава действието на следните видове уреди за технолог. контрол: радиационни нивомери, дебеломери, плътномер, радиационни везни за транспортни ленти, радиоизотопни пелеломери за транспортни ленти, радиационен преброявател на предмети.

Примери със снимков материал за описаните по-горе уреди за технологичен контрол са показани в Приложение 2.

I.2. УРЕДИ, ИЗПОЛЗВАЩИ ЕФЕКТА НА РАЗСЕЯНОТО ЙОНИЗИРАЩО ЛЪЧЕНИЕ - β И γ

Взаимодействието на йонизиращите лъчения с веществото, които водят до разсейване, са различни и зависят, както от свойствата на самото лъчение, така и на веществото. Измерването на разсеяното лъчение разширява значително възможностите за създаване на уреди за непрекъснат и автоматизиран технологичен контрол на дебелината на листови материали, на дебелината на покрития и др. β -частиците имат оптимални свойства за измерване на метални покрития с дебелина до 100-200 μm , а на неметални – до 500 μm . Методите за контрол, основаващи се на принципа на разсейването, са особено ценни в случаите, когато имаме достъп само до едната страна на контролирания обект.

Методът на разсейване е показан на Фиг.2.



Фигура 2. Принцип на метода на разсейване

1.2.1 Обратно разсейване на β - частици

β - частиците са много леки и лесно променят посоката си на движение във веществата. В някои случаи при попадането си върху плътна повърхност могат дори да се върнат обратно в средата, от която идват – променят посоката си на повече от 90° . Това може да става както в резултат от единичен удар, така и след няколко последователни удара, при които частицата последователно променя посоката на движението си. *Този процес се нарича обратно разсейване на β - частиците.*

1.2.1.1 Зависимост от дебелината на разсейващия материал

Ако разсейващия материал е много тънък, повечето β - частици ще преминат през него, като загубят малка част от енергията си и леко ще се отклонят. Много малко β - частици ще се разсеят на ъгъл по-голям от 90° т.е. ще се отразят. При увеличаване на дебелината вероятността за взаимодействие се увеличава и все повече β - частици ще изпитват обратно разсейване. В резултат на това при дебелина на разсейвателя, по-големи от приблизително половината от пробегата на β - частиците, броят на обратно разсеяните достига максимална стойност и остава постоянен.

1.2.1.2 Зависимост от ъгъла на разсейване

Коефициентът на обратно разсейване (алbedo) на β - частиците силно зависи както от ъгъла на падане, така и от ъгъла на разсейване. Вероятността за разсейване е най-голяма, когато ъгълът на падане е равен на ъгъла на разсейване, а посоките на падащата и разсеяната β - частица и перпендикулярът към разсейвателя в точката на отражение лежат в една равнина, т.е. когато е спазен закона за отражение на светлината.

1.2.1.3 Зависимост от химичния състав на разсейващия материал

Интензитетът на обратно разсеяното β - лъчение зависи съществено от поредния номер на атомите, от които е съставен разсейвателя. Едновременното изследване на зависимостта на интензитета на обратно разсеяните β - частици от ъгъла на падане и атомния номер на разсейвателя показва, че с увеличаване на ъгъла на падане (съответно на разсейване) интензитетът на разсеяното лъчение расте, като постепенно намалява зависимостта от атомния номер. Поради това най-добрата геометрия за определяне на атомния номер на разсейвателя е при нормално падане и отражение.

1.2.2 Обратно разсейване на γ - кванти.

При компютново взаимодействие част от γ - квантите могат да се разсеят на ъгли, по-големи от 90° . В такъв случай се наблюдава обратно разсейване.



Комптъновото разсейване се осъществява от свободни електрони, т.е. то не трябва да зависи от материала на разсейвателя, а само от броя електрони в него. В действителност обаче разсеяните γ -кванти взаимодействат с разсейвателя и чрез фотоэффект. Поради това техния брой и енергийно разпределение зависят както от поредния номер, така и от плътността и геометричните размери на разсейвателя.

Измерването на плътността на големи по обем материали с помощта на обратно разсеяно γ -лъчение намира широко приложение в сондажните проучвания.

За определяне съдържанието на някои тежки елементи в леки среди може да се използва метод, основан на измерване на интензитета на комптъново разсеяние назад от анализираната среда γ -кванти. Методиката за измерване и определяне на съдържанието на анализирания елемент е подобен на тази, която се прилага при анализа по метода на обратно разсеяни β -частици.

В някои случаи за бърза оценка на съдържанието на тежки елементи се използва метод, основаван на зависимостта на ефективното сечение на кохерентното разсейване на γ -квантите от атомния номер на веществото. Кохерентното (релеевското) разсейване е процес на взаимодействие на γ -квантите със свързани в атомите електрони. Ако след взаимодействието електронът се връща в първоначалното си състояние (за разлика от комптъновото разсейване) γ -квантите не променят енергията си, а само посоката на движение.

На принципа на разсеяното йонизиращо лъчение β и γ се основава действието на следните УТК:

- Дебеломери за измерване на дебелини на покрития - например помедняване на отворите на печатните платки;
- Прибори за химичен анализ – определяне съдържанието на химични елементи с големи и средни атомни номера;
- Отражателни дебеломери (регистриране на обратно разсеяното чрез Комптънов ефект γ лъчение) – прилагат се за непрекъснат контрол на дебелината на листови материали, дебелина на стени на тръби ;
- Плътномери по разсеяно γ лъчение – за сондажни проучвания.

1.3. УРЕДИ, ИЗПОЛЗВАЩИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕТО НА НЕУТРОНИ С ВЕЩЕСТВОТО

Някои характерни особености на взаимодействие на неутроните с веществото позволяват да бъдат създадени различни методи и прибори за изследване.

1.3.1 Неутронният метод за определяне на влажността на материалите се основава на принципа на забавянето и разсейването на неутрони, което се извършва най-ефективно от водородни ядра. Този метод позволява да бъдат създадени преносими, лесно обслужвани влагомери, които дават бързи и със задоволителна точност резултати, без разрушаване на изследвания материал.

1.3.2 Неутронно-абсорбционния метод се използва за контрол на химичния състав на анализираната проба по поглъщането на неутрони от нея. Той се прилага за анализ на елементи, ядрата на които притежават голямо сечение за поглъщане или разсейване на бавните неутрони. Методът не е прецизен, но поради своята експресност и лекота на провеждане намира приложение при анализа на прости по състав руди и рудни концентрати.

1.3.3. Неутронен активационен метод

Липсата на електронен заряд позволява на неутроните лесно да проникнат в атомните ядра и да предизвикат ядрени реакции.



При взаимодействието на неутроните с ядрата на атомите на анализирувания елемент възниква ядрена реакция (n, γ). При тази реакция преминаването на ядрата от възбудено състояние в основно води до изпускането на γ -кванти с различен спектрален състав. По излъчените γ -кванти може да се провежда прецизен и чувствителен анализ. На основата на този метод са конструирани неутронните активационни анализатори. Като ИЙЛ се използват неутронен генератор или ^{252}Cf .

I.4. УРЕДИ НА БАЗАТА НА РЕНТГЕНО-СПЕКТРАЛНИТЕ МЕТОДИ

Рентгено-спектрални методи са предназначени предимно за бърз анализ на различни химични елементи в руди, минерали, концентрати, сплави и др.

I.4.1. Рентгенофлуоресцентен анализ (РФА).

С помощта на йонизиращо лъчение се възбуждат атоми на определени елементи в пробата. С подходяща измервателна апаратура се анализира характеристичното лъчение, излъчвано от възбудените атоми. По енергията на рентгеновите кванти се идентифицира химичният елемент в пробата, а по интензитета на рентгеновите кванти се измерва количеството му. Като източник на ЙЛ се използва рентгенова тръба или радионуклиди

Рентгенофлуоресцентният елементен анализ се основава на използването на характеристичното рентгеново излъчване на елементите. Това лъчение се получава на два етапа:

1. Избива се някой от вътрешните електрони на атома (K, L или M). Това може да стане посредством взаимодействие с гама или рентгеново лъчение;
2. Свободното място в електронния слой веднага се запълва с електрон от по-горните електронни слоеве. При това се излъчва фотон – рентгенов квант с енергия, равна на разликата между енергиите на електроните от по-горния и по-долния електронни слоеве.

Ако детекторът, с който наблюдаваме характеристичното рентгеново лъчение, дава електрически импулс, пропорционален на енергията на регистрирания рентгенов квант, може да се разпознае атомът на кой химичен елемент е излъчил този квант. Това става защото енергиите на характеристичните рентгенови кванти са различни за различните химични елементи.

РФА се използва също и за измерване на дебелини на покрития. Дебелината може да се измерва по два начина: по интензивността на характеристичното лъчение на покритието или по намаляване на характеристичното лъчение на подложката при преминаване през покритието. Понякога и двата метода се използват едновременно.

I.4.2 Абсорбционен рентгено-спектрален анализ.

Йонизиращото лъчение преминава през разсейвател, където се поражда характеристично рентгеново лъчение. То преминава през селективен филтър, пробата и се регистрира в детектор. Селективният филтър се подбира така, че да поглъща силно първичното лъчение на източника и да пропуска характеристичното лъчение на разсейвателя. По този начин се подобрява моноенергийността на лъчението. По степента на отслабване на интензитета на характеристичното лъчение, преминаващо през пробата, се съди за съдържанието на даден елемент. Като източник на ЙЛ се използва рентгенова тръба.

I.5. УРЕДИ, ОСНОВАВАЩИ СЕ НА ПРИНЦИПА НА ИЗМЕНЕНИЕ НА ПОДВИЖНОСТТА И РЕКОМБИНАЦИЯТА НА ЙОНИТЕ

Подвижността на газовите йони е голяма и е числено равна на средната скорост на движение на йоните с определен знак и при определен интензитет на електричното поле.



Подвижността на йоните е важна характеристика за работния газ, като е различна за различните газове. Отрицателните йони имат малко по-голяма подвижност от положителните. Подвижността на електроните е голяма и е еднаква за всички газове.

Едновременно с процеса на йонизация в газа протича и процес на рекомбинация, в резултат на което част от йоните, създадени от йонизиращото лъчение се губят. Вероятността за рекомбинация в даден газ се определя от коефициента на рекомбинация, а той от своя страна зависи обратнопропорционално на скоростта на движение на йоните, а от там – от интензитета на електричното поле.

На принципа на изменение на подвижността и рекомбинацията на йоните на газа, създадени от лъчението на радиоактивен източник, са конструирани газовите анализатори. Те служат за измерване и сигнализация при натрупване на вредни за здравето примеси на газове, пари и дим. Най-разпространените уреди, основаващи се на този принцип са:

- Йонизационен газов анализатор – използва се като преносим уред с батерийно захранване за откриване на метан, дим пожар, отровни вещества и др.;
- Пожароизвестителни йонизационни датчици – предназначени да реагират и сигнализират при поява на пожар.

1.6. УРЕДИ, ОСНОВАВАЩИ СЕ НА ЙОНИЗИРАЩОТО ДЕЙСТВИЕ НА α ЧАСТИЦИТЕ

В много промишлени процеси преработването на различни материали се съпровожда с наелектризирането им – на повърхността им се натрупват заряди статично електричество, поради триенето на материали в детайлите на машината. Добрите електроизолационни качества на много съвременни материали и високите скорости на обработване, създават електростатични потенциали от десетки и стотици киловолти. Това предизвиква силни електрически разряди, които могат да повредят продукцията (например скъсване на нишки в текстилната промишленост), да предизвикат пожари, травми на хората и др.

Най-ефективното средство против електростатичните заряди са радиоизотопните неутрализатори. В тях се използва йонизиращото действие на α - частиците, които правят въздуха електропроводящ. В зависимост от знака на зарядите на повърхността на материала те ще привличат йоните с противоположен знак и ще се неутрализират. Едноименните йони се движат в противоположната посока и се неутрализират на заземените детайли.

Радиационните неутрализатори имат редица предимства пред другите неутрализатори: проста конструкция, надеждна експлоатация, не изискват захранване, повишават производителността на машините, подобряват условията на труда на обслужващия персонал, не изискват специални условия за съхраняване и експлоатация, взривобезопасни са.

Въпреки изброените предимства, никога не бива да се забравя, че един неутрализатор е мощен α – радиоактивен източник и най-малката небрежност и неспазване на инструкциите за експлоатацията му могат да доведат до радиационни аварии. Винаги трябва да се има предвид, че радиоактивното вещество на неутрализатора не е покрито, а е само прилепнало към подложката. Поради това то лесно може да бъде разрушено и да се стигне до радиоактивно замърсяване на съоръженията и хората.

Радиоизотопните гръмоотводи също използват способността на йонизиращото действие на α - частиците да направят въздуха електропроводящ.



I.7. ИЗПОЛЗВАНЕ МЕТОДА НА БЕЛЯЗАНИТЕ АТОМИ ЗА ТЕХНОЛОГИЧЕН КОНТРОЛ

Методът на белязаните атоми позволява опитно да се изучат процеси, които са много трудни или въобще недостъпни за изследване по друг начин. Важен момент от провеждането на изпитвания по този метод е изборът на радионуклид. Той трябва да отговаря на следните изисквания:

- Да бъде съставка от изследвания материал, за да участва заедно с него в процесите, протичащи в разглежданата система;
- Периодът на полуразпадане да бъде приблизително равен на времето на експеримента – от порядъка на дни и часове;
- Лъчението да преминава през стените на съдовете, затварящи контролираното вещество – тръбопроводи и др.

