

Лабораторная работа. ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ДОЗИМЕТРОВ. ИЗМЕРЕНИЕ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Внешнее облучение человека (животных) – это облучение от источников радиоактивного излучения, находящихся вне организма. Источниками внешнего облучения являются космические излучения и радиоактивные изотопы земной коры, создающие естественный радиационный фон, а также радионуклиды, попавшие в окружающую среду при испытательных термоядерных взрывах, радиационных авариях и другими путями. Все это в совокупности принято называть радиационным фоном. Мерой радиационного фона является мощность эквивалентной дозы гамма-излучения (ранее – мощность экспозиционной дозы).

Внешнее облучение может производиться всеми видами излучений, но наибольшую опасность представляет гамма-излучение, обладающее очень большой проникающей способностью. Внешнее облучение альфа-частицами вследствие их малой проникающей способности практического значения не имеет, оно не способно проникнуть через одежду и обувь, а также через наружный слой кожи, образованный отмершими клетками. Бета-излучение хотя и обладает большей проникающей способностью, чем альфа-излучение, но оно проходит в ткани организма на глубину не более 1–2 см, его интенсивность сильно изменяется по высоте, и большая часть его поглощается одеждой и кожей.

Контролируется внешнее облучение с помощью дозиметров. Дозиметры – это приборы для измерения дозы или мощности дозы ионизирующих излучений. По принципу детектирования они подразделяются на химические, фоточувствительные, термолюминесцентные, электростатические, газоразрядные, сцинтилляционные, полупроводниковые, биохимические.

В *химических дозиметрических системах* происходит накопление продукта радиолиза или изменение цвета реагента под действием радиации. Примером может служить ферросульфатная система («дозиметр Фрике», реакция окисления $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$) и некоторые другие реакции: восстановление $\text{Ce}^{4+} \rightarrow \text{Ce}^{3+}$, разложение N_2O в газовой фазе и др. Существуют и пластмассовые пленочные дозиметры, изменяющие цвет при облучении. Недостатком химических дозиметров, существенно ограничивающим их применение, является низкая чувствительность. Измеряемые дозы лежат обычно в диапазоне 10^1 – 10^6 Гр.

Пленочные фотозмульсионные дозиметры (например, ИФК-2,3; ИФКУ) представляют собой небольшую светозащищенную кассету с помещенной в нее пластиной фоточувствительного материала (например, рентгеновской пленки). По завершении времени экспозиции фотопленку вынимают и проявляют обычным способом. Дозу определяют по степени почернения пленки.

Действие *термолюминесцентных дозиметров* (например, ДПГ, ДПС, КДТ-02) основано на способности некоторых люминофоров (например, LiF или $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$) накапливать энергию радиации и высвободить ее позднее под действием нагревания. Миниатюрные таблетки люминофора помещают внутрь портативной кассеты, а для измерения накопленной энергии таблетки переносят в специальное (стационарное) измерительное устройство, где регистрируется интенсивность высвечивания (люминесценции) после нагревания. Чувствительность при измерении дозы достигает 5–10 мкЗв при достаточно высокой точности (ошибка около 1–2%).

Близкий по характеру принцип действия у *стеклянных дозиметров*, например изготовленных из фосфатного стекла, активированного серебром: они высвечивают накопленную поглощенную энергию после воздействия ультрафиолетовым светом.

Ионизационные электростатические дозиметры работают по принципу электрического конденсатора, заряжаемого в начальный момент времени. Ионизация воздуха в камере прибора приводит к постепенному стеканию заряда. Дозиметр такого

типа (например, ДК-02) обычно имеет вид авторучки с окошком у торца. Визуальный просмотр прибора в проходящем свете позволяет увидеть нить, которая перемещается по шкале доз. В других случаях дозиметр может быть «слепым», а накопленную дозу можно определить с помощью отдельного устройства в виде разности потенциалов на электродах камеры.

Биологическую дозиметрию используют для ретроспективной оценки дозы непредвиденного облучения по его биологическим последствиям, например, по частоте стабильных хромосомных aberrаций в клетках крови, выявляемой цитогенетическим анализом спустя месяцы и годы после инцидента.

В зависимости от способа вывода информации дозиметры бывают:

- 1) индицирующие мощность дозы (прямопоказывающие);
- 2) индицирующие дозу (накапливающие);
- 3) универсальные.

Прямопоказывающие дозиметры – это приборы, которые непрерывно измеряют мощность дозы в текущее время, например, дозиметр ИРД-02. Такие приборы удобно использовать в условиях меняющихся дозовых нагрузок, так как они позволяют осуществлять оперативный контроль.

