МИНИСТЕРСТВО ТОПЛИВА И ЭНЕРГЕТИКИ

СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Институт ЯХТ

Кафедра Д и РТК

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

к курсовому проекту

Тема: Методы и средства радиационно-дозиметрического контроля при обращении с твердыми радиоактивными отходами

Выполнил: студент

Группы Д-34А

Бурак А.В.

Проверил: к. т. н., доцент

Афанасьев А.В.

Севастополь - 2006

Содержание

Перечень условных обозначений и сокращений

Введение

1. Порядок обращения с твердыми радиоактивными отходами

1.1 Общие положения

1.2 Распределение обязанностей и ответственности в сфере обращения с радиоактивными отходами

1.3 Использование средств индивидуальной защиты при обращении с ТРАО

2. Методы и средства радиационного контроля при обращении с твердыми радиоактивными отходами

2.1 Аппаратное обеспечение измерения, мощности дозы и загрязнения поверхности

2.1.2 Дозиметры ДРГЗ-01, ДРГЗ-02, ДРГЗ-03, ДРГЗ-04

2.1.3 Дозиметр ДРГ-05

2.1.4 Измеритель мощности дозы ДП-5В (рентгенометр)

2.1.5 Измеритель мощности экспозиционной дозы Γ-излучения КДГ-1

2.1.6 Радиометр-дозиметр МКС-01Р

2.1.7 Радиометры для измерения α-загрязненности поверхностей КРА-1 и КРАБ-3

3. Измерение индивидуальных доз облучения

3.1 Организация дозиметрического контроля

Заключение

Список используемой литературы

## Перечень условных обозначений и сокращений

ТРО - твердые радиоактивные отходы

РАО - радиоактивные отходы

АЭС - атомная электрическая станция

НПРО - цех переработки радиоактивных отходов

БД - блок детектирования

ИИ - ионизирующее излучение

## Введение

Производственная деятельность АЭС в сфере обращения с радиоактивными отходами направлена на обеспечение безопасной, надежной и экономичной работы основного и вспомогательного оборудования зданий и сооружений систем обращения с радиоактивными отходами, а так же поддержания в необходимом состоянии самих зданий и сооружений, путем выполнения предусмотренных производственными и нормативными документами процедур, организации их технического обслуживания и ремонтов.

Эти меры должны быть направлены на решение следующих проблем:

обеспечение приемлемого уровня защиты здоровья человека от радиационного воздействия РАО;

учет возможных последствий для человека и природной среды;

исключение чрезмерного экономического бремени для будущих поколений;

установление четкой ответственности за обращение с РАО;

разграничение полномочий, установление ответственности, прав и обязанностей в области обращения с РАО.

Особое внимание при этом следует обращать на обеспечение радиационной безопасности персонала. Для этих целей служит организованный на АЭС радиационный контроль.

Цель данной работы - анализ существующих методов и средств радиационной безопасности при обращении с ТРО.

## 1. Порядок обращения с твердыми радиоактивными отходами

## 1.1 Общие положения

Основной задачей системы обращения с ТРО является перевод отходов в состояние, позволяющее длительно хранить их с обеспечением максимальной безопасности обслуживающего персонала, жителей региона и окружающей природной среды. В этих целях ТРО подвергаются сортировке по активности и виду материала с последующей переработкой (прессование, сжигание, цементирование, плавление и т.п.), упаковкой в специальные защитные контейнеры и контролируемым хранением.

В структурных подразделениях приказом по станции назначены ответственные за обращение с РАО. Обязанность ответственных - контроль выполнения требований обращения с РАО в подразделении (бригадах, (сменах и т.п.), выдача руководству подразделений предложений для формирования мероприятий по минимизации образования отходов.

Ежемесячно на АЭС под председательством заместителя главного инженера по общестанционным объектам проводятся рабочие совещания руководителей подразделений. Цель совещаний - рассмотрение результатов работы за предыдущий месяц, выполнение намеченных мероприятий, разработка перспективных планов по обращению с РАО.

## 1.2 Распределение обязанностей и ответственности в сфере обращения с радиоактивными отходами

ЦПРО обеспечивает сбор, транспортировку, переработку, хранение и учет ТРО, образующихся на станции в процессе её эксплуатации, в соответствии с требованиями нормативных документов. Отдел радиационной безопасности обеспечивает:

радиационный контроль всех видов деятельности по обращению с РАО;

выполнение требований радиационной безопасности эксплуатационным персоналом.

Подразделения, в результате деятельности, которых образуются РАО, обеспечивают:

планирование образования РАО;

разработку и выполнение цеховых мероприятий по минимизации РАО;

сбор РАО на местах образования.

Смежные подразделения обеспечивают финансовое, материально-техническое, технологическое, ремонтное, транспортное сопровождение процесса обращения с РАО и подготовку персонала.

Общее руководство процессом обращения с РАО обеспечивают генеральный директор, главный инженер, заместители главного инженера.

## 1.3 Использование средств индивидуальной защиты при обращении с ТРАО

По характеру применения средства индивидуальной защиты (СИЗ) подразделяются на основные и дополнительные.

Основные СИЗ являются обязательными для всех лиц, работающих на предприятии и обеспечивающих необходимую защиту от загрязнения радиоактивными веществами. Дополнительные СИЗ применяются временно для защиты персонала при работе по дозиметрическому наряду, когда основные средства (спец. одежда) являются недостаточными или требуются защита самих основных средств.

Дозиметрический наряд - это письменное разрешение на выполнение радиационно-опасной работы, определяющее место проведения и содержания работы, время и дату начала работы, условия ее выполнения, необходимые меры безопасности, разрешенную дозу облучения работающих по наряду, состав бригады, и лиц ответственных за обеспечение радиационной безопасности.

В местах с мощностью дозы, превышающей γ 3 мР/ч или с загрязненностью по β - изучению свыше 8000 част/см2. мин, или по α-излучению свыше 5 част/см2· мин работы с ТРАО производятся по дозиметрическому наряду.

Для выполнения радиационно-опасной работы в местах с мощностью дозирования 10 мР/ч, загрязненность по β-излучению свыше 50000 част/см2· мин, или по α-излучению свыше 50 част/см2· мин необходимо разрабатывать специальный план по радиационной безопасности.

Объем применения дополнительных средств зависит от характера выполняемой работы и определяется в каждом конкретном случае ответственными лицами за радиационную опасность.

Дополнительные средства включают в себя:

респираторы ШБ-1;

"Лепесток-200";

РП-К;

"Астра-2"

"Лепесток-40";

"Лепесток-5";

перчатки резиновые или пластиковые;

перчатки просвинцованные;

рукавицы комбинированные;

полухалат пластикатовый;

куртка или плащ пластикатовый;

сапоги резиновые;

полубахилы;

чулки и следы пластикатовые;

очки или маска защитные;

маска сварщика или куртка для работ в условиях ионизирующего излучения;

фартук пластиковый.

Резиновые перчатки должны использоваться совместно с хлопчатобумажными перчатками внутри.

Перед проведением работ с использованием СИЗ руководитель работ по дозиметрическому наряду проводит инструктаж о правилах пользования дополнительными СИЗ. По окончании работ необходимо провести дезактивацию дополнительных СИЗ, снять их в сан. Шлюзе или на месте проведения работ, затарить в полиэтиленовые мешки и доставить в отведенное место. Для защиты органов дыхания от радиоактивных аэрозолей применяются респираторы типа "Лепесток" в течении одной смены и от газов не защищают.

При работе с сильнозагрязненными предметами следует применять дистанционный инструмент: захваты, щипцы.

Спец. одежда загрязненная радионуклидами в пределах допустимых значений направляется на дезактивацию в спец. прачечную не реже одного раза в неделю, а спец. одежда, загрязненная свыше (НРБУ-97) допустимых норм, изымается из эксплуатации немедленно и направляется на дезактивацию.

Вход в зону строгого режима АЭС, где возможно воздействие ионизирующего излучения на персонал, допускается только через санпропускник с обязательным полным переодеванием работающего персонала, а вход в помещение, где ведутся аварийные работы и ремонтные, кроме того, через саншлюзы. В комплект повседневной спецодежды, работающих в зоне строго режима, входит комбинезон или костюм, шапочка, спецбелье, носки, легкая обувь или ботинки, перчатки, полотенце индивидуальные средства защиты.

Набор дополнительных СИЗ, в период ремонтных и аварийных работ, определяется службой радиационной безопасности АЭС.

При выходе из зоны строго режима контролируется чистота спецодежды и СИЗ, затем они снимаются, После обработки кожаных покровов человека под душем водой они должны превышать радиоактивное загрязнение выше 0,1 уровня ДЗА.

## 2. Методы и средства радиационного контроля при обращении с твердыми радиоактивными отходами

## 2.1 Аппаратное обеспечение измерения, мощности дозы и загрязнения поверхности

Система радиационного контроля представляет собой комплекс программно-технических средств и организационных мероприятий, позволяющих выполнить контроль радиационной обстановки и направленных на обеспечение и соблюдение норм радиационной безопасности и определение параметров, характеризующих радиационную безопасность.

Для определения активности ТРО применяется следующее аппаратное обеспечение.

Контроль мощности дозы гамма-излучения ТРО

дозиметры ДРГЗ - 01 - 04

дозиметры ДРГ-05; 05М Назначение дозиметров ДРГЗ - 01-Ю4.