При приложение на метода на радиоактивните индикатори най-много се използват радионуклидите: ^{198}Au , ^{32}P , ^{131}I , ^{24}Na , ^{82}Br и др.

Най-напред се получава белязано съединение с определен радионуклид. В зависимост от конкретния случай белязаната смес се въвежда в изследвания обект: чрез непосредственото му изсипване с манипулатор; чрез инжектиране; чрез внасянето му по повърхността на изследвания обект и др.

Въведеното радиоактивно вещество попада най-често в молекулите на изследвания обект и заедно с тях претърпява всички процеси, протичащи в него: движи се със същата скорост, дифундира, химически реагира и др.

Измерва се лъчението от белязания обект, за да се следи движението и количеството на радионуклида, което дава указание за протичащите процеси в системата. Възможни са следните начина на измерване: с вземане на проби от белязания материал, когато той се намира на различни места по производствената линия или с непрекъснат контрол на лъчението.

Методът на белязаните атоми в промишлеността се използва най-широко в машиностроенето с цел изследване на износването на триещи се детайли, режещи инструменти, детайли на двигатели с вътрешно горене и др.

В металургията с радиоактивните индикатори много задълбочено се изучават процесите на топене, на хомогенност на шихта, на наличие на примеси в нея, поведението на металите при различните условия и др. Това спомага за създаване на така необходимите за развитието на техниката стомани, сплави и други материали с разнообразни механични, физични и химични свойства.

II. ВИДОВЕ УРЕДИ ЗА ТЕХНОЛОГИЧЕН КОНТРОЛ СПОРЕД ТЯХНОТО ПРИЛОЖЕНИЕ

Съществува широка гама от уреди за технологичен контрол (УТК), намерили приложение за контрол в различни производства за стопански цели.

Неразделна, основна част от всеки радиационен уред за технологичен контрол на производствените процеси е излъчвателният блок. Той представлява работен защитен контейнер с радиоактивен източник. В зависимост от типа на уреда и разположението му в експлоатационни условия, от вида на радиоактивния източник и активността му, конструктивното изпълнение на излъчвателния блок е различно. В някои случаи той се вгражда в конструкцията на уреда, а в други е независима част.



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности с уреди
за технологичен контрол

Най-често използваните източници на йонизиращи лъчения, вградени в УТК, както и областите им на приложение, са посочени в Табл.1

Таблица 1. Областите с най-широко приложение на УТК и ИЙЛ, вградени в тях

УТК, използвани за	Източници
Измерване на дебелина на хартия	^{85}Kr , ^{90}Sr , ^{147}Pm , ^{204}Tl
Дебелина на материали и покрития	^{241}Am , ^{137}Cs , ^{85}Kr , ^{90}Sr
Геоложки проучвания и добив на суровини	$^{241}\text{Am-Be}$, ^{137}Cs
Ниво и плътност на течности в химическата промишленост	^{137}Cs , ^{60}Co
Плътност на почва	^{137}Cs
Влага на почви и насипен материал	$^{241}\text{Am-Be}$, ^{252}Cf , $^{239}\text{Pu-Be}$
Ниво на течности в хранителната промишленост и преброяване на предмети	^{241}Am
Управление смесването на суровината при производството на цимент	n генератор с ^3H мишена, ^{252}Cf
Тегло на насипни материали и пепелно съдържание на въглища	^{137}Cs , Cs ^{241}Am + ^{137}Cs
Пожароизвестителни датчици	^{85}Kr , ^{239}Pu , ^{241}Am
Монитор за замърсяване на въздух	^{147}Pm , ^{14}C
Гръмоотвод	^{226}Ra , ^{241}Am

В Табл.2 е посочен типа лъчение на радионуклидите в УТК.

Таблица 2. Типове йонизиращо лъчение в зависимост от изотопа, вграден в УТК

Радиоизотопи	Тип лъчение
Прометий - 147	Бета
Въглерод -14	Бета
Талий - 204	Бета
Криптон - 85	Бета
Стронций/Итрий - 90	Бета или Гама
Тритий -3	Бета
Америций - 241	Гама или Алфа
Цезий - 137	Гама
Кобалт - 60	Гама
Иридий-192	Гама
Никел-63	Гама или Бета
Плутоний – 238 или -239	Алфа
Америций – 241/Берилий	Неутронно
Калифорний - 252	Наутронно
Желязо - 55	Рентгеново
Кадмий - 109	Рентгеново



Видовете уреди за технологичен контрол според тяхното приложение и физичен метод:

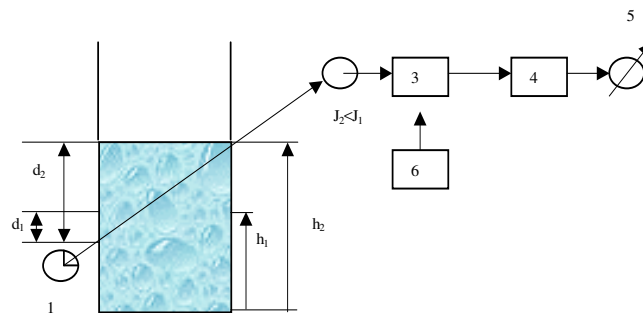
- Нивомери
- Дебеломери
- Плътномери
- Пепеломери и радиационни везни
- Уреди за измерване на концентрация
- Преброители на предмети
- Гама-неутрон анализатори за поточни насипни материали – въглища, цимент
- Уреди за каротаж
- Неутронни влагомери
- Неутронен генератор
- Рентгенофлуоресцентни анализатори и прибори за химичен анализ
- ПИД
- Газови анализатори
- НСЕ, гръмоотводи
- Уреди използващи природната радиоактивност

II.1 РАДИАЦИОННИ НИВОМЕРИ

Радиационните нивомери осигуряват контрол на нивото с висока точност на най-отговорните участъци в производството, позволяват автоматично поддържане на определено ниво и са незаменими в места с високи температури, влажност и наличие на агресивна среда. Радиационни нивомери се използват в нефтената промишленост за поддръжка на нивото на нефтопродуктите, в металургията за определяне на нивото на метала в пещите и др.

В зависимост от предназначението си радиационните нивомери се делят на измерватели на ниво, следящи нивомери и нивосигнализатори – регулатори.

II.1.1 Принципно устройство и действие на нивомер



Фиг. 3 Блокова схема на нивомер

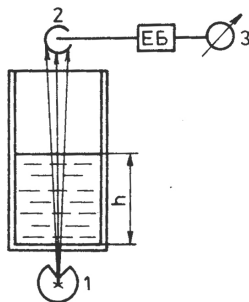
Блоковата схема включва излъчвателен блок 1 и детектор 2, разположени от двете страни на съда, в който ще се следи нивото на материала. Следващият елемент е електронният блок 3, 4 предназначен да дискриминира, формира и усилва импулсите от детектора, получени под действие на йонизиращите лъчения и да ги предаде за измерване на микроамперметъра 5. Колебанията на нивото могат да се записват с електронен самопищещ потенциометър. Необходимите напрежения се получават от високоволтов полупроводников преобразувател 6.

Йонизиращото лъчение преминава през съда и контролирания материал и достига до детектора с интензитет, определен от нивото на материала. При височина h_1 лъчението преминава през слой d_1 от материала и се получава интензитет J_1 . При височина h_2 лъчението преминава през по-голям слой d_2 . В резултат лъчението достига до детектора с



намален интензитет J_2 . Съответно с изменение на интензитета на лъчението се променя и честотата на импулсите N , измерена след подходяща обработка с микроамперметър.

II.1.2 Нивомер с надлъжно пролъчване на материала



Фиг. 4. Нивомер с надлъжно пролъчване на материала

Източникът 1 с начален интензитет J_0 и детекторът 2 са разположени отдолу и отгоре извън съда.

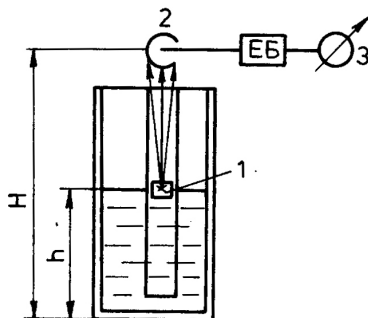
Лъчението преминава през материала перпендикулярно на нивото му. Интензитетът на преминалото лъчение J , съответно честотата на импулсите N , отчетени с интензиметъра 3, зависят от височината h , на която се намира нивото на материала по закона

$$J=J_0e^{-\mu h} \quad \text{съответно} \quad N=N_0e^{-\mu h}$$

След решаване спрямо h се получава :

$$h=\frac{1}{\mu} \ln \frac{N_0}{N}$$

II.1.3 Нивомер с радиоактивен източник в поплавак



Фиг. 5. Нивомер с радиоактивен източник в поплавак

Радиоактивният източник се намира в поплавак 1, който винаги стои на повърхността на течността. Детекторът 2 се намира срещу източника отгоре вън от съда. Радиоактивният източник мени своето положение едновременно с изменение нивото на течността. Съответно с това се изменя интензитетът на лъчението J , като намалява обратно пропорционално на квадрата на разстоянието между източника и детектора $R=H-h$. По същия закон се изменя честотата на регистрираните импулси N на изхода на нивомера при промяна на нивото на течността:

$$J=\frac{J_0}{R^2}; \quad N=\frac{N_0}{(H-h)^2}$$

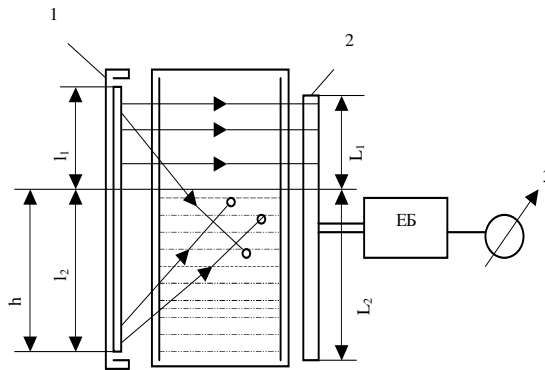
От формулите се вижда, че скалата на електроизмервателния уред на такъв нивомер е квадратична функция на нивото, което затруднява автоматичния запис и регулирането му. Предимството на тази система е, че може да използва източник с малка



активност, тъй като лъчението преминава от източника до детектора през въздух, а не през поглъщащата среда. Също така могат да се измерват малки промени на нивото, защото изходният сигнал зависи от квадрата на височината на нивото на течността.

II.1.4 Нивомер с диаметрално пролъчване

Радиоактивен линеен източник 1 и линеен детектор 2 (Фиг.6) са монтирани успоредно от двете страни на съда. Източникът е обикновено тел, съдържаща ^{60}Co или ^{137}Cs , или тръба в която са подредени през определени разстояния малки източници с еднаква активност. Източникът се поставя в защитна тръба, в която има надлъжен прорез за излизане на колимиран сноп лъчение.

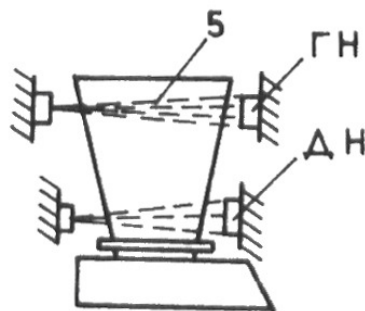


Фиг. 6 Схема на нивомер с диаметрално пролъчване на съда

II.1.5 Радиационни нивосигнализатори.

Предназначението им е да подават сигнали на разстояние за нивото на материала в отворени и затворени съдове, както и да го регулират до предварително зададено ниво. Използват се, когато не е необходимо да се следи нивото, а само да се поддържа в определени граници.

Устройство и действие. За нивосигнализатор се използва радиационно реле, най-често с γ -източник. Да разгледаме действието на нивосигнализатор за регулиране на нива в циментов бункер. Обикновено се контролира напълването на бункера – горно ниво и изпразване на бункера – долно ниво. Детекторът и източникът се монтират от двете страни на бункера в една плоскост, например горно ниво (ГН) (фиг. 7).



Фиг. 7 Схема на разположението на нивосигнализатори

Източникът е колимиран. Когато материалът е под горно ниво, до детектора достига достатъчно интензивно лъчение, което задейства радиационното реле. Когато нивото на материала се повиши до плоскостта на детектора и източника, материалът отслабва интензитета на лъчението, от което релето преминава в състояние на отпускане. Това е указание, че горното ниво е превишено-бункерът е запълнен. Тогава информационно-управляващият блок подава съответните сигнали и команди. Аналогично е действието на радиационен нивосигнализатор за контролиране на долно ниво (ДН).



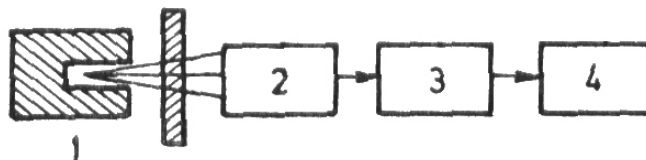
Характерна особеност за нивосигнализаторите, както следва от изложеното дотук е, че при тях не е необходимо да се мери точният интензитет на лъчението. Това е голямо предимство, което обуславя висока точност, надеждна работа и просто устройство на нивосигнализаторите.