Для *накапливающих дозиметров* необходимо определить промежуток времени, по истечении которого прибор показывает дозу, накопленную за это время. Например, термолюминесцентный дозиметр ДПГ-02 оператор носит с собой, а через определенное время при помощи специального прибора КДТ-02М узнает о полученной дозе. Термолюминесцентный дозиметр не годится для оперативного контроля, однако некоторые приборы из этой группы позволяют его проводить (комплект дозиметров ДП-22В).

Универсальные приборы могут работать как прямопоказывающие, так и в качестве накапливающих приборов. Так, обычный режим работы профессионального дозиметра ДКС-04 – индицирование текущей мощности дозы в миллизивертах в час (мР/ч), но в специальном режиме с его помощью можно узнать полученную дозу в миллизивертах (мР) за все время с момента включения.

В зависимости от области применения (диапазона мощности доз) дозиметры подразделяются на следующие виды:

- 1) бытовые;
- 2) профессиональные.

Бытовые дозиметры, например ИРД-02 и МС-04Б, выпускаются в основном для населения и используются для измерения малых (на уровне фона) доз.

Профессиональные дозиметры использует, как правило, персонал ядерных объектов. Такие дозиметры, например ДКС-04, не позволяют измерять значения уровня естественного радиационного фона.

В зависимости от назначения дозиметры подразделяются на инспекционные и индивидуальные. *Инспекционные дозиметры* предназначены для определения дозовых характеристик полей ионизирующего излучения и измеряют мощность амбиентной дозы.

Индивидуальные дозиметры должны находиться на теле человека и определять дозу, полученную конкретным человеком в поле ионизирующего излучения.

При выборе дозиметра необходимо руководствоваться не только целью решения конкретной задачи (диапазон измерений, измеряемая величина, точность и др.), но и информацией о том, прошел ли этот прибор государственные испытания и внесен ли он в Государственный реестр средств измерений.

Измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения должны выполняться в соответствии с Методикой выполнения измерений мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения дозиметрами и дозиметрами-радиометрами при проведении радиационного контроля территорий, предприятий, рабочих мест, лесных и сельскохозяйственных угодий, зданий, сооружений, техники, транспорта, металлолома и

т.д. (МВИ.МН 2513-2006).

При обследовании территории измерение МЭД проводят на высоте 1 м от поверхности. При проведении преддезактивационного обследования для участков с повышенным радиационным фоном дополнительно проводят измерения МЭД на высоте 2–3 см от поверхности. При обследовании зданий особое внимание следует обратить на крыши, водостоки, входы и выходы вентиляционных систем, щели, выбоины и т.д., где возможно скопление радиоактивных веществ. При радиационном обследовании земель лесного фонда дополнительно проводят измерения МЭД на высоте 3–4 см от поверхности в точках отбора проб.

При обследовании зданий и сооружений измеряют МЭД в каждом помещении (комнате) в пяти точках на высоте 1 м над уровнем пола (четыре измерения по углам помещения и одно в центре).

Обследование оборудования, техники, транспортных средств включает измерение МЭД в характерных точках (кабина водителя, салон автомобиля, рабочее место обслуживающего персонала и т.д.).

Обследование металлолома и твердых отходов производят вблизи поверхности (на расстоянии не более 0,1 м) партии (фрагмента) металлолома (за вычетом величины природного фона).

Измерение МЭД на реперной площадке дозиметрических постов сети наблюдения проводят на расстоянии 1 м от поверхности земли.

Цель работы: приобрести навыки работы с дозиметрическими приборами.

Материалы и оборудование: дозиметр-радиометр МКС-АТ6130, дозиметры ДБГ-06Т и ДРГ-01Т, бытовые дозиметры-радиометры АНРИ-01-02 «СОСНА», РКСБ-104, индивидуальные дозиметры.

Задание 2.1. Измерение мощности эквивалентной дозы дозиметром ДБГ-06Т

Носимый дозиметр мощности эквивалентной дозы окружающей среды и мощности экспозиционной дозы фотонного излучения с цифровой индикацией показаний применяется для оперативного группового контроля мощности эквивалентной дозы окружающей среды и мощности экспозиционной дозы работниками служб радиационной безопасности, дефектоскопических лабораторий, санитарно-эпидемиологических станций и т. д.