## 2.1.2 Дозиметры ДРГЗ-01, ДРГЗ-02, ДРГЗ-03, ДРГЗ-04

Дозиметры ДРГЗ-01, ДРГЗ-02, ДРГЗ-03, ДРГЗ-04 предназначены для измерения экспозиционной дозы рентгеновского и γ-излучения в широком диапазоне мощностей доз и энергий квантов.

В условиях АЭС приборы могут использоваться для:

радиационного контроля в санитарно-защитной зоне АЭС при возникновении аварийных ситуаций;

радиационного контроля во время сортировки радиоактивных отходов и приемке свежего топлива;

радиационного контроля в период проведения дефектоскопии сварных швов трубопроводов;

измерения мощности дозы γ-излучения в машзале при нарушении герметичности парогенераторов;

контроля состояния биологической защиты ЯППУ.

Основные технические данные

Дозиметры измеряют мощность экспозиционной дозы рентгеновского и γ-излучений в диапазоне от 0 до 3000 мкР/сек.

Диапазоны измерения мощностей экспозиционной дозы разбиты на поддиапазон (табл.1).

Таблица 1 - Поддиапазоны измерения мощностей экспозиционной дозы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Поддиа-пазоны | Ед.измер | ДРГЗ-01; - 02 | ДРГЗ-03 | ДРГЗ-04 |
| 1 | мкР/с | 0...0,1 | 0...0,1 | 0...0,1 |
| 2 | мкР/с | 0...0,3 | 0...0,3 | 0...10,0 |
| 3 | мкР/с | 0...1,0 | 0...10,0 | 0...30,0 |
| 4 | мкР/с | 0...3,0 | 0...30,0 | 0...100 |
| 5 | мкР/с | 0...10,0 | 0...100 | 0...300 |
| 6 | мкР/с | 0...30 | 0...300 | 0...1000 |
| 7 | мкР/с | 0...100 | 0...1000 | 0...3000 |

Диапазон измеряемых эффективных энергий квантов рентгеновского и γ-излучений от 20 до 3000 кэВ.

В дозиметрах в качестве детектора использован фотоумножитель типа ФЭУ-92 и воздухоэквивалентный сцинтиллятор (в ДРГЗ-01 используется ФЭУ-93).

Основная погрешность дозиметров не превышает +15% на 1 и 2 поддиапазонах и +10% на всех остальных поддиапазонах относительно конечного значения шкалы.

Время установления рабочего режима дозиметров не превышает 3 минуты.

Время измерения дозиметрами не превышает:

на первом поддиапазоне - 10+2 сек,

на втором поддиапазоне - 3+1 сек

на остальных поддиапазонах - 1+0,5 сек.

Принцип действия дозиметра

Дозиметр состоит из следующих узлов:

блок детектирования (БД);

усилитель постоянного тока (УПТ);

преобразователь напряжения;

сетевой блок питания или блок питания на элементах РЦ-85У.

Измерение дозиметрами мощности дозы рентгеновского и γ-излучения основано на принципе измерения средней интенсивности сцинтилляций воздухоэквивалентного сцинтиллятора, которая пропорциональна измеряемой мощности дозы.

Фотоумножитель типа ФЭУ-92 регистрирует вспышки сцинтиллятора и работает в токовом режиме. Ток фотоумножителя измеряется с помощью усилителя постоянного тока и микроамперметра.

Подготовка к работе

Поставить переключатель рода работ в положение "Нак. ", а переключатель поддиапазонов в положение "Уст. нуля" и с помощью потенциометра накала на блоке питания установить стрелку измерительного прибора на правый край красного сектора.

Поставить переключатель рода работ в положение "Ток стаб." и потенциометром 3, расположенным под дном пульта, установить стрелку прибора на правый край красного сектора.

Подготовка к измерениям

Поставить переключатель рода работ в положение "Накал", а переключатель поддиапазонов в положение "Уст. нуля". Стрелка измерительного прибора должна устанавливаться в пределах красного сектора. Если стрелка прибора не устанавливается в пределах красного сектора, то следует снять нижний кожух и с помощью потенциометра накала на блоке питания установить стрелку на правый край красного сектора.

После 2-х минутного прогрева установить переключатель рода работ в положение "Ток стаб." Стрелка прибора должна установиться в пределах +10% от правого края красного сектора. В противном случае с помощью потенциометра 3, расположенного под дном пульта, установить стрелку прибора на правый край красного сектора.

Поставить переключатель рода работ в положение "ПР. ПИТАНИЯ". После 3-х минутного прогрева стрелка измерительного прибора должна показывать по нижней шкале напряжение, равное 7-8 В (вся шкала от 0 до 30 В).

После пятиминутного прогрева поставить переключатель рода работ в положение "Измерение", а переключатель поддиапазонов - в нужное для работы с контрольным источником положение.

Закрыть световой затвор и с помощью ручки "Уст. нуля" установить стрелку измерительного прибора на нуль.

Открыть световой затвор и установить на торце блока детектирования контрольный источник.

По истечению времени установления стрелки измерительного прибора для данного поддиапазона снять показания прибора, которое не должно отличаться более чем на +10% от значения, указанного на контрольном источнике. Прибор готов к работе (при большой погрешности прибор сдается в ремонт).

Определение показаний дозиметров от контрольного источника рекомендуется проводить не чаще одного раза в день, а при ежедневной работе - не чаще 1 раза в 3 дня.

Порядок работы

Поставить переключатель рода работ в положение "Измерение".

Закрыть световой затвор БД и проверить установку стрелки прибора на "нуль". Если стрелка не установилась на нуле, то ручкой "Уст. нуля" произвести корректировку.

Примечание: корректировка производится при каждом измерении.

Открыть световой затвор и произвести отсчет показаний после выдержки времени. Для исключения влияний флуктуаций стрелки на более чувствительных поддиапазонах, вызванных статическим характером излучения, рекомендуется производить 5-6 отсчетов с интервалом 5-10 сек., показания в этом случае определяется как среднеарифметическое произведенных отсчетов.

## 2.1.3 Дозиметр ДРГ-05

Назначение и краткая характеристика.

ДРГ-05 предназначен для измерения экспозиционной дозы (ЭД) и мощности экспозиционной дозы (МЭД) рентгеновского и γ-излучения в диапазоне энергий фотонов от 40 до 10000 кэВ и качественной оценки наличия β-излучения от 200 до 3000 кэВ.

Диапазон измерений МЭД от ОД до 10000 мкР/с поддиапазоны:

от 0,1 до 100 мкР/с

от 100 до 10000 мкР/с.

Диапазон измерений ЭД от ОД до 10000 мр.

Градуировка по Кобальту-60 (Со-60) или по цезию-137 (Cs-137). Проверка по стронциево-иттриевому источнику (Sz-90 +Y-90).

Время установления рабочего режима - не более 1 минуты.

Питание - от 28 аккумуляторов типа Д-01, объединенных в 4 АБ, соединенных параллельно.

Блок детектирования (БД) - ФЭУ-35А и воздухоэквивалентный сцинтиллятор типа Д-76. Для перекрытия светового потока идущего от сцинтиллятора на фотокатод ФЭУ, применен световой затвор. Отношение световых потоков, попадающих на фотокатод при открытом или закрытом затворе, не менее 200. ДРГ-05 позволяет качественно оценить наличие (3-излучений. О наличии β-излучений судят по разности показаний при надетом на БД съемном стакане и без него.

ДРГ-05 имеет 3 режима работы:

"<100 мкр/с", в этом режиме в цифровом индикаторе ставиться "запятая" - 1 поддиапазон.

">100 мкр/с", запятая гаснет - 2 поддиапазон;

"мР" - для измерения ЭД от 1 до 9999 Р.

При превышении показаний на табло происходит мигание цифр с частотой около 16 Гц, а при МЭФ > 10000 мкР/сек - на табло загораются мигающие "нули".

Подготовка к работе и порядок работы

Вращением стакана установить световой затвор в положение "открыто".

Установить переключатель в одно из положений "<100"; ">100"; "мР" и дать прибору прогреться в течение 1 минуты (но лучше 15 минут).

Проверить работоспособность от контрольного источника (при измерении МЭД) и в положении "МР" (при измерении ЭД).

Измерить дозу от контрольного β-источника за время t - измерения, за которое наберется доза (Дизм. =100 мр). Дизм. должна быть связана с МЭД от контрольного источника (Рдеист) и коэффициентом (Кс).

Дизм = Рдейст. tизм. / Кс (1)

в пределах +/− 5% при Кс = 0,99.

При работе в режиме "МР" дозиметр измеряет ЭД за время, задаваемое оператором (по секундомеру) с точностью 1-2%. В этом случае

Дист. = Дизм. Кс,

где Дист - истинная доза;

Дизм - показания прибора.

Для оценки наличия β-излучения необходимо провести измерение β-излучения поверхности со съемным стаканом и без него, не меняя положения дозиметра. Увеличение показаний при снятом стакане более, чем на 20%, чем при надетом, указывает на наличие β-излучения.

ДОЗИМЕТР ДРГ-05М

Назначение и основные технические данные

ДРГ-05м предназначен для измерения экспозиционной дозы (ЭД) и мощности экспозиционной дозы (МЭД) рентгеновского и γ-излучения в диапазоне энергий фотонов от 15 до 3000 КэВ.

Диапазон измерения МЭД от 0,01 до 100000 мкр/с. Поддиапазоны:

"<2,5 мкр/с" - от 0,01 до 2,5 мкр/с;

"<100 мкр/с" - от 2,5 до 100 мкр/с;

">100 мкр/с" - от 100 до 10000 мкр/с.

Диапазон измерения ЭД от 1 до 10000 мкр/с.