II.1.6 Радиационно реле за регулиране на ниво

Радиационното реле е релеен уред, който реагира само при скокообразно изменение на падащото върху детектора лъчение. Задейства се в момента, когато интензитетът на лъчението достигне някаква предварително зададена стойност – праг.

В интервала от време, когато интензитетът на лъчението не е в определените граници около прага, релето е в чакащ режим. Ето защо релето е предназначено да показва наличието или отсъствието на контролирания материал или определена стойност на негов физичен параметър, като плътност, дебелина и др.

II.1.6.1 Принципно устройство. На фиг.8 е показана блоковата схема на радиационното реле. Двата му основни елемента - излъчвателният блок 1 и детекторът 2, се намират от двете страни на контролирания обект. Детекторът може да бъде газоразряден, сцинтилационен или полупроводников брояч.



Фиг. 8 Принципно устройство на радиационно реле

Следващият основен елемент е електронният блок. Предназначението му е да обработи по подходящ начин изходните електрически сигнали от детектора и да ги подаде към някое информационно или изпълнително устройство.

II.1.6.2 Действие на радиационното реле. Релето има две основни състояния, наричани прагове, които достига при определени стойности броя попаднали върху детектора частици. Едното състояние е при по-голяма интензивност на регистрираното от детектора лъчение, другото – при по-малка.

II.1.6.3 Приложение: Радиационните релета намират широко приложение за котролиране и регулиране на нива на течности и за преброяване на детайли. Използват се в пивоварните фабрики и фабриките за безалкохолни напитки. Като източник на ЙЛ най-често се използва γ лъчението на ^{241}Am .

В Приложение 2, фигура 11. е показан измервателен уред, монтиран на поточна линия за запълване на кенове. Лъчът преминава през опаковката (кен, картон) на напитката и по интензитета на преминалия лъч се определя нивото на напълване.

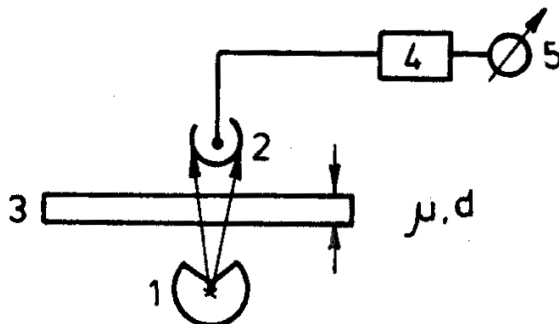
II.2. РАДИАЦИОННИ ДЕБЕЛОМЕРИ

Повишаването на производителността и качеството на съвременното производство налага нарастване на скоростта на извършване на някои операции и намаляване на допуските в размерите на детайлите. Най-подходящи за целта се оказват безконтактни радиационни дебелимери. Използват се за точно измерване на дебелината на листовата продукция, на тръби, отливки и др.



II.2.1 Принципно устройство и действие

В принципната схема на радиационен дебеломер (фиг. 9) влизат: радиоактивен източник 1, детектор 2, електронен блок 4 и информационно-управляващ блок 5. Контролираният материал 3, намиращ се между детектора и източника, има коефициент на отслабване μ и дебелина d .



Фиг. 9 Принципна схема на радиационен дебеломер

Потокът β - частици или γ -кванти от източника 1 имат интензитет J_0 , когато няма материал между източника и детектора, и интензитет $J < J_0$, когато между тях се намира контролираният материал. Отслабването на интензитета на лъчението след преминаването му през материала протича по познатия закон $J = J_0 e^{-\mu d}$. Следователно интензитетът на лъчението J , достигнало до детектора, зависи от началния интензитет J_0 , от μ и от дебелината d . За даден източник J_0 се колебае около една постоянна средна стойност, а коефициентът на отслабване μ е постоянен за дадено вещество. Следователно интензитетът на преминалото лъчение зависи само от дебелината на контролирания материал. За дебелината на обекта се получава:

$$d = \frac{1}{\mu} \ln \frac{J_0}{J}$$

Изразът показва, че по измерения интензитет на лъчението при постоянно J_0 и μ може да се определи дебелината. Интензитетът на лъчението се измерва с електронния блок и по отчетената скорост на броене информационно-управляващият блок следи дебелината на контролирания материал.

Доказано е, че при измерване на дебелина на материали по радиационен метод средно квадратичната статистическа грешка има минимум при $\mu d = 2$, а максималната чувствителност се получава при $\mu d = 1$. Следователно, за да се конструира радиационен дебеломер с максимална чувствителност и минимална грешка, трябва да е спазено условието $1 < \mu d < 2$. За дадено производство дебеломерите измерват определена дебелина на вещество с познато μ . Остава да се избере радионуклид с лъчение, което има такава енергия, че коефициентът на отслабване μ да има стойност, отговаряща на посоченото изискване. Въз основа на изложеното са уточнени подходящи радионуклиди за измерване на стоманени изделия с различни дебелини, дадени в таблица 4.

Таблица 4 Радионуклиди, подходящи за определени дебелини

Лъчение	γ	γ	γ	γ	β	β	β
Дебелина на стомана, mm	66	До 44	3-0,4	1	0,8-0,03	80-800 g/m ²	20-200 g/m ²
Радиоактивен източник	⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs	¹⁷⁰ Tm	¹⁴⁴ Ce	⁹⁰ Sr	²⁰⁴ Tl	¹⁴⁷ Pm

II.2.1 Гама-отражателни дебеломери

На базата на регистриране на обратно разсеяното чрез Комптънов ефект γ -лъчение са конструирани различни стационарни и преносими γ -отражателни дебеломери. Те се



прилагат за непрекъснат контрол на дебелината на листови материали, на дебелината на стените на тръби и др.

В стационарните γ -отражателни дебеломери обикновено се използват източници от кобалт-60 с активност до 3 GBq. Разсеяното лъчение се регистрира със сцинтилационен детектор, свързан с едноканален анализатор. Едноканалният анализатор дава възможност по електронен път да се отдели за измерване само една част от γ -квантите с енергия в областта около пика на обратното разсейване. Обхватът на измерваните дебелини е от 0,8 до 15 mm с точност $\pm 5\%$.

В преносимите γ -отражателни дебеломери се използват по-слаби радиоактивни източници (например ^{60}Co с активност до 3,7 MBq). В тях за отделяне на разсеяното от падащото лъчение се прилага екраниране на радиоактивния източник. Това позволява целият прибор (източник, оловен екран, сцинтилационен детектор и опростена електронна схема) да се оформи в лека конструкция. Този прибор може да се използва в рудодобивната, химичната и металургичната промишленост, в топло- и електроцентрали, в захарни заводи и др., където е необходим редовен контрол за износването на тръби, котли, съдове под налягане. Уредът може да бъде използван и за контролиране на изтъняването на стените в резултата на корозия и ерозия, за определяне натрупването на котлен камък или за контрол на нивото в затворени обеми.

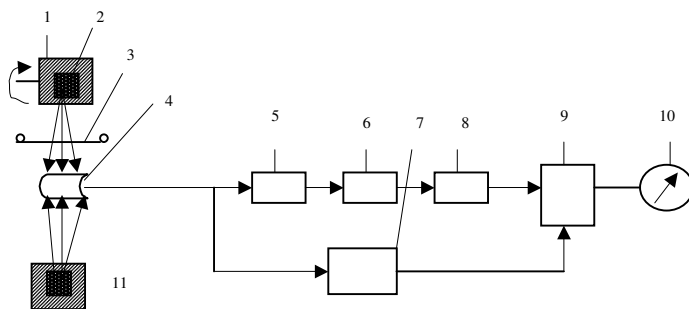
II.2.2. Бета отражателни дебеломери

Те се използват най-често за определяне на дебелината на покрития - например калай върху листово желязо, злато върху мед или пластмасов филм върху метал. Условието при които се разглежда принципът на метода са следните:

- дебелината на подложката е по-голяма от дебелината на насищане за обратното разсейване на даденото бета лъчение;
- дебелината на покритието е по-малка от съответстващата на веществото му дебелина на насищане;
- атомните номера на веществата на подложката и на покритието се различават значително.

Устройството на такъв уред е следното: източникът и детекторът на бета лъчи са закрепени на рамка, която може да се позиционира над изследвания обект на малко разстояние от него. Детекторът е екраниран така, че в него да не попада пряко лъчение от източника, а само отразено под определен ъгъл лъчение от изследвания обект. Ако атомният номер Z на веществото на покритието е по-голям от атомния номер на веществото на подложката, то интензитетът на регистрираното от детектора обратно разсеяно бета лъчение нараства с дебелината на покритието. Ако е налице обратното съотношение на атомните номера, интензитетът на регистрираното обратно разсеяно лъчение намалява с увеличаването на дебелината на покритието.

II.2.3 Радиационен дебеломер, изпълнен по метода “контролен сигнал”



Фиг. 10 Блокова схема на дебеломер, изпълнен по метода “контролен сигнал”



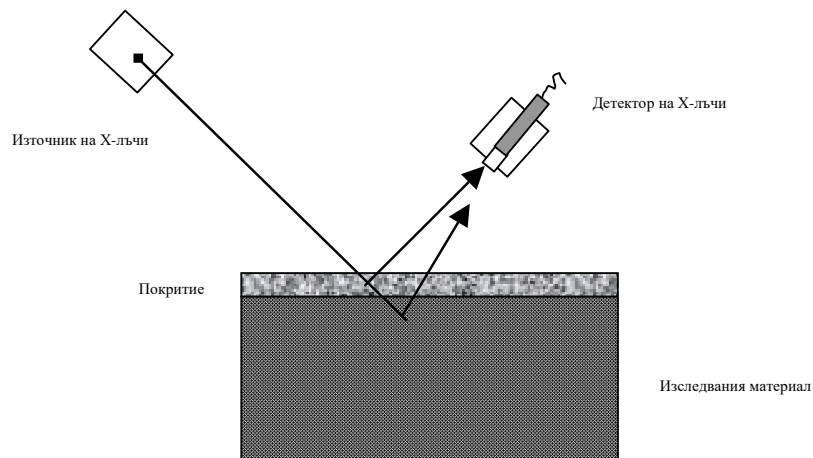
На фиг. 10 е показана блоковата схема на γ -дебеломер (работещ на този принцип), предназначен за непрекъснато безконтактно измерване дебелината на стоманена лента в процеса на валцоване. За източници на γ -лъчение 2 и 11 се използва ^{170}Tm . Източник 2 е основен, а 11 - контролен. γ -лъчението се модулира от obturator – поглъщател 1, преминава през контролирания материал 3 и попада на сцинтилационния детектор 4. От изхода на сцинтилационния брояч сигналите постъпват синхронно с действието на модулятора по два канала. В единия канал модулираният сигнал от основния източник се подава на емитерен повторител 5, в който влиза линеен усилвател и амплитуден анализатор и се детектира от блока 6. След това се подава на интегратор 8, свързан със сравняващ потенциометър 9. В другия канал контролният сигнал през интегратора 7 се подава на сравняващ потенциометър 9, в който автоматически се сравняват двата сигнала. Отношението на тези сигнали се преобразува в показание на измервателния уред 10, скалата на който е градуирана в единици за дебелина.

Този тип дебеломери се използват и за контролиране дебелината на хартия, на пластмасови листове, фолио от полиетилен, картон, стъкло, линолеум, гума.

II.2.4 Дебеломери, използващи РФА за измерване на дебелини на покрития

Дебелината може да се оценява по два начина: по увеличението на интензивността на характеристичното лъчение на покритието или по намаляването на интензивността на характеристичното лъчение на подложката при преминаването му през покритието – и в двата случая като функция от увеличаващата се дебелина на покритието. Понякога и двата метода се използват едновременно.

Този метод се използва за дебелини на покрития до 20 микрона.



Фиг.11 Принцип на измерване на дебелината на покрития с използване на характеристично рентгеново лъчение

II.3. РАДИАЦИОННИ ПЛЪТНОМЕРИ

Използват се в различните производства на хранителната, хартиената, химическата, металургичната и други промишлености за измерване и регулиране плътността на течности, движещи се по тръбопроводи, на смеси от течности и твърди частици. Течностите могат да бъдат пулпове и суспензии. Класическите методи обикновено изискват контакт с контролираната среда, което затруднява технологичния процес и не позволява автоматично регулиране на плътността в определени граници. Този проблем е решен сполучливо, чрез използването на радиационни плътномери.

Принципът на действие се основава на закона за отслабване на интензивността на йонизиращите лъчения при преминаването им през вещество

$$J=J_0e^{-\mu h}$$



В уравнението μ е линейният коефициент на отслабване за даденото лъчение и среден атомен номер на средата, запълваща тръбата, а d е разстоянието, което изминава лъчението в тази среда. Ако напишем формулата, замествайки μ с масовия коефициент на отслабване на лъчението във веществото μm , формулата изглежда така:

$$J=J_0 e^{-\mu m d} \quad \text{където } h=\rho \cdot d.$$

Ако от нея определим ρ , получаваме принципната зависимост, от която по интензитета на преминалото лъчение можем да намерим плътността. На практика очевидно J_0 и d са постоянни, а μm се оказва, че зависи слабо от осреднения по химическия състав на материала атомен номер Z на средата, стига Z на съставките да не надвишава 35 и енергията на гама лъчението да е между 200 keV и 3 MeV. Следователно има еднозначна връзка между интензивността на преминалото през тръбата лъчение и плътността на материала вътре в нея, при условие, че тръбата е запълнена изцяло. Един такъв уред е показан в Приложение 2.