Технические характеристики. Дозиметр обеспечивает измерение мощности эквивалентной дозы окружающей среды и мощности экспозиционной дозы фотонного излучения в интервале энергий фотонов от 0,05 до 3,0 МэВ.

Дозиметр обеспечивает измерение мощности дозы в двух режимах работы: **"Измерение"** и **"Поиск"**. В режиме **"Измерение"** дозиметр обеспечивает измерение мощности эквивалентной дозы окружающей среды в диапазоне от 0,10 до 99,99 мкЗв/ч или мощности экспозиционной дозы в диапазоне от 0,010 до 9,999 мР/ч, в режиме **"Поиск"** – от 1,0 до 999,9 мкЗв/ч или от 0,10 до 99,99 мР/ч соответственно.

Время измерения в режиме работы **"Измерение"** не превышает 40 с, в режиме работы **"Поиск"** – 4 с.

Время установления рабочего режима – не более 10 с.

В качестве источника питания в дозиметре используется гальванический элемент типа "Корунд" (возможно использование аккумуляторов).

Масса дозиметра без источника питания не превышает 0,6 кг.

Регистрация уровней мощности эквивалентной дозы и экспозиционной дозы осуществляется двумя отдельными группами газоразрядных счетчиков с различными корректирующими фильтрами. Каждая группа включает два газоразрядных счетчика СБМ-20.

Выполнение работы

1. Подготовьте дозиметр к работе:

- подсоедините, соблюдая полярность, элемент питания;
- включите дозиметр и проведите контроль работоспособности прибора. Для чего установите переключатель поддиапазонов в положение «**мкЗв/ч**» или «**Р/ч**», а переключатель режимов работы – в положение «**Контр.**». Осуществите сброс показаний нажатием кнопки **СБРОС**. На цифровом табло при правильном функционировании счетных устройств дозиметра и пригодности источника питания должно устойчиво отображаться число 0515 (без учета запятых).

2. Выполните измерения в следующем порядке:

- установите переключатель режимов работы в положение «**Поиск**», переключатель поддиапазонов измерения – в положение «**мкЗв/ч**». Произведите сброс показаний нажатием кнопки **СБРОС**. Определите направление излучения по максимальным показаниям на цифровом табло, ориентируя дозиметр в пространстве. Режим «**Поиск**» является индикаторным режимом и предназначен для быстрого обнаружения и локализации источников гамма-излучения;

- переведите переключатель режима работы в положение «**Измер.**» для повышения точности измерения. В этом режиме на цифровом табло отображаются нули во всех разрядах и мигает запятая в младшем разряде. Отсчет показаний производится в конце цикла измерения в момент прекращения мигания запятой. Показания на цифровом табло сохраняются до момента нажатия кнопки **СБРОС** и запуска дозиметра на новый цикл измерения;

- произведите измерение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения окружающей среды (гамма-фона) в контрольных точках, указанных преподавателем (дозиметр при этом необходимо располагать горизонтально, так, чтобы центр детектора был направлен вниз, на высоте 1 м от поверхности. Результаты запишите.

При работе с дозиметром следует иметь в виду, что показания прибора, выраженные в единицах мощности эквивалентной дозы и мощности экспозиционной дозы, как правило, практически совпадают и могут отличаться лишь при наличии спектра фотонного излучения с большим вкладом низкоэнергетической компоненты.

В условиях работ, при которых возможно радиоактивное загрязнение поверхности дозиметра, а также при неблагоприятных погодных условиях (осадки, пыль) необходимо использовать защитный полиэтиленовый чехол.

В случае попадания радиоактивной влаги или пыли на корпус дозиметра производится дезактивация прибора тканью, смоченной этиловым спиртом.

Задание 2.2. Измерение мощности дозы дозиметром ДРГ-01Т

Широкодиапазонный носимый цифровой дозиметр мощности экспозиционной дозы фотонного излучения применяется для оперативного группового контроля мощности экспозиционной дозы работниками служб радиационной безопасности, санитарно-эпидемиологических станций и т. д.

В настоящее время показатель мощности экспозиционной дозы не используется в качестве дозиметрической величины. Поэтому прибор допускается использовать для измерения мощности эквивалентной дозы, однако его показания следует пересчитывать из миллирентгенов в час в микрозиверты в час.

Технические характеристики. Измерение мощности экспозиционной дозы в интервале энергий фотонов от 0,05 до 3,0 МэВ производится в двух режимах работы: «**Поиск**» и «**Измерение**».

Диапазон измерения в режиме «**Поиск**» от 0,10 мР/ч до 99,99 Р/ч, в режиме «**Измерение**» – от 0,010 мР/ч до 9,999 Р/ч.