Градуировка по кобальту-60 (Со-60) и по цезию-137 (Сз-137).

Питание от 4-х аккумуляторов Д-01.

Время установления рабочего режима - не более 1 минуты.

Устройство и принцип действия

Измерение МЭД основано на измерении интенсивности сцинтилляций воздухоэквивалентного экрана сцинтиллятора, которая пропорциональна МЭД. В качестве воздухоэквивалентного сцинтиллятора используется органический сцинтиллятор на основе полистирола.

ДРГ-05М позволяет качественно оценить наличие β-излучения как при наличии, так и при отсутствии γ-излучения. О наличии β-излучения судят по разности показаний дозиметра при надетом на БД съемном стакане и без него.

ДРГ-05М имеет 4 режима работы;

1режим: "<2,5 мкр/с". В этом режиме на индикаторном табло после цифрового индикатора 3-го разряда светится "запятая", обеспечивая индикацию результатов измерения, начиная с 0,01 до 2,5 смк/с.

2режим: " <100 мкр/с". В этом режиме на индикаторном табло цифрового индикатора 2-го разряда светится "запятая", обеспечивая индикацию результатов измерения начиная с 0,1 до 99,9 мкр/с.

3режим: ">100 мкр/с". В этом режиме на индикаторном табло после цифрового индикатора "запятая" гаснет и возможно измерение от 1 до 999 мкр/с.

4 режим: "мр". В этом режиме прибор измеряет ЭД от 1 до 9999 мр.

Стакан крепится на детекторе, состоящем из воздухоэквивалентного сцинтиллятора конического световода и ФЭУ.

Подготовка к работе, проверка работоспособности

Установить "Переключатель рода работ" в положение "<100 мкр/с", убедиться, что светодиод индикации напряжения аккумуляторов не светиться, а табло мигает с периодом 1 сек.

Произвести компенсацию собственного фона:

Установить световой затвор на БЮ и положение "Закрыто".

Нажать кнопку "Компенс" и отпустить ее во время 3-го, с момента нажатия кнопки, высвечивания на табло. Отпустив кнопку, убедитесь, что на табло высвечиваются нули или показания не превышают цифры 2 в последнем разряде табло. В противном случае повторите компенсацию.

Повернуть стакан БД в положение "Открыто". Снять его и поместить на торец БД контрольный источник.

Определить среднее значение 10-15 последовательных показаний дозиметра от контрольного источника и сравнить с паспортом.

Аналогично проверить поддиапазоны "2,5 мкр/с", ">100 мкр/с".

Установить "Переключатель рода работ" в положение "<2,5 мкр/с" и зафиксировать время, в течение которого табло погашено (8-12 сек).

Закрыть световой затвор и переключить прибор в положение "мр".

Открыть световой затвор и выполнить следующие операции:

С помощью секундомера измерить время, в течение которого от контролируемого источника наберется доза Дизм = 20 мр.

Рассчитать время tp, необходимое для набора дозы 20 мр по формуле:

 (2)

где Рд - показания дозиметра от контрольного источника в режиме ">100 мкР/с" - мР/с;

Кс - коэффициент соответствия (указан в таблице 2 описания) tизм. не должно отличаться от tp более, чем на +20%.

Примечание: Проверку работоспособности дозиметра проводить через 15 минут после включения.

Измерение МЭД, ЭД и β-излучения

Измерение МЭД и ЭД с энергией фотонов от 30 до 3000 КэВ проводить с надетым на БД стаканом, а от 15 до 30 Кэв со снятым стаканом.

Измерение МЭД

Установить переключатель режимов работы в положение, соответствующее предполагаемой МЭД.

Через 1 минуту после включения произвести компенсацию собственного фона.

Открыть световой затвор и произвести измерения.

Измерение ЭД

Установить переключатель в положение ">100 мкр/с", закрыть световой затвор и зафиксировать среднее значение 5-6 показаний дозиметра при нажатой кнопке "Компенс." (Рф).

Установить переключатель в положение "мр" и открыть световой затвор. При этом на табло установятся нули, и дозиметр начнет набор дозы с момента открывания затвора.

Действительное значение величины ЭД вычислить по формуле:

Дц = (Дизм. - Рф. tизм). Кс (мр), (3)

где Дизм - доза измеренная дозиметром (мр),

Рфон - среднее значение собственного фона на поддиапазоне ">100мкр/с"- (мкр/с),

tизм. - время измерения (сек),

Кс - коэффициент соответствия (таблица 2 технического описания ЖШ2.805.397 ОП).

Измерение β-излучения

Для качественной оценки наличия β-излучения необходимо провести измерения с надетым стаканом и без него, не меняя положения дозиметра. Увеличение показаний дозиметра при снятом стакане относительно показаний при надетом указывает на наличие β-излучения.

## 2.1.4 Измеритель мощности дозы ДП-5В (рентгенометр)

**Назначение и краткая характеристика.**

Измеритель мощности дозы ДП-5В предназначен для измерения γ-излучения. Мощность экспозиционной дозы γ-излучения определяется в миллирентгенах или рентгенах в час. Кроме того, имеется возможность обнаружения β-излучения.

Прибор работоспособен после 1 минуты прогрева. Диапазон измерений γ-излучения: 0,05 мР/ч - 200 Р/ч в диапазоне энергий от 0,084 МэВ до 1,25 МэВ. Прибор имеет шесть диапазонов измерения.

Отсчет показаний производиться по шкале, очерченной сплошной линией с последующим умножением на соответствующий коэффициент поддиапазона.

Прибор имеет звуковую индикацию на всех поддиапазонах, кроме первого.

Время установления показаний прибора, необходимое для получения гарантируемой точности отсчета, не превышает 45 сек.

**Устройство прибора.**

Прибор состоит из измерительного пульта, блока детектирования, соединенного с пультом при помощи гибкого кабеля. На блоке детектирования вмонтирован контрольный источник.

**Работа прибора.**

В БД установлены газоразрядные счетчики СИ8-БГ и СБМ-20. Под действием β-частиц или γ-квантов выдаются электрические импульсы, возникающие в БД, которые преобразуются в приборе и выдается сигнал на амперметр.

**Подготовка к работе и проверка работоспособности прибора.**

Поставьте ручку переключателя в положение (контроль режима). Стрелка прибора должна установиться в режимном секторе.

Установите ручку переключателя поддиапазонов в положение ×1000, ×100, ×10, ×1, ×0,1. Проверить работоспособность прибора на всех поддиапазонах, кроме первого, с помощью контрольного источника типа Б-8, укрепленного на поворотном экране блока детектирования, для чего установите экран в положение "К" и подключите телефон. Вилку телефонного шнура вставьте в гнездо. Проверьте работоспособность прибора по щелчкам в телефоне. При этом стрелка микроамперметра должна зашкаливать на пятом и шестом поддиапазонах, отклоняться на четвертом, а на третьем и втором может не отклоняться из-за недостаточной активности контрольного источника для этого поддиапазона. На шестом поддиапазоне щелчки в телефоне могут периодически прерываться из-за большой активности КИ для этого поддиапазона. Сравните показания прибора на четвертом поддиапазоне с показанием, записанным в формуляре на прибор или на самом приборе. Нажмите кнопку "Сброс" (х), при этом стрелка прибора должна установиться на нулевую отметку шкалы. Поверните экран в положение "Г". Поставьте ручку переключателя в положение "ИЗМЕРЕНИЕ". Прибор готов к работе.

**Порядок работы.**

**Измерение γ-излучения.**

В положении "Г" экрана блока детектирования прибор регистрирует мощность дозы γ-излучения в месте расположения блока детектирования. На поддиапазоне 1 показания считываются по шкале микроамперметра 0-200. На остальных поддиапазонах показания считываются по шкале микроамперметра 0-5, умножаются на коэффициент соответствующего поддиапазона. Определение заражения радиоактивными веществами поверхностей тела, одежды и т.д. проводится путем измерения мощности экспозиционной дозы γ-излучения этих объектов на минимальном расстоянии между блоком детектирования прибора и обследуемым объектом, исключающим прикосновение к объекту.

**Обнаружение β-излучения**

Поверните экран на блоке детектирования в положение "Б". Поднесите блок детектирования к обследуемой поверхности на расстояние 1-1,5 см. Ручку переключателя поддиапазонов последовательно ставьте в положение ×0,1, ×1, ×10 до получения отклонения стрелки микроамперметра в пределах шкалы. В положении экрана "Б" на БД измеряется мощность дозы суммарного β+γ-излучения. Увеличение показаний прибора на одном и том же поддиапазона по сравнению с γ-излучением показывает о наличии β-излучения.

## 2.1.5 Измеритель мощности экспозиционной дозы Γ-излучения КДГ-1

**Назначение и краткая характеристика дозиметра КДГ-1**

Дозиметр носимый КДГ-1 предназначен для измерения мощности экспозиционной дозы γ-излучения и индикации наличия β-излучения при проведении дозиметрического контроля.

Дозиметр КДГ-1 обеспечивает измерение мощности экспозиционной дозы γ-излучения в диапазоне: 10 - 4...10-3 Р/час.

Основная погрешность измерения - +20%.

Время установления рабочего режима <1 мин.

Время установления показаний <100сек.

Питание - от аккумуляторов НКГЦ-1Д - 3 шт.

Градуировка - по кобальту-60 (Со-60) - для γ-излучения и стронциево-иттриевый-60 (Sz-90 + Y-90) источник для β-излучения.