Логометричен (относителен) метод на измерване на плътност на течни среди

Този метод на измерване на плътност в течни среди – суспензии, позволява постигане на по-голяма ефективност и точност на радиоизотопните методи. Създаден и внедрен е за първи път в България през 90-те години и е показал редица предимства при управлението и контрола на технологичните процеси в минно-обогатителната промишленост. Притежава висока надеждност, бързодействие, точност и др. Логометричният метод за безконтактно измерване на плътност на течни среди се основава на пролъчване на контролирания обект с два колимирани снопа гама-лъчение от един и същ радиоактивен източник. Предимството на метода е, че се намалява грешката на измерване, причинена от фактори като флукутация на температурата, изменение на захранващото високо напрежение и влиянието на ефекта на натрупване в три каналния анализатор на детектирано лъчение. Измервателното устройство за реализиране на логометричния метод включва микропроцесорно управление. [М. Антонова]

Принцип на действие на логометричния метод

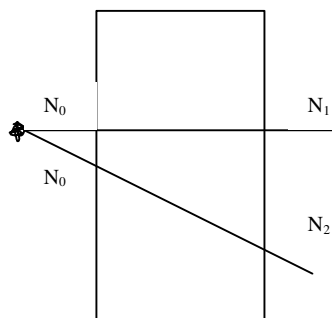
Принципът на действие на логометричния метод, както беше описан по-горе е демонстриран на Фиг.12.

Математическото описание на метода е:

$$\rho = f(N_2/N_1)$$

където:

- ρ е плътността като функция от (N_2/N_1) ;
- N_1 и N_2 са броя на гама квантите от първия и втория колимиращ сноп, съответно след преминаването им през измервателната среда.



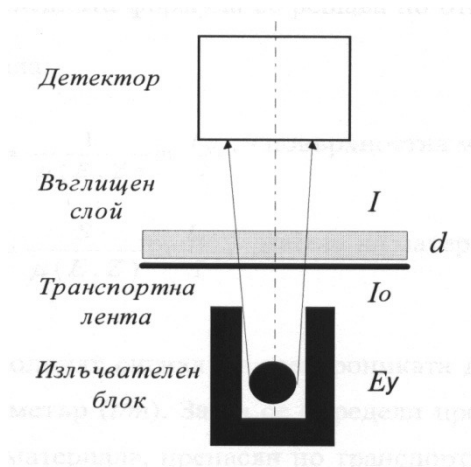
Фиг.12 Схема на действие на логометричния метод за безконтактно измерване на плътност в течни среди

II.4. РАДИОИЗИТОПНА ВЕЗНА ЗА ТРАНСПОРТНА ЛЕНТА

Устройство. Показано е на фиг. 13 (разрез надлъж на лентата). Под транспортната лента, която пренася материал, се монтира линеен радиоактивен източник. Той създава хомогенно лъчево поле по напречния разрез на лентата и върху детектора, поставен над нея. Ако източникът е по-дълъг от широчината на лентата и е разположен на постоянно разстояние от детектора, в средната област е налице хомогенно лъчево поле. Източникът е поставен в лъчезащитен контейнер с колиматор, който ограничава снопа лъчение така, че да обхваща транспортната лента и детектора.

Принцип на действие на радиоизотопната везна

Нека материалът има плътност $\rho(Z)$, масов коефициент на поглъщане $\mu(E, Z)$ и дебелина на слоя d . Гама-лъчението от източник с интензитет I_0 преминава през транспортната лента и слоя материал (например въглища) и излизайки от тях с намален интензитет I , попада на детектора. Детекторът може да бъде газоразряден брояч, йонизационна камера или сцинтилационен брояч. Той се поставя в защитен кожух с колиматор за намаляване влиянието на разсеяното лъчение. В схемата влизат още електронен блок с регистриращ уред и евентуално други устройства за осъществяване на автоматично регулиране.



Фиг.13 Принципна схема на радиоизотопна везна

Принципът на действие на радиоизотопната везна се базира на закона за отслабване на интензитета на гама-лъчението

$$I = I_0 e^{-\mu(E, Z) \rho(Z) d}$$

При преминаване на лъчение с определена енергия E_γ , където коефициентът $\mu(E_\gamma, Z_{eff})$ зависи от така наречения ефективен атомен номер на средата Z_{eff} за конкретното лъчение. При фиксирано разстояние източник-детектор, измервайки отслабването, се определя плътността на материала:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{Sd}$$

където:

m – маса на материала, [kg]

d - дебелина на слоя материал, [m]

S - пролъчвана площ на веществото, перпендикулярна на посоката на разпространение на лъчението, [m²]

Тогава

$$I = I_0 e^{-\mu(E, Z) \frac{m}{Sd}}$$



След логаритмуване се получава:

$$\frac{\ln I}{\ln I_0} = - \frac{\mu(E,Z)m}{S}$$

Последната формула се решава по отношение на масовата дебелина и масата на материала:

за масовата дебелина [kg/m^2]: $\frac{m}{S} = \frac{1}{\mu(E,Z)} \ln \frac{I_0}{I}$

за масата на материала $m = \frac{S}{\mu(E,Z)} \ln \frac{I_0}{I}$

пренасяни с транспортната лента [kg].

Изходният сигнал от електрониката дава масата на материала върху лентата в тонове на метър (t/m). За да се определи производителността на процеса W , а именно масата на материала, пренасян по транспортната лента за единица време (t/m), данните се умножават по скоростта на движение на лентата, която е постоянна

Тогава $W = m \cdot v$

II.5. РАДИОИЗОТОПЕН ПЕПЕЛОМЕР И ВЕЗНА ЗА ВЪГЛИЩА

Радиоизотопни пепеломери за транспортни ленти - измерва количеството и качеството на въглищата (горимата фракция) в зависимост от поглъщането на γ лъчението. При този метод се използват два гама-източника с различни енергии на гама-квантите.

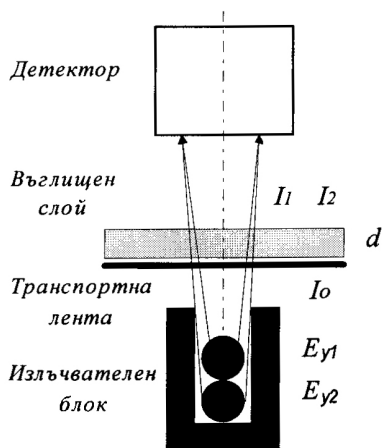
Отчитайки пепелното съдържание на въглищата (%) и знаейки влагата им, емпирично може да се изчисли специфичната калоричност (в kcal/kg), която определя и цената.

Най-широко разпространение са получили приборите, работещи на принципа на измерване на отслабеното или разсеяното от средата гама-лъчение. До успешно решаване на проблема за достатъчно точно определяне на пепелното съдържание на въглища в транспортните потоци се стига при едновременното прилагане на две различни енергии на облъчване, при което се постига максимално елиминиране на влиянието на променливия химичен състав и физични параметри на материала.

Възможни са два принципно различни варианта на това решение:

- измерване на преминаващото гама лъчение с две различни енергии от два източника (фиг. 14)
- измерване на преминало меко гама-лъчение и разсеяно рентгеново лъчение от два източника

Методът се свежда до определяне на средния атомен номер (Z) на измерваната среда, с едновременно отчитане на промените в количеството и физическото състояние на материала. При материали, които се състоят от различно тежки фракции, така нареченият ефективен атомен номер (Z_{eff}), е пропорционален на тяхното съотношение.



Фиг. 14. Принципна схема на радиоизотопната везна-пепеломер по метода на измерване на преминалото лъчение от два източника с различни енергии

Използва се значителната разлика в атомния номер на двете основни фракции въглища: горимата-главно въглерод ($Z_c=6$) и негоримата - глина, алумино-силикати, карбонати и други минерали ($Z_{eff}\approx 12$).

Ето защо за непрекъснато измерване на количество и качество на въглища върху транспортни ленти е избран методът на измерване на отслабването на две преминали лъчения, което се основава на закона за отслабване на гама-лъчението при преминаването му през дадена среда:

$$I=I_0e^{-\mu(E,Z)\rho(Z)d}$$

където:

I – интензитет на преминалото през средата лъчение;

I_0 - интензитет на лъчението в отсъствие на средата (в конкретния случай при празен транспортър);

$\rho(Z)$ - относително тегло (плътност) на средата, [g/cm^3];

d - дебелина на слоя, [cm];

$\mu(E, Z)$ - масов коефициент на отслабване [cm^2/g], характеризиращ отслабването на гама-лъчението от дадената среда в зависимост от енергията на това лъчение. При преминаване на лъчение с определена енергия E коефициентът $\mu(E, Z)$ зависи от ефективния номер на средата (Z_{eff}) за конкретното лъчение.

През средата (въглищата) се пропуска гама-лъчение, съдържащо едновременно две енергии- ниска (L) и висока (H). Отслабването на лъчението с висока енергия практически не зависи от химичния състав на средата. То може да служи за измерване на нейното количество. Параметърът, който се използва за определяне на пепелното съдържание, е отношението между отслабването на ниската и високата енергия:

$$R = \frac{\mu_L}{\mu_H} = \frac{\ln(I_{L_0}) - \ln(I_L)}{\ln(I_{H_0}) - \ln(I_H)}$$

По този начин чрез подходяща калибровка апаратурата измерва съдържанието на интересувания ни компонент - негоримите минерални вещества във въглищата, т.е. пепелното съдържание.

Най-подходящи за целта на уреда се оказват двата радиоактивни нуклида - ^{241}Am и ^{137}Cs с енергия на лъчението съответно 59,6 keV и 661 keV . Изборът на тези два нуклида е продиктуван от удобството да се работи едновременно с два закрити, предлагани на пазара източника в широка гама от активности, размери и най-вече източници с енергии, достатъчно различаващи се и достатъчно ниски, за да бъдат



погълнати от средата. Периодът на полуразпад на ^{241}Am е 432,2 години, а на ^{137}Cs - 30,2 години, периоди, надхвърлящи значително експлоатационните срокове.

Въз основа на получените резултати за радиоизотопната везна-пепеломер се избират източниците: ^{241}Am с активност 3,7 GBq и ^{137}Cs с активност 185 MBq

Детекторният блок съдържа сцинтилационна сонда, снабдена със сцинтилатор NaI(Tl) с диаметър $\varnothing 80\text{ mm}$ и височина също $H=80\text{ mm}$. Предвиден е да регистрира лъчението, както от ^{137}Cs , така и от ^{241}Am . Разрешението на избрания детектор по отношение на ^{137}Cs (661 keV) е 8-9%, а ефективността е 91% и 100% съответно за разглежданите енергии на ^{137}Cs и ^{241}Am .

II.6. УРЕДИ ЗА ГАМА И НЕУТРОНЕН КАРОТАЖ

Каротажът в сондажни кладенци се състои в извършването на разнообразни геофизични измервания с цел проучване на състава и свойствата на земните пластовете. Гама-каротажът позволява да се определя плътността на пласта по интензивността на обратно разсеяното посредством Комптонов ефект гама лъчение.

II.6.1 Определяне плътността по разсеяното γ -лъчение

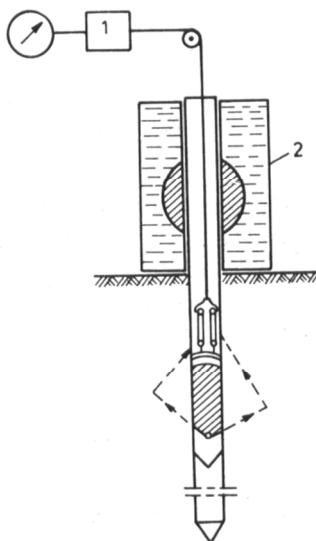
Сондажният уред (фиг. 15) се оформя в херметизирана тънкостенна тръба, която се спуска в сондажния кладенец. В нея се намира високоактивен радиоактивен източник (обикновено цезий-137), детектор (ГМ-брояч или сцинтилационен), предусилвател и оловен екран, предпазващ детектора от прякото попадане на γ -кванти.

При енергия на γ -квантите от порядъка на 0,5-2 MeV и плътност на разсейвателя $\rho = 2-3\text{ g/cm}^3$ броят N_s на обратно разсеяните γ -кванти намалява по експоненциален закон:

$$N_s = N_0 e^{-c\rho R}$$

Където N_0 е броят на излъчените от източника γ -кванти, R -разстоянието между източника и детектора, c - постоянна величина.

Наземната част на плътномера се състои от електронно регистрираща система 1 и контролно-калибровъчно устройство 2, което представлява контролен разсейвател от вода, пластмаса или друг материал, близък по-състав до измерваните материали. То служи и за защитен контейнер при транспортиране на плътномера.



Фиг. 15 Схема на уред за гама-каротаж

Глинената обвивка на сондажа влияе върху показанията на прибора, като внася определени грешки при измерването на плътността. За да се намали тази грешка, може да



се използва компенсационен метод с помощта на два детектора, разположени на различно разстояние от източника. Детекторът, който е по-близо до източника, се влияе по-силно от глинения слой, непостоянството на диаметъра на сондажа и състава на напълващата сондажа среда. Сигналите от двата детектора се съпоставят и поправката се изчислява по електронен път.

Уреди и източници за гама-каротаж са показани в Приложение 2.

Като се използва същата идея, е конструиран и плътномер за измерване на плътност от повърхността. Измервателният блок конструктивно е оформен за удобно поставяне върху измерваната плоскост или върху контролно-калибровъчното устройство. В единия край на последното има оловен екран, върху който при транспортиране се поставя източникът. Уредът е особено полезен в строителството, тъй като позволява бързо (време на измерване около 1 минута), с висока точност (до 1,5%) да се определя плътността на бетонни елементи, земни насипи и др., без да се налага разрушаване на образците и вземане на проби.

II.6.2. Определяне наситеността на пластове с въглеродороди посредством неутронен каротаж

Неутронният метод се използва за определяне съдържанието на въглеродороди (нефт и газ) в порите на земните пластове. Принципната схема на уреда е като описаната по-горе, само че източникът е източник на неутрони (най-често $^{241}\text{Am-Be}$), а детекторът е или детектор на топлинни неутрони или детектор на гама лъчи, породени при радиационната залавяне на неутрони.

Методите се основават на забавянето на неутроните в средата, през която преминават. Забавянето е най-ефективно, когато неутроните взаимодействат с ядрата на водорода. Термализираните неутрони се залавят от някое ядро, като процесът се съпровожда с излъчването на гама квант. Изучаваният обем от земния пласт може да се представи като сфера, запълнена с неутрони, в центърът на която се намира източникът. Радиусът на сферата зависи от количеството на ядрата на водорода в нея. При по-голяма концентрация на водородни атоми в породата, радиусът е по-малък. Залавянето става предимно във външната част на сферата, съответно там става и излъчването на гама квантите.

Уреди и източници за неутронен каротаж са показани в Приложение 2.

II.7. НЕУТРОННИ ВЛАГОМЕРИ

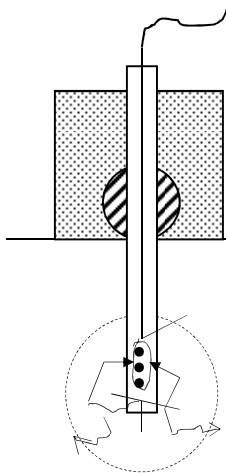
В неутронните влагомери се използват неутронни източници, които излъчват бързи неутрони с енергия 2-5 MeV. За да се забавят неутрони с начална енергия 5 MeV до топлинни енергии, със средна енергия 0,025 eV са необходими 20 удара с водородни ядра и 100 с кислородни. При преминаването си през веществото, неутроните губят енергията си главно в резултат на еластичното разсейване от ядрата на средата. Във вода неутроните се забавят на разстояние около 8 cm, а в суха почва на около 25-30 cm. При фиксирано сравнително малко (8cm) разстояние между източника и детектора, броят на регистрираните топлинни неутрони расте с нарастването на влажността. Ядрата на химичните елементи, влизащи в състава на почвата (Al, Si, Fe, Ca) имат приблизително еднакви сечения за поглъщане на топлинните неутрони. Големи сечения имат елементите B, Li, Cl, Mn и др., но те рядко влизат в състава на типична почва. При наличието на някои от тях в почвата, показанията на еталонирания влагомер няма да бъдат верни.

Възможни са три варианта на геометриите за измерване на влажността:

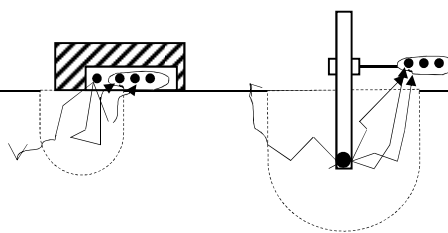
- В сондажен кладенец (Фиг. 16). Източникът 1 и детекторът 2 се монтират в херметизирана тръба от неръждаема стомана. Еталонът за влага 3 служи и за защитен контейнер при транспорт;



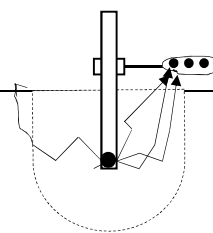
- За повърхностно измерване (Фиг. 17). При този вариант източникът и детекторът се оформят в преносим блок, който се поставя върху повърхността, чиято влажност искаме да измерим;
- Геометрия на преминаване (Фиг. 18). Източникът 1 с помощта на стоманен лост се вкарва на определена дълбочина в измервания материал, а детекторът, регистриращ топлинните неутрони, се поставя на повърхността. При тази геометрия са възможни грешки от изменени е на плътността на пролъчвания слой.



Фиг.16



Фиг.17



Фиг.18

II.7.1 Уред за геофизични изследвания (за каротаж)

Тези уреди работят обикновено с неутронен източник $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ с типична активност на източниците от 74 GBq (2 Ci) до 740 GBq (20 Ci). Малък брой от тях работят с $^{238}\text{Pu}/\text{Be}$ или ^{252}Cf . Неутронните източници се използват за измерване концентрацията на водород в скалните пластове за търсене на нефт по метода на обратното разсейване. Това измерване комбинирано с други дава съдържанието на въглеводороди. Източникът е направен от много здрав и устойчив на корозия метал, което го прави приложим за сондиране. Източникът и детекторът се монтират в херметизирана тръба от неръждаема стомана. Тръбата и източникът са направени от много здрави материали, за да могат да издържат на високото външно налягане, температура и корозия. Тръбата се върти цилиндрично и се спуска на дълбоко в сондажния кладенец.

Неутронните източници за сондажи се използват по същия начин, както и гама източниците за сондажи. Напоследък Am/Be източници се изместват от неутронни генератори.

II.7.2 Влагомери за измерване на влагата в насипен материал

Уредите за измерване на влага, измерват съдържанието на вода в материала, който преминава през поточната система, тръбопроводите за суспензия, или силози, чрез измерване на неутронното лъчение, преминаващо през източника и детектора. Неутронното лъчение от $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ се абсорбира или се забавя от присъствието на леки атоми (водородните атоми във водата), като по този начин се измерва количеството на водното съдържание в материала.

Уредът представлява тежка стоманена кутия с източник, разположен в центъра и защитна преграда за неутрони, която може да бъде полиетилен или някакъв друг вид материал с високо съдържание на водород. Уредът е снабден с прост тип затвор, който се отваря по време на измерването, за да премине неутронния лъч. В повечето случаи, детекторът за неутрони е разположен в същия уред, където се намира и източника.



Затворът е снабден с катинар за защита от неоторизиран достъп и електромеханичен или пневматичен активатор за автоматично затваряне, когато уредът не работи.

Влагомерите се използват в много процеси в промишлеността, където съдържанието на влага трябва да бъде измервано продължително време, например при обработка на пясък, дървени стружки, ситни въглища и др.

Източникът се транспортира до работната площадка в защитен контейнер. При тези уреди няма подмяна на източника поради дълъг период на полуразпад. Източникът се монтира от производителя в уреда и остава там до приключване на експлоатационния му живот.

Влагомер за измерване на влага в насипен материал е показан в Приложение 2.

II.7.3 Уреди за измерване на влага и плътност на почви

Този вид уреди използват два източника: ^{137}Cs с висока енергия и активност приблизително 40 MBq (1 mCi) и $^{241}\text{Am/Be}$ източник на неутрони с активност приблизително 2 GBq (55 mCi).

Плътността се измерва чрез обратното разсейване на гама лъчението, а влагата от обратното разсейване на неутронното лъчение.

Източниците са поставени в защитена част в уреда, която обикновено е направена от олово и полиетилен. При измерване снопът на лъченията се насочва към почвата. Затворът се заключва автоматично, когато уредът не работи.

Тези уреди се използват в строителството и земеделието в много страни. Те са преносими и се транспортират в защитни куфари. Обикновено източниците не се подмят през експлоатационния живот на уреда.

Уред за измерване на влага и плътност на почви е показан в Приложение 2.

II.8. НЕУТРОНЕН АКТИВАЦИОНЕН АНАЛИЗАТОР (НАА)

Он-лайн неутронният анализатор използва основно неутронно активационен анализ за измерване на химическия и количествения състав на материалите. Той се използва в циментовата промишленост. Чрез него се определя състава на материалите (Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, S, Cl), движещи се върху транспортна лента.

Единствената друга позната технология за измерването на химическия състав на насипен материал е рентгеновата флуоресценция. Рентгеновите лъчи имат много ограничени възможности за проникване, което означава, че е предимно “технология за измерване на повърхност”, което изисква трудна и скъпа подготовка на пробите. За сравнение неутронът прониква в целия обем на пробата, като по този начин анализира пълния поток от материала. НАА се базира на факта, че когато неутроните се абсорбират от ядрото на атома, то става нестабилно и се стабилизира след излъчване на γ -кванти. Всеки химичен елемент изпуска γ -кванти с различен спектрален състав при преминаването си в основно състояние. Чрез измерването на спектъра може да се съди за елементите, съдържащи се в суровината. Сцинтилаторните детектори със натриев йодид и бисмут-германат (БГ) са най-често използваните.

II.8.1. Неутронният активационен анализатор с източник неутронен генератор.

Такъв неутронен активационен анализатор за технологичен контрол при производство на клинкер и цимент има внедрен в “Девня цимент” АД.

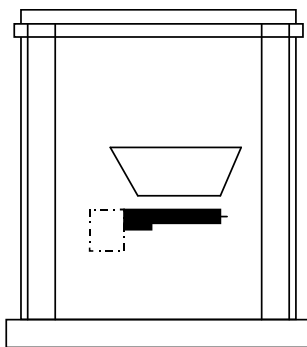
За разлика от анализатора на базата на радиоизотопизотопи, регулируемият неутронен анализатор използва до 14 MeV неутрони, които се генерират по електричен път от неутронен генератор, като се използва за целта тритиева мишена.



Това ново поколение анализатори, които са въз основа на принципа на импулсен термо-неутронен анализ, е признат за най-усъвършенстваната технология за он-лайн анализи на насипни материали. Той позволява да се измерват количествата на силициев диоксид, фосфор, манган, водород и азот. От елементния състав се идентифицират – желязен модул, силикатен модул и влага..

Модулът за измерване се състои от три части – фиг.19:

- Долна част, където е разположена подсистемата за неутронно излъчване, включва НЕМ (Неутронно-емитиращ Електронен Модул) и свързаната с това електроника;
- Горна част, където е разположена подсистемата за откриване на гама лъчението;
- Покрив.



Фиг. 19 Разположение на неутронния генератор

Неутронният генератор представлява неутронно-емитиращ електронен модул (НЕМ), състоящ се от йонен източник и радиоактивна мишена.

Основни характеристики на НЕМ:

- Напрежение на йонния източник: 2кV
- Ускоряващо напрежение: 70-150 кV
- Максимален неутронен ток: $5 \cdot 10^7$ n/s
- Максимална енергия на n : 14 MeV
- Активност на 3Н мишена за емитиране на неутрони 185 GBq

НЕМ е система, която произвежда неутрони, но единствено когато е включен високоволтовият източник на напрежение. Системата съдържа неутронна тръба с 3Н мишена, която е под формата на метален хидрид. Третият излъчва бета частици, но тръбата е достатъчна защитна бариера за тях.

Подсистемата за откриване на гама лъчението включва гама детектори, свързаната с тях електроника и хардуер за контрол на температурата. Тя е разположена в горната част на модула за измерване. Броят на детекторите се определя от целите на анализа.

II.8.2 Неутронен активационен анализатор с източник на неутрони ^{252}Cf .

В България такъв неутронен активационен анализатор е внедрен в “Нолсим България” АД. Източникът е ^{252}Cf с активност до 1GBq.

Анализът се извършва на всяка минута и параметрите, които се анализират са силиций, алуминий, желязо, калций, магнезий, натрий, калий, сяра, хлор и влага.

Неутронен анализатор за химичен състав на материалите е показан в Приложение 2.

II.9. УРЕДИ ЗА РЕНТГЕНО-ФЛУОРЕСЦЕНТЕН АНАЛИЗ

С помощта на ЙЛ се възбуждат атомите на определени елементи в пробата. Възбудените атоми излъчват характеристично лъчение като по енергията на рентгеновите



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности с уреди
за технологичен контрол

кванти се идентифицира елементът, а по интензитета им се измерва количеството му. Като източници на ЙЛ се използват радиоизотопи, рентгеново лъчение.

Различни изотопи се използват за откриване на различни елементи, защото енергията на първичното лъчение трябва да е по-голяма за откриване на материали с голям атомен номер.

Табл. 5 Радиоактивни източници, използвани за рентгенофлуоресцентен анализ

Нуклид	T _{1/2} , год.	Вид на лъчението	Енергия, keV	Интензитет, %	Типична активност, MBq
⁵⁶ Fe	2,72	K _{α1}	5,90	100	80
		K _{α2}	5,89	51	
		K _β	6,49	20	
¹⁰⁹ Cd	1,24	K _α	22,10	100	40
		K _β	25,0	21	
		γ	88,04	4	
²⁴¹ Am	432	γ	59,54	35	40
		L _α	13,9	13	
		L _β	17,8	19	

Уредите за рентгено-флуоресцентен анализ се използват основно за:

- анализ на материали в промишлеността- руда, натрошени камъни и цимент;
- измерване на дебелина на покрития при галванизирание и при боядисване;
- лабораторен химичен анализ;
- определяне на нивото на олово в стари бои.