Принцип действия

Принцип действия дозиметра основан на измерении средней частоты следования электрических импульсов, которые возникают в блоке детектирования в результате воздействия γ-квантов на самогасящиеся счетчики Гейгера-Мюллера (используемые в приборе в качестве детекторов излучения). Электрические импульсы от блока детектирования поступают на измерительный пульт, где они нормализуются по амплитуде и регистрируются измерителем скорости счета (ИСС).

Напряжение на интегрирующем конденсаторе ИСС измеряется вольтметром с большим входным сопротивлением. Отсчет производится по стрелочному прибору, шкала которого отградуирована в соответствующих единицах измерения.

В качестве детекторов излучения в блоке детектирования применены галогенные счетчики типа СБМ-20 и СИ-38Г. Счетчик чувствительный СБМ-20 включается при измерении мощности экспозиционной дозы γ- излучения в диапазоне 0,1...100 мр/час, а также для индикации жесткого β-излучения. С помощью счетчика СИ-38Г производится измерение в диапазоне от 100 мр/ч до 10-3 Р/ч. Под воздействием γ-квантов на один из счетчиков, на выходе блоков детектирования появляются импульсы напряжения положительной полярности, которые по кабелю поступают в измерительный пульт.

Для корректировки энергетической чувствительности счетчики размещаются внутри цилиндрических экранов, материал которых специально подобран для получения равномерной эффективности регистрации от энергий γ-излучения.

Подготовка, включение в работу и производство измерений.

Произвести внешний осмотр на отсутствие повреждений на блоках дозиметра.

Переключатель поддиапазонов должен находиться в положении "Выкл."

Переключатель поддиапазонов измерительного пульта перевести в положение "Вкл. ", а спустя одну минуту в положение "Уст. нуля" и, при необходимости, установить с помощью ручки переменного резистора "Уст. нуля" показания стрелочного прибора на нуль.

Перевести переключатель поддиапазонов в положение "Проверка питания". При этом стрелка измерительного прибора должна находиться справа от реперной метки, то необходимо произвести смену источников питания.

Произвести проверку работоспособности дозиметра по приданному в ЗИП контрольному β-источнику, для чего необходимо повернуть поворотный экран блока детектирования и зафиксировать его в положении "β + γ".

Установить переключатель поддиапазонов в положение "×100 мр/ч", поместить β-источник вплотную к окну и по истечение 100 секунд отсчитать показания стрелочного прибора, которые должны соответствовать при этом величине, записанной в формуляре на данный дозиметр (42...65 мР/ч).

Повернуть поворотный экран блока детектирования и зафиксировать его в положении "γ". Прибор готов к работе.

Замеры начинать производить с поддиапазона ×10-3 Р/ч, при отсутствии отклонения стрелки на высшем диапазоне, необходимо переключатель поддиапазонов переводить последовательно на следующие низшие поддиапазоны до получения показаний в пределах шкалы.

Показания на поддиапазонах "×10-3 Р/ч" и "×100 мР/ч" отсчитывают по нижней шкале, а на всех остальных поддиапазонах - по верхней шкале.

Весь диапазон измерения разбит на поддиапазоны:

|  |  |
| --- | --- |
| 0,1-1 мР/ч | 0,1-1 Р/ч |
| 1-10 мР/ч | 1-10 Р/ч |
| 10-100 мР/ч | 10-100 Р/ч |

Для индикации наличия β-излучения в диапазоне 0,1-100 мР/ч поворотный экран зафиксировать в положении "γ" и ручкой потенциометра "Установка нуля" скомпенсировать показания прибора от γ-фона, установив стрелку измерительного прибора на нуль (на п/д ×0,1).

Повернуть поворотный экран блока детектирования и зафиксировать его в положении "β + γ". Показания прибора более 0,1 значения шкалы данного поддиапазона указывает на наличие "жесткого" β-излучения.

После 30 минут непрерывной работы следует проводить периодический контроль напряжения источников питания и установки стрелки измерительного прибора на нулевое положение шкалы.

На остальных поддиапазонах (×1, ×10, ×l00 мР/ч) измеряется аналогично.

Для измерения удельной и объемной активности ТРО используется радиометр РКБ4-1еМ.

Назначение и основные технические данные

Предназначен для экспрессных измерений удельной и объемной β-активности проб объектов внешней среды и применяется для комплексного санитарно-гигиенического контроля объектов внешней среды в полевых и лабораторных условиях в диапазоне измеряемой удельной и объемной активности 1,9 - 3,7.10-7 Бк/кг; Бк/л.

В качестве детекторов в радиометре применяются 2 типа блоков детектирования:

БДЖБ-02 - БД на основе объемно-активированных пластмассовых пластин-световодов;

БДЖБ-07 - БД на основе одной поверхностно активированной пластмассовой пластины.

Основная погрешность - не более ± 40%.

Время измерения одной пробы не превышает 35 мин.

Время установления рабочего режима не более 15 мин.

Питание радиометра осуществляется от сети 220 в, а также от автономного источника (батарея из 12 элементов типа "А 343 Прима").

В качестве контрольного источника используется γ-источник Cs-137.

Устройство и принципы действия

Радиометр состоит из:

Пульт радиометра УУЦ4-1еМ, в него входит:

Устройство входное БСА-1еМ;

Устройство вывода информации УВЦ4-1еМ;

Счетчик УСО4-1еМ;

Узел питания БНК4-1 еМ;

Блок питания БНН-1И;

Устройство сигнализации.

Пульт радиометра УУЦ4-1еМ предназначен для формирования и селекции сигналов от БД, накопления, пересчета и вывода информации за заданное время измерения, а также для управления всеми рабочими процессами радиометра.

Блоки детектирования БДЖБ-02 и БДЖБ-07 предназначены для детектирования β-излучения радиоактивных проб. В БДЖБ-02 используется детектор с развитой поверхностью на основе поверхностно-активированных полистирольных пластин и 2 шт. ФЭУ-82. В БДЖБ-07 используется детектор на основе одной поверхностно-активированной полиметилметакриловой пластины и ФЭУ-93. Детекторы предназначены для регистрации β-частиц, испускаемых радиоактивной пробой. Полученные при регистрации световые вспышки преобразуются ФЭУ в импульсы тока.

Подготовка к работе

Внимание:

а) Запрещается включать радиометр при снятой крышке, открытой горловине или с открытыми штуцерами на крышке БД БДЖБ-02.

б) Запрещается включать пульт радиометра без подключенного к нему БД.

в) Запрещается проводить промывку детекторов спиртом, ацетоном и др. растворителями во избежание повреждения детекторов.

г) При проведении измерений с временем экспозиции 100 сек переключатель "Режим работы" должен находится только в положении "N ".

Подключить радиометр к сети переменного тока, для чего установить переключатели:

"Режим работы" в положение "Контр."

"Времени измерения" в положение "10с",

Тумблер "Индикация ЦПУ" в соответствующее положение.

"Питание" в положение ВКЛ, при этом должен загореться индикаторный светодиод + - - +.

Нажать и отпустить кнопку "Сброс", при этом на индикаторах высвечиваются нули. Через несколько секунд индикаторы гаснут, радиометр приходит в режим набора информации. Через 10 сек. после начала набора информации на индикаторах высвечивается четырехзначное число (на ленте ЦПУ печатается четырехзначное число) в пределах 5500 + 2000. Сброс и новый набор информации происходит автоматически через каждые 10 сек.

Привести переключатели "Режим работы" в положение N × 10.

Для выключения радиометра переключатель "Питание" перевести в положение "Выкл. ", отключить сетевой БП от сети.

Подготовка радиометра к работе от автономного источника питания.

Установить кассету с 12 элементами "343 Прима" в корпус пульта.

Перевести переключатель "Режим питания" в положение "Автономное" и выполнить операции по пунктам 14.3.1 1 - 14.3.1.7

Подготовка пробы водной среды.

Отмерить пробу мерным стаканом, добавить моющий состав СФ-ЗК в количестве 100 мг на 1 литр (для вод водоемов и рек добавление моющего состава не требуется).

Порядок работы

При каждом измерении проводить 10 измерений скорости счета импульсов, поступивших с БД. За измеренное значение принимают среднее из этих измерений. Измерения фона при работе с БДЖБ-07 проводить 5 раз со временем экспозиции 100 сек каждая.

Работа с БДЖБ-02

В гнездо на крышке БДЖБ-02 поместить контрольный источник Cs-137, измерить скорость счета, сравнить результат с данными в формуляре, в случае расхождения значений с помощью ручек "Коррекция", "Грубо", "Плавно" добиваются совпадения результатов измерения с данными формуляра +3%.

Выключить радиометр, открыть горловину и залить "фоновую" воду в рабочий объем БД, закрыть горловину, включить радиометр, измерить скорость счета от контрольного источника, записать результат.

Снять источник, измерить "фоновую" скорость счета.

Выключить радиометр, слить "фоновую" воду, залить контролируемую пробу в рабочий объем БД, закрыть крышку, включить радиометр и измерить суммарную скорость счета фона и измеряемого изотопа.

Рассчитать скорость счета от контролируемой пробы по формуле:

Nэфф = Nф+эфф-Nф (8)

где: Nэфф - скорость счета от контролируемой пробы (с-1),

Nф - скорость счета от фона (c-1),

Nф+эфф - суммарная скорость счета фона и контролируемой пробы (с-1).

Определить объемную β-активность пробы по формуле:

Q = (Бк/л) (9)

где Р - чувствительность радиометра по измеряемому изотопу (л/сек·Бк).

При большом количестве измерений периодически производите проверку скорости счета от контрольного источника, при необходимости производить коррекцию.

Работа с БДЖБ-07

Включить радиометр, в выдвижную кассету БД поместить контрольный источник, измерить скорость счета, сравнить результат с данными в формуляре, в случае расхождения значений с помощью ручек "Коррекция", "Грубо", "Плавно" добиться совпадения результатов измерения с данными формуляра +3%.

Снять источник, измерить фоновую скорость счета.

Разместить пробу в выдвижной кассете.

Провести измерения скорости счета от контрольной пробы, определить удельную или объемную активность по формулам 1 и 2.

При большом количестве измерений периодически производить проверку от контрольного источника, при необходимости производить коррекцию.

Для измерения загрязненности поверхностей ТРО используются следующие приборы: радиометр-дозиметр МКС-01Р, радиометр для измерения β-загрязненности поверхностей КРБ-1, радиометр для измерения α-загрязненности поверхностей КРА-1, радиометр загрязненности поверхностей КРАБ-3.

## 2.1.6 Радиометр-дозиметр МКС-01Р

Назначение и основные технические данные

Предназначен для измерения степени загрязненности поверхности α - и β-активными веществами, плотности потока β-частиц, флюенса α - и β-частиц, мощности экспозиционной дозы (МЭД) и эквивалентной дозы (ЭД) рентгеновского и γ-излучения, плотности потока и флюенса тепловых, быстрых и промежуточных нейтронов, ЭД и МЭД нейтронного излучения.

Основная погрешность измерения должна быть не более ± 20%.

Время установления рабочего режима не более 15 мин.

Питание прибора:

от внешнего источника напряжения постоянного тока,

от аккумуляторов НКГЦ-1Д - 7 шт.

В зависимости от применяемого БД МКС-01Р измеряет α-, β-, γ-, нейтронное излучение.

Устройство и принцип действия

МКС-01P состоит из пульта регистрации и сменных блоков детектирования, которые предназначены для измерения различных видов ИИ. БД преобразует энергию излучения в последовательность импульсов, число которых пропорционально энергии излучения. Измерение МЭД и плотности потока частиц измеряется в единицу времени, а измерение ЭД и флюенса частиц - за количество времени.

Работа блоков детектирования основана на сцинтилляционном методе регистрации, и БД состоит из ФЭУ-85 и различных сцинтилляторов (типы их см. в описании).

Индикация показаний осуществляется с помощью пятиразрядного цифрового табло, а также по стрелочному прибору, который позволяет обнаружить очень малые уровни излучения с помощью устройства световой и акустической сигнализации (светодиод с маркировкой "Интенс. доз опер. ").

Подготовка к работе

Переключатель "Вид измерения" перевести в положение "Напр. бат. ", при этом стрелка должна быть в пределах красного сектора.

Подсоединить необходимый БД к пульту.

Дать прогреться 5 минут.

Переключатель "Измеряемая величина" перевести в соответствии с подключаемым блоком детектирования.

Переключатель "Вид измерения" перевести в положение "Выс. напр."

Переключатель "Время измерения" перевести в положение "2с".

Снять с приемного окна БД крышку-фильтр (а для БДКГ-02Р, кроме того, повернуть затвор по стрелке до упора).

Установить на приемное окно БД кассету с контрольным источником (номера КИ указаны в паспорте) и снять не менее 5 показаний и вычислить среднее значение.

При подготовке к работе БДКГ-02Р в режиме ">103" необходимо учесть собственный фон БД. Для этого необходимо повернуть световой затвор против часовой стрелки до упора и снять 5 показаний, а затем вычислить среднее значение. К показаниям от КИ из таблицы 8 (в Описании. .) прибавить значение собственного фона (например, 317,4 мкЗв/ч + собственный фон). Полученное значение не должно отличаться более чем на +10%. В противном случае произвести регулировку чувствительности переменными резисторами согласно таблице 14 (R-13).

Работа с прибором

В дальнейшем во всех случаях при измерениях:

Подсоединить соответствующий БД.

Переключатель "Вид измерения" перевести в положение "БД".

Переключатель "Время измерения" перевести в положение "2с".

Переключатель "Измеряемая величина" перевести в соответствующее положение (см. скобки п.3.4). При этом на табло появится индикация.

Измерение плотности потока α-частиц БДКА-01Р).

Выполнить пункты 4.0.1 - 4.0.3. Перевести переключатель "Изм. величина" в положение "α". Снять с БД защитную крышку и установить БД на поверхность. На табло через 2с. появится величина плотности потока α-частиц в 1/см2·мин. Если величина плотности потока α-частиц меньше 100 1/см2. мин., то переключатель "Время измерения" перевести в положение "10 с", а если меньше 10 1/см2 · мин., то в положение "100 с".

Измерение флюенса α-частиц

Установить БД торцевой частью на поверхность.

Переключатель "Время измерения" перевести в положение "Доза (+)". На табло появится величина флюенса α-частиц в 1/см.

По истечении необходимого времени набора, контролируемого по секундомеру, установить переключатель "Время измерения" в положение "Стоп". Показания на табло будут соответствовать флюенсу α-частиц за время набора.

Измерение β-загрязнения (БДКБ-01Р)

(При отсутствии фонового γ-излучения)

Выполнить пункты 2.4 1 - 2.4.3

Переключатель "Измер. величина" перевести в положение "β".

Выполнить пункты 2.4 3 - 2.4.4

Измерение флюенса β-частиц (при отсутствии фонового γ-излучения).

Все также, как и в пункте 2.4.2 Показатели на табло будут соответствовать флюенсу β-частиц за время набора.

Измерение плотности потока β-частиц (при наличии фонового β-излучения)

Выполнить пункты 2.4 1 - 2.4.3

Установить на БД крышку-фильтр, поместить на поверхность и проводить измерения как в пунктах 2.4 3 и 2.4.4 На табло появится величина фона γ-излучения.

Снять с БД крышку-фильтр и далее как в пунктах 4.1.3 и 4.1.4 При этом на табло будет суммарная величина β-излучения плюс фон γ-излучения (изл. + фон изл). Чтобы получить истинное значение надо: изл. + фон изл. - фон.

Измерение флюенса β-частиц

(при наличии фонового γ-излучения)

Выполнить пункты 4.2.1 - 4.2.3 без крышки-фильтра. На табло появится величина флюенса β-излучения плюс γ-фон.

Надеть на БД крышку-фильтр.

Переключатель "Время измерения" перевести в положение "Доза (-)" и далее как в п.4.2.1 - 4.2.3 При этом автоматически из флюенса β плюс α вычитается γ-фон и показания будут флюенс β - за время набора.

Измерение мощности экспозиционной дозы (МЭД)

рентгеновского и γ-излучения (БДКБ-01Р)

БДКБ-01Р применяется при энергиях излучения 0,125 - 1,25 МэВ.

Выполнить пункты 4.0.1 - 4.0.3.

Переключатель "Измер. величина" перевести в положение "γ - 2".

Установить на БД крышку-фильтр и поместить БД в поле излучения. Через 2сна табло появятся показания МЭД в мкЗв/час. Если МЭД <1мкЗв/час, то переключатель "Время измерения" установить в положение "10с", а если <0,1 мкЗв/час, то в положение "100с".

Измерение экспозиционной дозы (ЭД)

Установить на БД крышку-фильтр и поместить в поле излучения.

Переключатель "Время измерения" перевести в положение "Доза (+)". На табло появится величина эквивалентной дозы (в мкЗв/час).

По истечении необходимого времени набора (по секундомеру) переключатель "Время измерения" перевести в положение "Стоп".

Измерение МЭД рентгеновского и γ-излучений (БДКГ-02Р).

БДКГ-01Р применяется при энергиях излучения 0,04 - 10 МэВ.

Подготовку прибора к работе производить согласно раздела 3.

Выполнить пункты 4.0.1 - 4.0.3.

Переключатель "Измеряемая величина" перевести в положение "γl <10-3".

Закрыть световой затвор БД против часовой стрелки. Уровень собственного фона определить на табло. При измерении МЭД γ-излучения значение фона необходимо вычитать из измеренного значения.

В случае, если γ-фон меньше 10 мкЗв/час, необходимо провести дезактивацию БД водным раствором стирального порошка типа "Лотос". Если после дезактивации γ-фон больше 12 мкЗв/час, необходимо сменить ФЭУ.

Установить на БД крышку-фильтр.

Открыть световой затвор (по стрелке).

Переключатель "Измеряемая величина" установить в положение "yl <103".

Выполнить пункты 4.0.2 и 4.0.3.

БД расположить в поле γ-излучения. На табло появится величина МЭД γ-излучения.

Если показания будут >10-3 мкЗв/час, то переключатель "Измеряемая величина" перевести в положение "γl>10^3".

РАДИОМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ BETA-ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ КРБ-1

Назначение и основные технические данные

Радиометр носимый КРБ-i предназначен для контроля степени загрязненности поверхностей β-активными веществами при проведении дозиметрического контроля.

Радиометр КРБ-1 обеспечивает измерение β-излучения в диапазоне 1.10^1 - 1.10^7 расп/см2. мин при температуре окружающей среды от -45°С до +50°С. При этом весь диапазон измерения разбит на 6 поддиапазонов.

Время установления рабочего режима не превышает 1 минуты. Питание радиометра осуществляется от источника постоянного тока типа НКГЦ-1Д в количестве 3 шт., включенных последовательно. Радиометр сохраняет свою работоспособность после кратковременного, в течение 1 минуты, воздействия предельно допустимого излучения мощностью дозы γ-излучения 300 р/час. Время установления показаний радиометра:

на п/д xl, х10^3 - не более 200 сек,

на остальных поддиапазонах - не более 100 сек.