Източниците са поместени в екранирана част в уреда. Облъчването започва с отваряне на затвор, позволяващ колимирания сноп лъчение да бъде насочен директно към анализираната проба. Приборът е затворено положение, когато уредът не се използва. Детекторът обикновено е в същата част от уреда където е източника.

Категорията на тези уреди е 5.

Уредите за РФА са предимно преносими, но има и такива, които се фиксират на тръбопроводи или транспортни ленти или представляват отделно съоръжение в лаборатории.

II.10. НЕУТРАЛИЗАТОРИ НА СТАТИЧНО ЕЛЕКТРИЧЕСТВО

Категорията на тези уреди е 4.

Неутрализаторите на статично електричество са предназначени за снемане на електростатични заряди при работа с материали, които се наелектризират (текстилна промишленост, мебелна промишленост и пр.). Принципът им е следният: Радиоактивният източник, най-често линеен с дължина, която обхваща ширината на наелектризирания материал, излъчва алфа лъчи. Те йонизират въздуха, правят го проводящ, и по този начин под влиянието на електростатичното напрежение през него протича ток и натрупаните по повърхността на изделието електрични товари се отстраняват.

Тези уреди използват фино листово метално фолио с ²¹⁰Po или Am²⁴¹, а руските неутрализатори са с плоски Pu източници. Категория на уреда 4.

Използваните в България радиоизотопни неутрализатори на статично електричество са производство на бившия СССР и техният тип е представен в табл.5. Производителят на неутрализаторите определя следните условия за експлоатация:

- температурен диапазон от -30 до + 60 °C;
- относителна влажност на въздуха до 98 % при температура до + 25 °C;



- рязка промяна на температурата (термоудар) от -50°C до $+60^{\circ}\text{C}$.

В неутрализаторите тип НР-7В, НР-14Н и т.н се използва алфа-източник (изотопния състав не се декларира) от типа АИП-Н, в който активността на Рu е не повече от 5%. Активният слой е фиксиран върху стоманена подложка по метода на впичане в емайл и защита от покритие с метален окис. Температурата на топене на емайла е не по-малко от $+800^{\circ}\text{C}$. Повърхностното радиоактивно замърсяване на източниците не трябва да превишава 148 разпада/s (Bq). Мощността на експозицията от спирачното и гамалъчението създавана от неутрализаторите в неработно и работно положение във всички посоки с изключение на посоката на изходящото лъчение не трябва да превишава:

- на повърхността на неутрализатора – $6,5 \mu\text{Sv/h}$;
- на разстояние 1 m от повърхността на неутрализатора – $0,02 \mu\text{Sv/h}$;
- Активността на една плочка на неутрализатора с източник АИП-Н е 185MBq

В зависимост от посоката на излъчване и дължината на работната повърхност на неутрализатора се произвеждат следните типове неутрализатори, показани в Табл.6:

Таблица 6 Типове неутрализатори на статично електричество в България

ТИП	ДЪЛЖИНА НА РАБ. ПОВЪРХНОСТ [ММ]	НАПРАВЛЕНИЕ НА ИЗЛЪЧВАНЕ	БРОЙ НА ИЗТОЧНИЦИТЕ	СУМАРНА АКТИВНОСТ [МВQ]
НР-10В	1400	нагоре	20	4220
НР-10Н	1400	надолу	20	4220
НР-11В	1610	нагоре	23	4853
НР-11Н	1610	надолу	23	4853
НР-7В	840	нагоре	12	2532
НР-7Н	840	надолу	12	2532
НР-8В	980	нагоре	14	2954
НР-8Н	980	надолу	14	2954
НР-9В	1260	нагоре	18	3798
НР-9Н	1260	надолу	18	3798
НР-12В	1000	нагоре	28	5908
НР-12Н	1000	надолу	28	5908
НР-13В	1280	нагоре	36	7596
НР-13Н	1280	надолу	36	7596
НР-14В	1870	нагоре	52	10972
НР-14Н	1870	надолу	52	10972

В много предприятия у нас от текстилна промишленост, химическа промишленост, полиграфията, в заводи за хартия и пластмаса бяха са внедрени руски радиоизотопни йонизационни неутрализатори, но днес всички те са предадени като радиоактивни отпадъци в ДП"РАО".

II.11. ПОЖАРОИЗВЕСТИТЕЛНИ ЙОНИЗАЦИОННИ ДАТЧИЦИ

Пожароизвестителният йонизационен датчик (ПЙД) представлява газов анализатор, предназначен да реагира и сигнализира при появата на пожар. Реагира на всички продукти на горенето. Основен елемент е йонизационната камера, външният вид на която е показан на фиг.20. Йонизационният датчик работи като компаратор – детектира разликата в йонизационните токове.

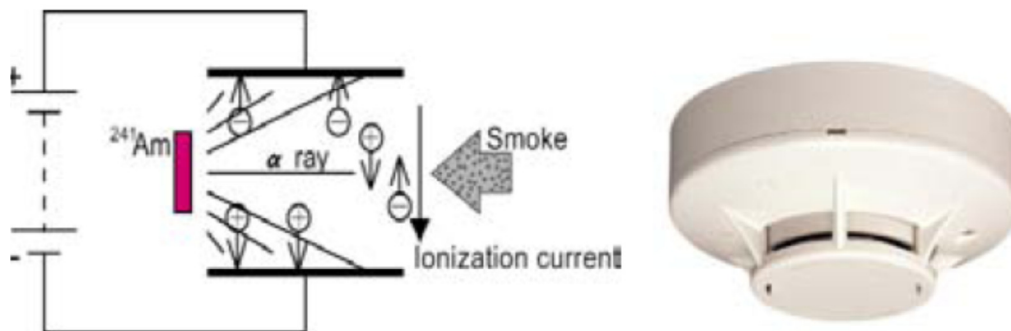
В зависимост от модела на датчика, камерата може да бъде разделена на две. Едната половина на камерата е херметически затворена и е напълнена с чист въздух, а в



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности с уреди
за технологичен контрол

другата половина влиза околният въздух. Във всяка половина от камерата е поставен радиоактивен източник. В случай, че няма пожар в двете половини на камерата протичат равни по големина йонизационни токове. Когато възникне пожар, подвижността на йоните в откритата камера се изменя и токът силно намалява. Токът в двете половини в камерата е различен и датчикът изпраща сигнал до пожарното табло.

Съвременните ПИД са с една камера и съответно с един радиоактивен източник



Фиг. 20 Принципа на действие на ПИД

Категорията на тези уреди е 5.

Използването на пожароизвестителни йонизационни датчици е дейност с незначителен радиационен риск

Такива датчици се използват в административни и производствени сгради.

Най-често срещаните пожароизвестителни датчици в България са посочени в Табл.7.

Таблица 7 Типове ПИД, използвани в България

Тип	Радионук- лид	Брой ИЙЛ	Единична активност (МВq)	Производител
РИД-1	Pu-239	2	18.5	Русия
РИД-6М	Pu-239	1	0.185	Русия
КИ-1	Pu-239	1	18.5	Русия
DIO-30/DIO-30Ex	Pu-239	1	0.72	Полша
DIO-31/DIO-31Ex	Pu-238	1	0.26	Полша
DIO-31A/DIO-31AEx	Am-241	1	0.04	Полша
70130, 70140, 70150	Kr-85	1	18.5	Германия
70121	Kr-85	2	37	Германия
ВАК-301, ВАК-300.1	Kr-85	2	74	Германия
ПИД/ПИД-М	Am-241	2	1.85	България
ПИД-21	Am-241	1	0.925	България
MHG-101	Am-241	2	0.148	Tesla, Чехия
MHG-103	Am-241	1	0.075	Tesla, Чехия
MHG-181, 183, 185, 142,107	Am-241	1	0.035	Tesla, Чехия
MHG-141	Am-241	1	0.0125	Tesla, Чехия
MSK-102	Am-241	2	1.85	Чехия
MD 40	Am-241	1	0.033	Белгия
FIP 42, FIL 42	Am-241	1	0.222	Белгия
SAS 471 N	Am-241	1	0.03	Белгия
F-716 , FES-7.5	Am-241	1	0.03	Cerberus,



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности с уреди
за технологичен контрол

				Швейцария
F-906, 910, 911, 930	Am-241	2	0.03	Cerberus, Швейцария
F-600, 605	Am-241	1	0.56	Cerberus, Швейцария
F-716	Am-241	1	0.03	Cerberus, Швейцария
F-716	Am-241	1	0.03	Cerberus, Швейцария
F-5B	Am-241	1	3.3	Cerberus, Швейцария
Apollo	Am-241	1	0.033	Cerberus, Швейцария
Apollo	Am-241	1	0.033	Cerberus, Швейцария
SIH-E	Am-241	1	0.02	Япония
SIC-E	Am-241	1	0.17	Япония
TFI-300	Am-241	1	0,033	Израел
B I	Am-241	1	0,9	Норвегия
BR-716	Am-241	1	0.03	Siemens, Германия
NID 48 F EEX	Am-241	1	0.925	Великобритания
TC100C	Am-241	2	0.037	САЩ
ERA IJD-5	Am-241	1	0.074	Хърватия
JD-1, JD-2	Am-241	2	0.075	Швеция

II.12. БЕТА МОНИТОР ЗА ИЗМЕРВАНЕ ЗАМЪРСЯВАНЕТО НА ВЪЗДУХА

Бета мониторът за прахови частици може да се използва както за автоматично измерване, така и като филтър за вземане на проби. Той може да се оборудва с различна глава, която позволява да се събира от 1.0 m³/h до 2.3 m³/h.

Един от разпространените прибори от SM200 сериите е съвременна система за пробоотбор и измерване на суспендирани прахови частици. В този прибор се използва стандартен 47 mm мембранен филтър, който позволява последващо изследване на събрания материал чрез различни качествени и количествени методи. Освен чистия пробоотбор и стабилните модели, системата е в състояние да определи количеството на праховите частички събрани върху филтъра чрез използване метода на отслабване на бета лъчите. Филтърът се зарежда и с помощта на Гайгеровия брояч се измерва бета лъчението преди и след пробонабирането. Времето за измерване е 8-24 часа.

SM200 серийните анализатори използват следните модели:

- **Пробоотбор** – Суспендираните прахови частички се събират върху мембранен филтър, който се съхранява в специален контейнер, прикрепен към системата. Помпата осигурява предварително определен поток от въздух, който да преминава през системата.
- **Монитор за прах** – Този инструмент има същите характеристики като инструмента за пробоотбор, но е оборудван с бета източник и Гайгеров брояч за измерване на масовата концентрация във въздуха. При необходимост филтрите се съхраняват за последващи анализи.
- **Монитор за стабилност (устойчивост)** – Мониторът функционира като инструмента за пробоотбор, но допълнително е оборудван с гайгеров брояч, който измерва естествената радиоактивност от филтъра. Резултатът от измерването са параметри, необходими за оценка стабилността на въздуха. Този монитор няма радиоактивен източник.



- **Монитор за прах и стабилност (комбиниран)** – Този комбиниран монитор може да се използва само при минимум 8 часова пробонабиране.

Детайли на Бета системата

SM200 измервателната система се основава на физически закони за отслабване на бета лъчите при преминаването им през вещество. Колкото слоя е по-дебел, толкова отслабването е по-голямо. Знаейки абсорбционния коефициент на веществото и повърхността е възможно да се пресметне цялата маса на веществото.

Точността на измерването на масата е свързана статистически с данните за бета разпада, давайки ясна зависимост от времето за измерване. Точността зависи също от:

- Варирането в плътността на въздуха между бета източника и детектора;
- Естествен радиоактивен фон та събраните частички
- Ефективността и стабилността на Гайгеровата тръба, използвана за детектиране на бета лъчите

Бета системата се състои от:

- Вътрешно капсулован ниско-активен източник ^{14}C – бета източник;
- Капак, който покрива бета източника;
- Механизъм позициониращ филтъра;
- Гайгер-Мюлеров детектор;
- Сензори за локалната температура и налягане.

Разпространени са и бета монитори с източник ^{147}Pm . Бета мониторът от сериите SM200 е показан в Приложение 2.

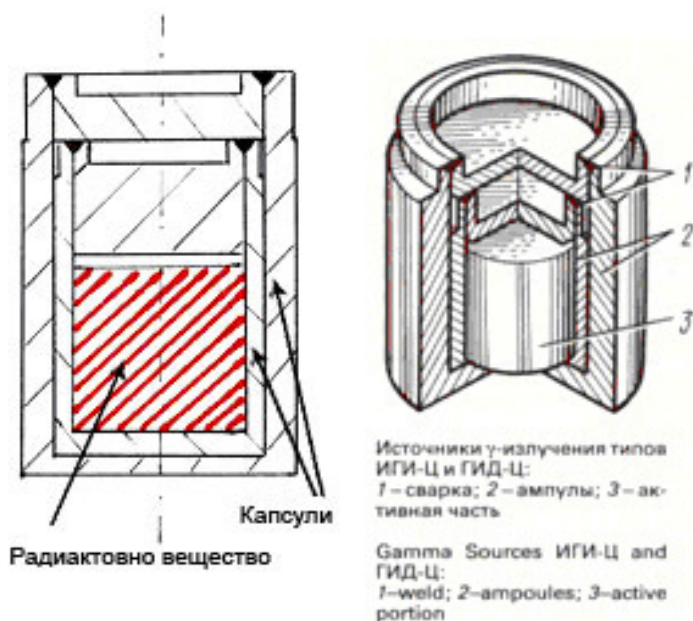
СНИМКОВ МАТЕРИАЛ НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ РАДИОАКТИВНИ ИЗТОЧНИЦИ И УРЕДИ ЗА ТЕХНОЛОГИЧЕН КОНТРОЛ

I. РАДИОАКТИВНИ ИЗТОЧНИЦИ В УТК

Различните области на приложение на ИЙЛ предполагат голямо разнообразие от условия на средата - от атмосферата на чисти помещения в изследователската дейност, до силно агресивните условия в производството върху нефтени платформи, циментовото производство или в мини или мелници с променливи температури и механични натоварвания като вибрации и удари. Производителите на източници трябва да имат пред вид това разнообразие на приложенията при проектирането на източниците. Съществува международен Стандарт ISO 2919, който предписва на производителите поредица от тестове за оценка на безопасността на източника за различни негови приложения.