Градуировка и проверка по стронциево-иттриевому (Sz-90 + Y-90) источнику.

Основная погрешность +22%.

Принцип действия

Принцип действия основан на подсчете электрических импульсов, которые возникают в блоке детектирования в результате воздействия (3-частиц на самогасящиеся счетчики Гейгера-Мюллера, используемые в приборе в качестве детекторов излучения. Отсчет производится по стрелочному прибору, шкала которого отградуирована в расп/мин. см2. Переход к числу β-частиц/мин. см2 осуществляется посредством деления показаний на коэффициент 2,6.

Счетчик типа СИ-8Б, чувствительный, работает при измерении β-излучения в диапазоне от 1.10^1 до 10.10^4 расп/мин. см2, а счетчик типа СИ-19БГ работает в диапазоне от 1.10^4 до 1.10^7 расп/мин. см2. При наличии γ-фона счетчики СИ-8Б и СИ-19БГ регистрируют суммарный эффект от β - и γ-излучения. Для определения величины от γ-фона используется стальной экран толщиной 2 мм, полностью экранизирующий β-излучение. Разность скорости счета без экрана и с экраном дает величину скорости счета, обусловленную β-загрязнением поверхности.

Подготовка к работе

Произвести внешний осмотр на отсутствие повреждений блоков радиометра.

Переключатель поддиапазонов должен находиться в положении "Выкл".

Переключатель поддиапазонов измерительного пульта перевести в положение "Вкл. ", а спустя одну минуту в положение "Устан. нуля" и при необходимости установить с помощью ручки "Уст. нуля" стрелку измерительного прибора на нуль.

Перевести переключатель поддиапазонов в положение "Пров, питания". При этом стрелка измерительного прибора должна находиться правее реперной метки на шкале прибора, если стрелка находится левее реперной метки, то необходимо произвести смену источников питания. ЗАПРЕЩАЕТСЯ работа с разряженными ниже нормы источниками питания.

Произвести проверку работоспособности радиометра по контрольному β-источнику, для чего необходимо снять заглушку с рабочего окна блока детектирования и зафиксировать ее с обратной стороны блока.

Установить переключатель поддиапазонов в положение ×10^4, наложить на поверхность блока в окружность, отмеченную рисками, для счетчика СИ-19БГ β-источник и по истечению 100 с отсчитать показания, которые при этом должны соответствовать величине, зафиксированной для данного источника на начальной стадии эксплуатации радиометра.

Убрать контрольный источник.

Переключатель поддиапазонов установить в положение ×10^2. Поднести контрольный источник на расстояние 15-30 см от рабочей поверхности БД. Отклонение стрелки на ИП более половины шкалы свидетельствует о неисправности счетчика СИ-8Б.

Порядок работы

Установить заглушку на рабочее окно блока детектирования. Переключатель поддиапазонов установить в положение ×10^5 и по истечении 100 сек ручкой "Уст. нуля" совместить стрелку с нулевым делением шкалы.

Снять заглушку и по истечении 100 сек отсчитать показания по шкале измерительного прибора. При отсутствии отклонения стрелки или отклонении ее ниже 0,1 конечного значения шкалы, необходимо переключатель поддиапазонов переводить последовательно на следующие низшие поддиапазоны до получения показаний в пределах шкалы.

После 30 минутной работы следует проводить периодический контроль напряжения источников питания и установки стрелки измерительного прибора на нулевое деление шкалы, зафиксировав при этом заглушку на рабочем окне блока детектирования.

## 2.1.7 Радиометры для измерения α-загрязненности поверхностей КРА-1 и КРАБ-3

Назначение и основные технические данные

КРА-1 предназначен для измерения загрязненности поверхностей α-активными веществами при проведении дозиметрического контроля.

Радиометр обеспечивает измерение α-излучения в диапазоне от 1 до 10^4 расп/см2. мин. Весь диапазон измерения разбит на 4 поддиапазона: (1-10; 10 - 10^2; 10^2 - 10^3; 10^З - 10^4).

Время установления рабочего режима не превышает 1 мин.

Питание - аккумуляторы НКЕЦ-1Д - 3 шт. или элементы 336-3 шт.

Градуировка и поверка по Рu-239.

Время установления показаний:

на поддиапазоне ×l - не более 200 сек.,

на остальных поддиапазонах - не более 100 сек.

Принцип действия

Основан на измерении средней скорости счета импульсов поступающих с блока детектирования. Под воздействием α-излучения на сцинтиллятор возникают фотоны (световые вспышки), которые уславливаются ФЭУ, где преобразуются в эл. сигнал, усиливаются и поддаются на измерение.

В блоке детектирования БДЗА-02 применен α-детектор Дт (тонкий слой ZnS активированный серебром нанесен на подложку из органического стекла S = 100 см2) и ФЭУ-85А.

Подготовка к работе и производство измерений

Переключатель поддиапазонов перевести в положение "Вкл. ", а спустя 1 минуту - в положение "Уст. нуля" и при необходимости установить с помощью ручки "Уст. нуля" стрелку измерительного прибора на нуль.

Переключатель поддиапазонов перевести в положение "Пров. пит. ". При этом стрелка измерительного пульта прибора должна находиться правее реперной метки на шкале прибора.

Произвести проверку работоспособности радиометра по контрольному источнику, для чего:

наложить экран на окно БД, завернуть кольцом и на него поместить источник;

перевести переключатель поддиапазонов в положение "×102" и через 100с снять показания, которые должны соответствовать величине, указанной в паспорте.

Для измерения α-загрязненности необходимо.

Переключатель поддиапазонов перевести в положение х10^3 и через 100 сек снять показания.

При отсутствии показаний менее 0,1 шкалы поддиапазона последовательно переключать на низшие поддиапазоны до получения показаний. В процессе измерений после 30 минут непрерывной работы проверить напряжение источников питания и установку "Нуля".

РАДИОМЕТР ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ КРАБ-3

Назначение, основные технические данные, предназначен для измерения α - и β-загрязненности поверхностей.

Таблица 2

|  |  |
| --- | --- |
| Для α-излучений | Для β-излучений |
| Диапазон измерения |
| от 1 до 1.103 расп. /мин. см2 | от 0,2 до 1.104 расп. /мин см2 |
| поддиапазоны (переключение автоматическое)  |
| от 1 до 10 расп. /мин. см2 | от 10 до 100 расп. /мин. см2 |
| 3 до 30 расп. /мин. см2 | 30 до 300 расп. /мин. см2 |
| 10 до 100 расп. /мин. см2 | 100 до 1000 расп. /мин. см2 |
| 30 до 300 расп. /мин. см2 | 300 до 3000 расп. /мин. см2 |
| 100 до 1000 | 1000 до 10000 |
| расп. /мин. см2 | расп. /мин. см2 |
| радиометр имеет звуковую сигнализацию в пределах:  |
| от 1 до 100 расп. /мин. см2 | от 50 до 5000 расп. /мин. см2 |

Время установки рабочего режима - не более 5 мин. Время измерения не более - 60 с.

Принцип работы и устройство радиометра.

При регистрации α-излучений ключ "В" находится в положении "а". На анодной загрузке ФЭУ возникают импульсные сигналы отрицательной полярности, которые поступают на дискриминатор. Дискриминатор отделяет полезный сигнал от шумов ФЭУ и импульсов фонового γ-излучения. Сформированные импульсы с выхода дискриминатора поступают на вход нормализатора канала измерения и сигнализации. Нормализатор формирует поступающие на его вход импульсные сигналы по амплитуде и длительности и посылает их интеграторы измерения и сигнализации. Интегратор усредняет по частоте статистически распределенные во времени входные импульсы и посылает их на измерительный прибор. Ток, протекающий через прибор пропорционален частоте импульсов (величине α-из лучения).

При регистрации α-излучений ключ "В" находится в положении " а ". На анодной нагрузке ФЭУ возникают импульсные сигналы отрицательной полярности, которые поступают на дискриминатор. Дискриминатор отделяет полезный сигнал от шумов ФЭУ и импульсов фонового α-излучения. Сформированные импульсы с выхода дискриминатора поступают на вход нормализатора канала измерения и сигнализация. Нормализатор формирует поступающие на вход импульсные сигналы по амплитуде и длительности и посылает их на интеграторы измерения и сигнализации. Интегратор ускоряет по частоте статистические распределённые во времени входные импульсы и посылает их на измерительный прибор. Ток, протекающий через прибор пропорционален частоте импульсов (величине ос-излучения).

Под воздействием γ-излучения счетчик генерирует импульсы напряжения, средняя частота следования которых пропорциональна величине загрязнённости по γ-излучению. При одновременном воздействии - γ и α-излучений счетчики генерируют импульсы напряжения по двум выходам. Средняя частота следования импульсов на выходе + пропорциональна величине γ-излучения, а на выходах - пропорциональна величине α-излучения. Импульсы со счетчиков поступают на согласующие каскады, а затем на вычитатель КЦБ-01А. В вычитателе происходит выделение импульсов напряжения, частота следования которых пропорциональна величине загрязнения по α-излучению. С вычитателя сигналы поступают на нормализатор и далее как в п.4.2.1

Переключение поддиапазонов производится автоматически переключателем КАН-ОЗА. Если измеряемая величина более 90% от полного значения шкалы - прибор переключается на более грубый поддиапазон. Если менее 15%, то на более чувствительный.

При звуковой сигнализации импульсы напряжения с выхода нормализатора поступают на вход управляемого генератора. Генератор формирует серию импульсных сигналов звукового диапазона частот, поступающих на громкоговоритель.

Прибор состоит:

Пульт.

БДЗА-03 (БД - для регистрации α-излучения в условиях внешнего γ-фона). БД состоит: сцинтиллятор (ZnS (Ag) S = 100 см2 толщина слоя = 100 микр) - ФЭУ-85А.

БДЗБ-02 (БД - для регистрации β-излучений в условиях внешнего γ-фона). БД состоит из 4-х торцевых газоразрядных счетчика СИ-14Б с регулируемой чувствительностью.

Сч.1; Сч.2 - регистрируют γ + β излучения и имеют защитную пленку; Сч. З; Сч.4 - регистрируют только γ-излучение.

Подготовка к работе

Включите тумблер "Сеть". При этом включается одна из ламп подсвета шкал "Он-10" или "О-КЗО" и автоматически переключается на чувствительный поддиапазон (при отсутствии ИИ). При необходимости можно принудительно установить прибор на чувствительный поддиапазон нажатием на кнопку "Сброс".

Переключатель "Род работы" установить в положение "α".

Тумблер "Время" установить в положение "60с"

Наложить на БДЗА-03 экран с источником - α.

Нажать кнопку "сброс".

Через 60 с снять показания и результаты умножить на светящийся множитель; показания должны соответствовать указанным в формуляре значениям.

Убрать α-источник.

Проверить возможность установки порога срабатывания световой сигнализации "Загрязнено" по α-излучателю ЗП921. Для этого его приложить к БДЗА-03.

Установить порог срабатывания сигнализации медленно вращая отвёрткой оси переменных резисторов "Грубо", "Плавно" α-порога. При этом должна включатся световая сигнализация "Загрязнено".

Снять α-источник с БД. При этом световая сигнализация "Загрязнено" должна выключится.

Повернуть оси переменных резисторов "Грубо", "Плавно α-порога" по часовой стрелке до упора.

Проверить работоспособность счетчиков компенсационного канала БДЗБ-02, для этого:

Включить тумблер "Звук".

Переключатель "Род работы" установить в положение "Проверка "СчЗ", а потом "Проверка Сч.4". При исправных счетчиках компенсационных каналов должны быть слышны щелчки, обусловленные фоном счетчиков.

Переключатель "Род работы" установить в положение "β" и проделать все с БДЗБ-02 и с контрольным источником 6СО-22, аналогично как в п. п.3.3-3.12.

Проверить работоспособность прибора при переключении поддиапазонов с "чувствительных" на " грубые" и наоборот, постепенно поднося контрольный источник ближе к БД и удаляя его. Прибор готов к работе.

Порядок работы:

Включить тумблер "Сеть" и через 5 мин прибор готов к работе. Установить переключатель в положение "α"/"β".

Тумблер "Время" установить в положение "60 с"

Нажать кнопку "Сброс" при этом прибор установится в положение от 10 до 100 расп/мин. см2.

Приложить БДЗБ-ОЗ/БДЗА-02 к поверхности.

Через 1 мин снять показания и умножить на светящийся множитель.

## 3. Измерение индивидуальных доз облучения

## 3.1 Организация дозиметрического контроля

Контроль внешнего облучения персонала. Основная цель индивидуального дозиметрического контроля внешнего ионизирующего излучения - определение и, следовательно, ограничение дозы внешнего излучения для профессиональных работников. Кроме того, данный вид контроля позволяет получить информацию о динамике изменения этих доз и радиационной обстановки на рабочий местах. При профессиональном облучении необходимо контролировать суммарную максимальную эквивалентную дозу всех видов излучений в критическом органе. На практике в полях внешнего рентгеновского, γ-излучения и нейтронов критическим органом; как правило, является все тело. Те виды излучений, суммарный вклад которых в общую дозу заведомо не превышает 25%, можно не контролировать с помощью приборов, а учитывать расчетным путем.

Дозу ионизирующего излучения измеряют с помощью одного или нескольких индивидуальных дозиметров, располагаемых на одежде работающих или на кистях рук.

Объем индивидуального дозиметрического контроля зависит от условий работы. При этом необходимо различать два типа условий:

условия, при которых результирующие индивидуальные дозы могут превышать 0,5 ПДД;

условия, при которых результирующие индивидуальные дозы не могут превышать 0,5 годовой ПДД.

В первом случае для персонала необходим индивидуальный контроль, а во втором случае - индивидуальный контроль дозы внешнего излучения не требуется, но остальные виды контроля сохраняются.

В зависимости от уровней возможного облучения персонала условия работ, при которых необходим индивидуальный контроль внешнего облучения, можно подразделить на три категории.

К первой категории относят условия работы, при которых маловероятно получить дозу за год, превышающую предельно допустимую. Для этих условий рекомендуется снимать показания индивидуальных дозиметров не реже одного раза в квартал. В качестве основных дозиметров рекомендуется использовать индивидуальные фотопленочные или термолюминесцентные дозиметры.

Ко второй категории относят условия работы, при которых радиационная обстановка заведомо непостоянна, а доза при отдельных видах кратковременных работ может превышать одну четвертую предельно допустимой дозы за год. В этих случаях объем индивидуального контроля следует увеличить и проводить его пооперационно или ежесменно. Для этого рекомендуется наряду с основным дозиметром использовать индивидуальные ионизационные дозиметры типа КИД или ДГ-2. Частота снятия показаний основного дозиметра в данных условиях устанавливается в зависимости от показаний дополнительных дозиметров, но не реже одного раза в квартал. Однако в тех случаях, когда суммарное показание дополнительных дозиметров достигает одной четвертой предельно допустимой годовой дозы, проводится обработка и снятие показаний основного дозиметра.

К третьей категории относят условия работы, при которых возможны аварийные облучения, т.е. непредвиденные облучения в результате аварий и при ликвидации их последствий. В этом случае персонал необходимо дополнительно оснащать аварийными индивидуальными дозиметрами типа ИКС-А, ГНЕЙС и др.

Снятие показаний аварийных дозиметров осуществляется сразу после аварийного облучения.

Индивидуальную дозу излучения следует фиксировать в карточке индивидуального учета. Карточку следует хранить 30 лет Осле окончания трудовой деятельности работника в данном учреждении. Копии этих карточек в случае перехода работников вдругое учреждение, где проводятся работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений, необходимо передавать на новое место работы, а оригиналы хранить на прежнем месте работы. Каждый работник, получивший при; аварийном облучении дозу, превышающую годовую ПДД в два раза и более, должен временно находиться на особом учете и под медицинским наблюдением

Облучаемость персонала, подлежащего индивидуальному дозиметрическому контролю внешнего излучения, учитывают ежегодно согласно установленной форме статистической отчетности.

Контроль внутреннего облучения персонала. Этот вид индивидуального контроля осуществляют, определяя поступление радиоактивных веществ в организм или измеряя содержание радионуклидов в критических органах. По этим данным, в случае необходимости, рассчитывают дозы излучения, приходящиеся на критические органы.

В условиях, когда концентрация радиоактивных веществ в зоне дыхания, а следовательно, и их поступление в организм не может превышать 1/3 ДК или ПДП, не реже одного раза в год проводят грубую оценку поступления радиоактивных веществ для работников, сгруппированных по условиям радиационного воздействия, выборочный контроль содержания радиоактивных веществ в организме - для лиц с вероятным максимальным поступлением! Кроме этого, при работе в таких условиях с радионуклидами, характеризующимися большими эффективными периодами полувыведения из организма (уран, торий, плутоний, стронций, долгоживущие трансурановые элементы и др.), в дополнение к выборочному ежегодному контролю необходимо осуществлять периодический контроль содержания радиоактивных веществ в организме у все' работающих не реже одного раза в пять лет.

В условиях, когда концентрации радиоактивных веществ в зоне дыхания могут превышать 1/3 ДК, необходимо проводить индивид дуальный контроль суммарного годового поступления и определя1 '" не реже одного раза в год содержание радиоактивных веществ организме у всех работающих. Периодичность, измерения содержания радионуклидов в организме определяется в зависимое от фактического поступления радионуклида и от эффективного периода полувыведения радионуклида из организма и регламен-4! тируется специальными инструкциями для отдельных радионуклидов.

Поступление радиоактивных веществ в организм можно определять следующими способами:

измерять концентрацию радиоактивных веществ с помощью индивидуальных и стационарных пробоотборников с последующим переходом к концентрации во вдыхаемом воздухе и с учетом эффективного коэффициента защиты органов дыхания;

измерять активность биосубстратов.

Содержание радиоактивных веществ в организме можно определять следующими способами:

при помощи счетчика излучения человека;

измерять активность биосубстратов;

проводить экспрессную оценку содержания γ-излучателей в организме при помощи чувствительных сцинтилляционных радио метров.

При аварийных ситуациях, связанных с выбросом радиоактивных веществ в воздух рабочих помещений, необходимо проводить специальное обследование лиц, находящихся в данном помещении, для оценки внутреннего облучения. Порядок и способы такого обследования должны быть предусмотрены в плане мероприятий на случай возможных аварийных ситуаций, этот план разрабатывают заранее применительно к данному учреждению и утверждают в установленном порядке.