Най-често използвани за промишлени приложения са следните радиоактивни източници Co-60, Sr-90, Cs-137, Pu-234, Ni-63, и Am-241.

В повечето случаи радиоактивното вещество е затворено в капсула от неръждаема стомана (материали за капсулата като титан, цирконий или тантал се използват по-рядко). Капакът на капсулата е заварен. Фигура 1 показва типични конструкции на източници. Често, особено в случай на Cs-137 или на високо-активни източници, се използва затваряне в две капсули. Радиоактивното съдържание е химическо съединение на радиоактивния елемент. Напоследък все по често последният се вгражда в керамична матрица, която притежава повишена устойчивост на химически въздействия. По този начин се повишава сигурността срещу изтичане на радиоактивност от източника.



Фигура 1. Типични конструкции на херметични радиоактивни източници



Фигура 2. Външен вид на капсули на радиоактивни източници за различни приложения

Най-често срещани размери на източниците са: диаметър от 6 до 30 mm, дължина – от 10 до 50 mm

Препоръчаният срок на експлоатация на източника се посочва обикновено в сертификатите на източниците. През това време е малко вероятно да се наруши целостта на източника, и има основание да се очаква източникът да отговаря на съответните изисквания към експлоатационните му качества при условие на правилна употреба по предназначение. Обикновено препоръчания срок на експлоатация на източника е от 0,5 до 15 години.

II. КОНТЕЙНЕРИ

Източникът на ЙЛ се намира в лъчезащитен контейнер, който се нарича „работен контейнер на източника“, “излъчвателен блок” или “радиационна глава”. В случаите, когато източникът и детекторът са включени в един уред се говори за „измервателна глава”.

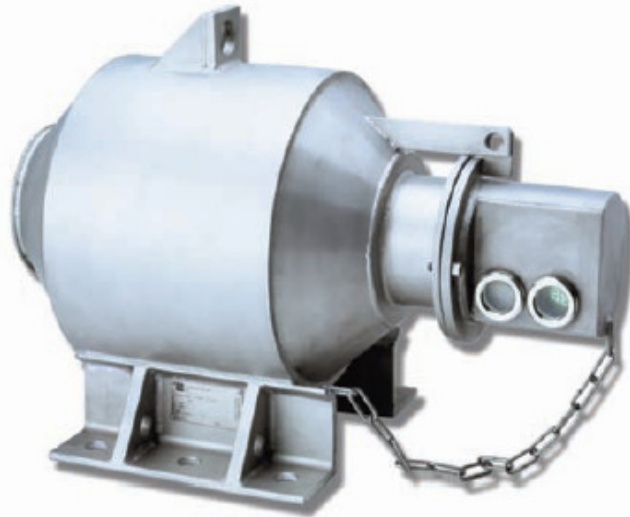
Контейнерите обикновено се състоят от олово-стоманена опаковка, с един единствен източник зареден в центъра на контейнера и затвор, който се отваря за да може да премине лъча от радиоактивния източник. Затворът обикновено е снабден със заключващо устройство за защита от неоторизиран достъп. Често той е снабден с електромеханичен или пневматичен активатор за автоматично затваряне, когато уредът не се използва.

Тип контейнер	QG 020		QG 100	
Маса	Около 40 kg		Около 87 kg	
Нуклид	Co-60	Cs-137	Co-60	Cs-137
Фактор на отслабване	37	294	181	3100

В Табл.1 са показани характеристиките на два типа контейнери



Фигура 3. Работен контейнер на ^{137}Cs източник



Фигура 4. Работен контейнер на ^{60}Co източник



Фигура 5. Контейнер за гама-източник



В повечето случаи, източникът се транспортира до площадката, както е зареден в излъчвателния блок, който е сертифициран и като транспортен контейнер.

III. УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ПЛЪТНОСТ



Фигура 6. Уред за измерване на плътност, монтиран на тръбопровод



Фигура 7. Гама-плътномер

На фиг.7 вдясно горе е радиационната глава, а в ляво долу, от другата страна на тръбата, е детекторът. Сигналът от детектора се изпраща в информационно-управляващия блок.



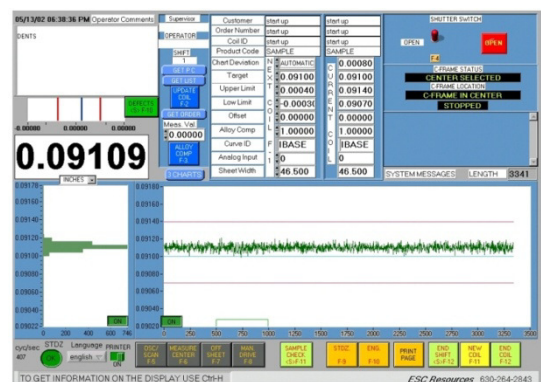
IV. УРЕДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ДЕБЕЛИНА И ПЛЪТНОСТ С БЕТА ЛЪЧЕНИЕ



Фигура 8. Уред за измерване дебелина на тъкани и хартия



Фигура 9. Излъчвателен блок на източник с бета лъчение



Фигура 10. Дебеломер за измерване дебелина на фолио

Тези уреди работят със следните източници: Kr-85 , Sr-90 и понякога с Pm-147



V. УРЕД ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА НИВО С НИСКО-ЕНЕРГИЕН ГАМА ИЗТОЧНИК
- ^{241}Am



Фиг. 11. Измервателен уред с ^{241}Am , монтиран на поточна линия за пълнене на кенове

VI. ПЕПЕЛОМЕРИ

В България пепеломери се използват в ТЕЦ “Марица-изток 2”, в “Мини “Перник”, в ТЕЦ “Марица-3”, Димитровград. В рудниците “Трояново-Север” и “Трояново-1” на “Мини Марица Изток” АД е в експлоатация система за управление качеството на въглищата, базирана на 12 такива уреда на 8-те добивни багери и в края на четирите лентови транспортни системи за въглища.



Фигура 12. Радиоизотопни пепеломери, използвани в България

Използваните в България радиоизотопни пепеломери са разработени и внедрени от фирма “Аналикс”-ООД, гр.София.



VII. УРЕДИ ЗА ГАМА И НЕУТРОНЕН КАРОТАЖ



Фигура 13. Тръба с Cs 137 източник за каротаж на нефтен кладенец

Източникът е направен от много здрав и устойчив на корозия метал, което го прави приложим за сондиране. Източникът и детекторът се монтират в херметизирана тръба от неръждаема стомана. Тръбата и източникът са направени от много здрави материали, за да могат да издържат на високото външно налягане, температура и корозия. Тръбата се върти цилиндрично и се спуска на дълбоко в сондажния кладенец. Тръбата се съхранява и транспортира в защитни контейнери.



Фигура 14. Транспортен контейнер на уред за каротаж на нефтен кладенец с Cs 137 източник



Фигура 15. Неутронен източник с $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ за каротаж на нефтен кладенец



Фигура 16. Неутронен източник с $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ за каротаж на нефтен кладенец - повреден в следствие на постоянна употреба

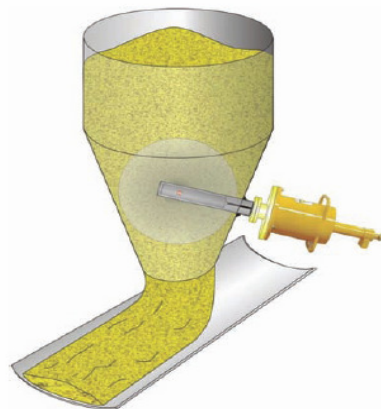


Фигура 17. Неутронен източник с $^{238}\text{Pu}/\text{Be}$ за каротаж на нефтен кладенец



Фигура 18. Контейнери за транспорт и съхранение на неутронни източници, използвани при сондиране на нефтени кладенци

VIII. УРЕД ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ВЛАГАТА В НАСИПЕН МАТЕРИАЛ



Фигура 19. Схематично представяне на измерването на влага в насипен материал в силос



Фигура 20 Уред за измерване на влага в насипен материал



IX. ЛЕНТОВ АНАЛИЗАТОР С НЕУТРОНЕН ИЗТОЧНИК



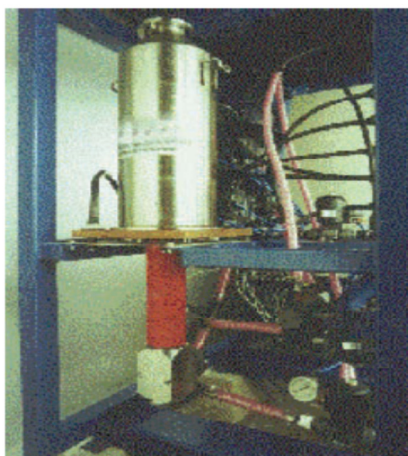
Фиг. 21. Система за неутронен активационен анализ, монтирана на конвейерна линия в завод за цимент

X. УРЕД ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ВЛАГА И ПЛЪНОСТ НА ПОЧВИ



Фигура 22. Уред за измерване на влага и плътност на почви и куфар за неговото транспортиране (Troxler)

XI. УРЕДИ ЗА РЕНТГЕНО-ФЛУОРЕСЦЕНТЕН АНАЛИЗ



Фигура 23. Рентгено-флуоресцентен анализатор, използван за анализ на елементи от сяра до уран в лаборатории



Фигура 24. Преносим анализатор с източници Cd-109, Am-241



Фигура 25. Ръчен уред за РФА с рентгенова тръба



Фигура 26. Ръчни уреди за РФА с рентгенова тръба



ХІІ. РАДИОИЗОТОПНИ НЕУТРАЛИЗАТОРИ НА СТАТИЧНО ЕЛЕКТРИЧЕСТВО



**Фиг. 27. Неутрализатор на статично електричество в затворено състояние
“Струматекс”АД Благоевград**



Фигура 28. Неутрализатор с ^{210}Po

ХІІІ. РАДИОИЗИТОПНИ ГРЪМООТВОДИ



Фиг.29. Радиоизотопен гръмоотвод

Малък радиоактивен източник се прикрепя на гръмоотвода за да йонизира въздуха около него и да повиши неговата ефективност. Най-често са били използвани алфа източници ^{226}Ra and ^{241}Am , а също така и гама източници и ^{69}Eu и ^{60}Co .

Радиоактивните гръмоотводи са извън употреба от 1970 год., поради доказана неефективност.

В България няма монтирани такива уреди, но ги има все още в страните на бившата Югославия.













ХІІІ. ПОЖАРОИЗВЕСТИТЕЛНИ ДАТЧИЦИ



Фиг.30 Пожароизвестителен датчик



Видове пожароизвестителни датчици в България:

		
РИД-1	КИ-1	РИД-6М
		
ПИД/ПИД-М	ПИД-21	VA-K-301
		
70130	MHG 107	MHG 181
		
MHG 107.181	70130	MHG 183 Ex



ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ДЕБЕЛИНА НА ЗАЩИТАТА ЗА ШИРОК СНОП ГАМА ЛЪЧЕНИЕ ЗА РАЗЛИЧНИ
МАТЕРИАЛИ И ЗА НЯКОИ ЕНЕРГИИ

Таблица: Дебелина на защитата [cm]: $\Delta 1/2$ и $\Delta 1/10$ за широк сноп гама лъчение за различни материали и за някои енергии [MeV]

Материал	0,1		0,66		1,25		2,0	
	$\Delta 1/2$	$\Delta 1/10$	$\Delta 1/2$	$\Delta 1/10$	$\Delta 1/2$	$\Delta 1/10$	$\Delta 1/2$	$\Delta 1/10$
Вода	21	30	27	57	28	66	30	78
Бетон	4,7	7,2	12,4	27,3	13,3	31,9	14,1	37,6
Желязо	0,8	2,1	2,8	7,1	3,6	9,3	4,0	11,0
Оловно стъкло или гума*	0,5	1,2	2,9	8,8	5,1	15,4	6,6	19,4
Олово	0,10	0,30	0,76	2,4	1,5	4,5	2,0	5,9
Волфрам	0,07	0,21	0,47	1,5	1,1	3,0	1,4	3,8
Обеднен уран	0,03	0,07	0,36	1,2	0,80	2,4	1,1	3,3

0,66 MeV – енергия на гама спектъра на ^{137}Cs

1,25 MeV – средна енергия на гама спектъра на ^{60}Co

*3,86 g.cm⁻¹



ПРИЛОЖЕНИЕ 4

**ПРОВЕРКА НА ХЕРМЕТИЧНОСТТА НА ВИСОКОАКТИВНИ ИЗТОЧНИЦИ НА
ЙОНИЗИРАЩИ ЛЪЧЕНИЯ**

Високоактивен закрит източник означава закрит източник при който активността на съдържащия се в него радионуклид е по-голяма или равна на съответната стойност на активност, посочена по-долу в таблицата

РАДИОНУКЛИД	АКТИВНОСТ (ТВq)
Am-241	6×10^{-2}
Am-241/Be	6×10^{-2}
Cf-252	2×10^{-2}
Cm-244	5×10^{-2}
Co-60	3×10^{-2}
Cs-137	1×10^{-1}
Gd-153	1×10^{0}
Ir-192	8×10^{-2}
Pm-147	4×10^{1}
Pu-238	6×10^{-2}
Pu-239/Be	6×10^{-2}
Ra-226	4×10^{-2}
Se-75	2×10^{-1}
Sr-90 (Y-90)	1×10^{0}
Tm-170	2×10^{1}
Yb-169	3×10^{-1}

Всеки лицензиант или титуляр на разрешение осигурява контрол за състоянието на използваните и съхраняваните високоактивни източници чрез периодични проверки за оценка на тяхната херметичност.

Основната експлоатационна характеристика на един херметичен източник е херметичността на капсулата му – т. е. проверка дали радиоактивното вещество прониква извън нея. Тази проверка поставя високи изисквания. Организацията, извършваща проверката следва да има опитен персонал, да разполага с необходимите технически средства, документирано да може да докаже предишна подобна дейност и да разполага с



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности
с уреди за технологичен контрол

подробна техническа документация към устройството. Спецификата за работа с високоактивните източници на йонизиращи лъчения изисква специални познания за основите на конструкцията на устройството, в което се използват, особено по отношение на поставянето и изваждането на източниците от него, конструкцията на самите източници.

Видове проверки

Преди проверката проверителят трябва да се запознае със сертификата на източника. В него обикновено са посочени конструкцията и метода, по който е изработен, както и условията, при които трябва да се използва. В съответствие с тези данни се определя метода за изпитване. Според типа на закрития източник и устройството, където работи, трябва да се извърши поне една от следните видове проверки:

- **Пряка** - индивидуална проверка на всеки източник от устройството, когато е изваден от него. Тогава се проверява херметичността на херметичния източник съобразно методите и съответните критерии, изброени в БДС ISO 9978 2002;
- **Косвена** - когато не е възможно да се извади източникът от устройството, в което работи поради недопустимост на продължително прекъсване на производствения процес или нерентабилност на разглобяването на устройството. Тогава проверката трябва да констатира наличието или липсата на последици от разхерметизиране на някой източник в рамките на чувствителност, определена от нормативните изисквания и принципа „АЛАРА”.

Пряка проверка

Изваждане на източника от уреда.

Уреди за технологичен контрол (УТК):

Гама източниците, използвани в УТК са с активности, достигащи около 120 GBq. За да може да се работи с такъв източник на разстояние 1 m в продължение на един час, при спазване на дневната норма за професионално облъчване на персонал категория „А”, то е необходима защита от олово с дебелина 7 cm за Cs137 и 14 cm за Co60.

Преди започване на дейностите по изваждането на източника от уреда следва да се извърши запознаване с обстановката около излъчвателния блок и планиране на операциите по изваждане на източника с оглед предотвратяване на изпускането му, което би могло да доведе до попадане на място, откъдето изваждането му става трудно или невъзможно. Ако мястото, където е разположен излъчвателният блок е неудобно за работа, следва източникът да се приведе в затворено положение и целият излъчвателен блок да се демонтира и пренесе на място, удобно за сигурно боравене с източника.

Гама облъчвателни уредби

При тях сумарните активности на всички източници достигат до 3700 TBq, активността на отделен източник – до 1/10 от горната стойност, а броят на източниците в една уредба може да надхвърли 100. Посочените обстоятелства обуславят извода, че не е възможно да се извършва проверка за херметичност на отделен източник, използван в този тип устройства, на територията на обекта. Проверката следва да се извърши в гореща камера. Обикновено, ако радиоактивните източници не се съхраняват във воден басейн, контейнерът, в който са разположени при неработно състояние на установката, може да бъде демонтиран и натоварен за превоз заедно с тях. Теглото на такъв контейнер може да достига четири и половина тона. Ако не е предвидено да се демонтира контейнера за съхранение на източниците в неработно положение, то процедурата по прехвърляне на отделен източник или група източници, разположени в работната опаковка, към



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности
с уреди за технологичен контрол

транспортния контейнер, трябва да е посочена в описанието на установката, заедно с необходимите приспособления и специализирани транспортни контейнери. След вкарването на контейнера с източниците в работния обем на горещата камера, повнататъшните дейности се извършват съобразно с работните инструкции на горещата камера и инструкциите за боравене с работната опаковка на източниците.

Радиационни методи за изпитване

Следва да се отбележи, че всички предложени по-надолу методи за изпитване на херметичността на радиоактивните източници следват от постановките на стандарт БДС ISO 9978/2002.

Проверка за повърхностно замърсяване

Преди да се започне проверка за херметичност, източникът трябва да се провери за повърхностно радиоактивно замърсяване. Проверката се извършва по метода на натривките. Ако се забележи повърхностно замърсяване над 20 Вq, източникът се почиства основно с детергент, не разрушаващ повърхността му, оставя се да изсъхне на въздушна баня 3 часа, и проверката се повтаря.

Общи бележки относно радиационните методи за изпитване

При изпитванията, когато се измерва изпуснатата радиоактивност от източника, пробите, получени в резултат на процедурите, се подготвят за анализ в зависимост от използвания метод и вида на радиоактивния източник. Те трябва да се измерват веднага на място посредством преносим уред, преди да се подложат на лабораторно измерване. При лабораторното измерване най-често използваните радиоаналитични методи са гамаспектрометрията, определянето на общата алфа- и бета-активност, течносцинтилационният метод.

Всички описани по-долу изпитвания се извършват поне двукратно след като източникът престои 24 часа при условия, не позволяващи повърхностно замърсяване.

Източникът се смята за херметичен, ако резултатите от изпитването и съответстват на критериите посочени по-долу за всеки тип изпитване.

Изпитване чрез потопяване

Изпитване чрез потопяване при стайна температура:

Закритият източник се потапя в течност, която не разяжда материала на външната му повърхност и която, при условията на тази проверка, ефективно отстранява всички следи от присъстващия радиоактивен материал. Такава течност може да бъде дестилирана вода, разтвор на слаб детергент или хелатни агенти, както и слабо алкални или кисели разтвори с моларна концентрация около 5%. Източникът се оставя в течността в продължение на 24 часа като през цялото време се поддържа стайна температура $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}$. Отстранява се източникът и се измерва активността на течността.

Изпитване чрез потопяване в гореща течност:

Закритият източник се потапя в слабо кисел или слабо алкален разтвор с концентрация 5 %, който, при условията на тази изпитване ефективно отстранява всички следи от присъстващия радиоактивен материал. Нагрива се течността до $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ и се поддържа тази температура поне 4 часа. Изважда се закритият източник и се измерва активността на течността.



В този случай може да бъде използван и метод за почистване с ултразвук, като времето на престой на източника в течността при $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ може да се намали на 30 мин.

Изпитване с потопяване във вряща течност:

Закритият източник се потапя в течност, която не разяжда материала на външната му повърхност и която, при условията на тази изпитване, ефективно отстранява всички следи от налично радиоактивно вещество. Загрява се течността докато заври и се задържа 10 минути, оставя се да изстине, след което се изплаква закритият източник с нова течност. Тези операции се повтарят два пъти, като се потапя източникът в първата течност. Закритият източник се изважда и се определя активността на течността.

Изпитване чрез потопяване в течен сцинтилатор:

Закритият източник се потапя най-малко за 3 часа при стайна температура в течен сцинтилатор, който не разяжда материала на външната му повърхност. Изважда се източникът и се измерва активността, разтворена в сцинтилатора, с помощта на течносцинтилационен метод. Не се допуска достъпът на светлина до сцинтилатора, за да се избегне фотолуминисценцията.

Критерии

При всички гореописани проверки закритият източник се смята за херметичен, ако получената стойност за активността A с неопределеност 2σ (95% доверителен интервал) не надвишава посочената в сертификата на източника, или отговаря на условието: $A + 2\sigma < 0.2\text{ kBq}$

Изпитване с натривка на отделен източник

Изпитването с натривка се смята за изпитване за херметичност в случаите на някои специфични видове източници (източници с тънки прозорчета), при периодичната проверка и в случаите, когато не могат да се използват по-подходящи методи. Старателно се избърсва цялата повърхност на закрития източник със сух или влажен тампон. Определя се активността на тампона. Подробностите на метода са пояснени по-надолу в раздела „Косвена проверка”.

Нерадиационни методи на изпитване

Преди провеждането на което и да е от изпитванията трябва да се извърши външен оглед и проверка за повърхностно замърсяване. След това закритият източник старателно се почиства с дестилирана вода или слаб детергент, подсушава се и се оставя на въздушна баня не по-малко от 3 часа.

Изпитване с мехурчета под вакуум

Това изпитване се основава на увеличаването на налягането вътре в източника. Газът от вътрешните обеми може да премине през съществуващите пукнатини и да образува видими мехурчета в течната баня. За всяка отделна пукнатина, скоростта на образуване на мехурчета се увеличава с намаляването на налягането върху повърхността.

Провеждане на изпитването

- Сваля се капакът на камерата, в която се провежда изпитването и тя се запълва с течността;
- Затваря се капакът;
- Посредством вакуумната установка на уреда се намалява съдържанието на въздух в течността за изпитване чрез евакуиране на камерата поне за 1 минута;



РЪКОВОДСТВО за радиационна защита при дейности с уреди за технологичен контрол

- Възстановява се атмосферното налягане, отваря се капакът и се потапя закритият източник на дълбочина поне 5 см под нивото на течността;
- Отново се затваря капакът. Намалява се налягането в камерата до 15 – 25 kPa;
- Наблюдава се за появата на мехурчета от повърхността на източника поне 1 минута.

Критерий

Ако в края на проверката, описана по-горе, не се наблюдават мехурчета, смята се, че закритият източник има скорост на изтичане по-малка от една определена норма и е херметичен само ако съдържанието му е неизвличащо се.

Косвена проверка

При нея се проверява за наличието на последици от разхерметизирането на радиоактивен източник без да се изваждат източниците от устройството. За нея има няколко подхода:

- ако източниците се съхраняват под вода с цел осигуряване на защита от гама излъчването им, проверката за последици от разхерметизиране на източник може да се извърши чрез измерване на активността на филтрите в системата за очистване на водата от вредни примеси;
- ако източниците се съхраняват не във водна, а в друг вид защита (защита от гама излъчване или от алфа и бета излъчване) и в помещението има вентилационна система, то проверката за последици от разхерметизиране на източник може да се извърши чрез измерване на активността на филтрите на изходящите въздуховоди към атмосферата;
- в последния случай проверката за последици от разхерметизиране на източник следва да се извърши и посредством вземане на натривки от подходящи места на установката и измерване на активността на тези натривки както на територията на обекта, така и отново след пренасянето им до лаборатория и измерване в нея, с цел повишаване на чувствителността.

Метод на натривките

Избор на места, от които да се вземат натривките.

Местата, от които се вземат натривките следва да се избират от съображението за най-вероятна поява на радиоактивността, изтекла от разхерметизирания източник. Първо те трябва да бъдат възможно най-близо до разположението на източниците; второ – да бъдат около отвори (процепи), водещи ако не към самите източници, то поне към работните им опаковки.

Изисквания към тампоните, с които се взема натривката.

Тампоните, с които се взема натривката следва да бъдат фабрично изработени, от подходяща филтрираща хартия, с високи абсорбционни качества, с диаметър 30 – 45 mm.

Взимането на натривки се извършва в съгласие с апробирани методики, основното в които е следното:

- събират се, чрез внимателно почистване, за последващо измерване, наличните върху повърхността прах и други по-големи механични замърсявания. На тампона за пробоотбиране (или в отделен документ, но на натривката винаги се записва номера ѝ) се записва: информация за дадената натривка;
- с тампона се обтрива повърхността – последователно в две взаимноперпендикулярни направления, като докато натриваме в едното



РЪКОВОДСТВО
за радиационна защита при дейности
с уреди за технологичен контрол

направление се стремим да не преминаваме повторно през вече обтритите места, докато сме търкали в същото направление;

Натриване със сух тампон:

Тази изпитване може да се прави в случаите, когато не е подходящо използването на влажен тампон. Старателно се избърсва цялата повърхност на закрития източник със сух тампон. Определя се активността на тампона.

Натриване с влажен тампон:

Натрива се повърхността с тампон, навлажнен с течност, която не разяжда повърхността на източника и при условията на това изпитване ефективно отстранява всички следи от налично радиоактивно вещество.

Измерване на натривката

Натривките трябва да бъдат измерени незабавно на място за установяване на сравнително голямо замърсяване преди последващите измервания на образците в лаборатория.

Критерии

За всички гореописани проверки закритият източник се смята за херметичен, ако измерената активност A с неопределеност 2σ (95% доверителен интервал) не надвишава посочената в сертификата или отговаря на условието: $A + 2\sigma < 0.2 \text{ kBq}$.