Таблица 3 - **Переносные приборы радиационного контроля**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование прибора | Измеряемая величина | Диапазон | Погрешность | Ход с жесткостью |
| Дозиметр ДРГ3-01 | Измерение мощности поглощенной дозы непрерывного и импульсивногофотонного излучения | 0-1 мкГр/с | +12% | +20% |
| Дозиметр ДРГ3-02 | Измерение мощности поглощенной дозыфотонного излучения | 0-1 мкГр/с | + 10-15% | +20% |
| Дозиметр ДРГ3-03 | Измерение мощности поглощенной дозыфотонного излучения | 0-10 мкГр/с | +10-15% | +10-15% |
| Дозиметр ДРГ3-04 | Измерение мощности поглощенной дозы (или ее средней мощности) непрерывного и импульсивногофотонного излученияизлучения максимальной дозы (или ее средней мощности) в ткани | 0,1-30 мкГр/с0,1-30мкЗв | +15% | +15% |
| Дозиметр ДРГ3-05ДРГ-05М | Измерение в жестких условиях эксплуатации мощности дозы фотонного излучения и качественной оценки наличия β-излучения в диапазоне энергии 0,2-3 МэВ | 10-3-10-2мкГр/с10-2 - 102 мГр | +20% | +20% |
| Дозиметр ДРГ-01Т | Измерение мощности поглощенной дозыфотонного излучения | 28 нГр/с-280 мГр/с | В режиме поиска: + (30-1D)В режиме измерения:+ (15+0,5/D)  | +25% |
| Радиометр КРА-1 | Контроль степени загрязненности поверхностей λ-активными веществами | 4Расп. /(мин см)  | +20% | - |
| Радиометр КРБ-1 | Измерениеβ-загрязненности поверхностей | 10 - 1.107 Расп. / (мин см)  | +20% | - |
| Универсальный дозиметр-радиометр МКС-01Р | Измерение:плотность потока λ-частиц;флюенса λ-частицплотность потока β-частицфлюенса β-частиц;МЭД фотонного излучения;эквивалентной дозыфотонного излучения;плотность потока нейтронов;флюенса потока нейтронов;МЭД нейтронного излучения;эквивалентной дозы нейтронного излучения | 1-3.104 част/(мин см2)1-105 (част см)1-105 част/ (мин см)10-105 част/см10-2 -104 мкЗв/ч0,1 - 105 мкЗв1-3.104 част/(мин см2)1-105 (част см)1-105 част/ (мин см)10-105 част/см1 - 105 мкЗв | +20%+20%+20%+20%+20%+20%+20%+20%+20%+20%+20% |  |
| Поисковый радиометр РГБ-03-01 "Ломонос" | Измерение объемной активности радиоактивных газов | 3,7 10 - 3,7 10 Бк/м | +30% | - |
| Дозиметры ДБГ-01Н; ДБГ-06Т | Измерение МЭД и дозы фотонного излучения | 0,01-9,999мР/чпоиск: 0,1-99,99м/ч | +20%+30% | - |
| Дозиметр ДКС-04 | Измерение МЭД и ЭД фотонного и жесткогоβ-излучения | 0,1-999,9мР/ч1-4096 мР | +20% | - |

Приборы индивидуального контроля

Таблица 4 - Перечень приборов индивидуального дозиметрического контроля

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование прибора | Назначение прибора | Диапазон измерения | Погрешность измерения | Ход с жесткостью |
| Комплект дозиметров КИД2, КИД6 | Измерение дозы фотонного излучения (0,005-500Р)  | 5.10-5-5Гр | + 10% | + 20% |
| Комплект дозиметров ДК-02 | Измерение дозы фотонного излучения | 10-4 - 2.10-3 Гр(0,01-0,2Р)  | + 15% | - |
| Комплект дозиметров ДКП-50 | Измерение дозы фотонного излучения | До 0,5 Гр(50 Р)  | + 15% | - |
| Комплект термолюминесцентных дозиметров КДТ-1 "Пахра" | Измерение дозы фотонного излучения при хроническом и аварийном облучениях | 0,001-100Гр(0,1-104 Р)  | + 25% | - |
| Комплект термолюминесцентных дозиметров КДТ-02М | Измерение дозы фотонного излучения в полях рентгеновского и гамма-излучения | 5.10-5-10 Гр(5.10-3-103Р)  | + (15-45)% | + 30% |
| Комплект аварийных дозиметров ИКС-А | Измерение дозы фотонного излучения в аварийных условиях | 5.10-5-80 Гр(0,5. - 8,103Р)  | + 15% | + 20% |
| Универсальный комплект индивидуального фотоконтроля ИФКУ-1 | Контроль эквивалентных доз фотонного, β-излучений и тепловых нейтронов | 5.10-42.10-2Зв | + 20% для фотонов и β-частиц |  |
| Дозиметрический комплект TELDE | Измерение поглощенных доз фотонного излучения | 10-4-10Гр | + 20-40% в зависимости | + 40%(без фильтров)от поддиапазон |
| Индивидуальный дозиметр-сигнализатор ДКС-04 "Стриж" | Измерение мощности поглощенной дозы и дозы фотонного излучения в воздухе, обнаружение плотности потока тепловых нейтронов, фотон. и жестк. β-излучения с энергией более 0,5 МэВ | 0,3-400 Гр/с | + 25% | + 25% |
| Индикатор ионизирующего излучения ДРС-01 | То же | 0,03-0,33 мГр/ч(3-33мР/ч)  | + 25% | + 25% |
| Индикатор ионизирующего излучения | То же и измерение поглощенного дозы | 10-5-10-2Гр | + 25% | + 25% |
| Дозиметр-сигнализатор ДЭГ-07 | Измерение дозы фотонного излучения | 10-3-5, 10-2Гр(0,1-5 Р)  | + 20% | + 25% |

Таблица 5 - Перечень приборов для лабораторного радиационного контроля

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование прибора, тип | Назначение | Диапазон измерения | Другие характеристики |
| Измерители скорости счета:УИМ2-2 УИМ2-3,"Актиния" | Измерение средней скорости счета импульсов блоков детектирования α-, β-, γ - и нейтронного излучения | 3.10-1-3.104с-1 | Автоматическое переключение 8 поддиапазонов скорости счета и сигнализация о превышении ее заданных пороговых значений |
| Приборы счетные одноканальные:ПСО2-4, ПСО2-5 | Измерение числа импульсов, частоты следования импульсов, временного интервала | Объем регистрации1-106имп.,максимальная частота -5.106имп/сек | Автоматическая экспозиция по времени и набору импульсов |
| Радиометры КРК-1КРК-1-01 | Изучение концентрации α - и β-активных изотопов в твердых, жидких и газообразных средах | 7,4.101-7,4.104Бк/м21,4.102-3,7. .104Бк/л7,4.10-5-3,7.101Бк/м3 | - |
| γ-спектрометр"Лангур" | Изучение энергетических спектров γ-излучений | От 1 - 3 Бк до 10-15 кБк | Может использовать все виды детекторов полупроводников (германиев), сцинтилляцион, пропорциональные счетчики, ионизационные камеры. Чувствительные предусилителя не менее 0,5 в/МэВ |
| γ-спектрометр"Nokia" | Измерение активности газов, аэрозолей, жидкости | 12-105нКи по 137Сs | - |
| Спектрометр излучен. человека (СИЧ)"Канберра" | Измерен. содержания радионуклидов в организме человека | 12-105нКи по 137Сs | - |
| "Скриннер-3М" | Измерение содержания инкорпорированных радионуклидов и "горячих частиц" в организме человека | - | - |
| Универсальный спектрометрические комплексы на базе спектрометрических процессоровЕVТ-SР в составе ПЭВМ типа IВМ РС | Спектрометрия α-, β-, γ-излучения | - | - |
| Бета-радиометрРКБ4-1ем | Измерение удельной и объемной активности β-излучающих радионуклидов проб объектов внешней среды | Для воды:1,9-3,7.103Бк/лдля сыпучих веществ:1,8.101-3,7.103Бк/кг | - |

## Заключение

В качестве заключения можно привести следующие результаты и выводы данной квалификационной работы:

Обращение с ТРО - сложный комплекс организационных и технических мероприятий, связанный с возможностью облучения людей и загрязнения территорий.

Рассмотрены средства радиационно-дозиметрического контроля при измерении уровней радиационных факторов при обращении с ТРО.

Рассмотрены средства индивидуального дозиметрического контроля при обращении с ТРО.

Работа должна быть продолжена в направлении оптимизации выбора средств радиационно-дозиметрического контроля.

## Список используемой литературы

1. Закон Украины "Об обращении с радиоактивными отходами".
2. Закон Украины "О защите человека от влияния ионизирующего излучения".
3. Нормы радиационной безопасности НРБУ-97.
4. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций. СПАС-88.
5. Ерофеев В.А. Основы обращения с радиоактивными отходами, Севастополь, 2000
6. Голубев Б.П., Козлов В.Ф., Смирнов С.Н. Дозиметрия и радиационная безопасность, Москва, 1984.
7. Вопросы дозиметрии и РБ на АЭС, Славутич, Укратомиздат, 1998.
8. Дозиметрический и радиометрический контроль при работе с РВ и ИИИ (методическое руководство), том 1, М.: Атомиздат, 1980.
9. Афанасьев А.В., Гуманный В.В., Мясоедов Г.П. Методические указания для студентов-заочников. Основы ядерной физики, радиохимии и дозиметрии, Севастополь, 2003.
10. Ерофеев В.А., Акимов А.М., Афанасьев А.В. Организационно-методические указания по выполнению квалификационной работы. Севастополь, СНИЯЭиП, 2003.
11. Технические описания и инструкции по эксплуатации переносных приборов.