Время измерения в режиме «Измерение» не превышает 20 с, в режиме «Поиск» – 2 с.

Детекторами излучения в дозиметре служат четыре газоразрядных счетчика СБМ-20 и два счетчика СИ-34Г, источником питания — гальванический элемент типа «Крона».

Выполнение работы

1. Подготовьте дозиметр к работе:

- подсоедините, соблюдая полярность, элемент питания;
- включите дозиметр и проведите контроль работоспособности прибора. Для этого установите переключатель поддиапазонов в одно из положений – «МР/ч» или «Р/ч», а переключатель режимов работы – в положение «Контр.». Осуществите сброс показаний нажатием кнопки **Сброс**. На цифровом табло при правильном функционировании счетных устройств дозиметра и пригодности источника питания должно устойчиво отображаться число 0513.

2. Выполните измерения в следующем порядке:

- установите переключатель режимов работы в положение «Поиск», переключатель поддиапазонов измерения – в положение «МР/ч». Произведите сброс показаний нажатием кнопки **СБРОС**. Определите направление излучения по максимальным показаниям на цифровом табло, ориентируя дозиметр в пространстве;

- для повышения точности измерения переключатель режима работы переведите в положение «Измерение». В этом режиме на цифровом табло отображаются нули во всех разрядах и мигает запятая в младшем разряде. Отсчет показаний производится в конце цикла измерения в момент прекращения мигания запятой. Показания на цифровом табло сохраняются до момента нажатия кнопки **СБРОС** и запуска дозиметра на новый цикл измерения;

- произведите измерение мощности дозы гамма-излучения в контрольных точках, указанных преподавателем. Результаты запишите.

Задание 2.3. Измерение дозиметрических величин дозиметром-радиометром МКС-АТ6130

Дозиметр-радиометр МКС-АТ6130 предназначен для измерения:

- мощности амбиентной дозы $H^*(10)$ рентгеновского и гамма-излучения;
- амбиентной дозы $H^*(10)$ рентгеновского и гамма-излучения;
- плотности потока бета-частиц, испускаемых с загрязненной радиоактивными веществами поверхности;
- оперативного поиска источников ионизирующих излучений и радиоактивных материалов.

Прибор относится к носимым средствам измерения и может эксплуатироваться в лабораторных и полевых условиях службами радиационной безопасности, на предприятиях, имеющих дело с источниками ионизирующего излучения, для контроля уровней облучения медицинского персонала, работающего с источниками ионизирующего излучения.

Прибор предназначен для работы при температуре окружающего воздуха от минус 20 до плюс 55 °С.

Технические характеристики. Прибор измеряет: а) мощность амбиентной дозы рентгеновского и гамма-излучения (далее мощность дозы) в диапазоне от 0,1 мкЗв/ч до 10 мЗв/ч;

б) амбиентную дозу рентгеновского и гамма-излучения (далее дозу) в диапазоне от 0,1 мкЗв до 100 мЗв;

в) плотность потока бета-частиц, испускаемых с загрязненной радиоактивными веществами поверхности, в диапазоне от 10 до 10^4 част/(мин·см²).

Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения – от 20 кэВ до 3 МэВ.

Диапазон энергий регистрируемой плотности потока бета-излучения находится в пределах от 300 кэВ до 3,5 МэВ.

Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения мощности дозы, дозы и плотности потока бета-частиц составляют 20%.

Время измерения естественного радиационного гамма-фона (0,1 мкЗв/ч) при статистической погрешности $\pm 20\%$ не превышает 300 с.

Питание прибора осуществляется от двух элементов питания (батареек) типоразмера ААА каждый с номинальным напряжением 1,5 В.

Также допускается питание прибора от двух аккумуляторов типоразмера ААА с номинальным напряжением 1,2В каждый.

Время непрерывной работы прибора от одного комплекта элементов питания (два элемента питания с номинальным напряжением 3 В и номинальной емкостью 1,1 А·ч) составляет не менее 500 ч при фоновых нагрузках. Ток потребления при этом не превышает 2 мА.

Прибор обеспечивает автоматический контроль разряда элементов питания.

Время установления рабочего режима не превышает 1 мин.

Масса прибора (с элементами питания) – не более 0,25 кг.

Средняя наработка на отказ прибора – не менее 10000 ч.

Средний срок службы прибора – не менее 10 лет.

Устройство и принцип работы. Принцип действия прибора основан на измерении интенсивности импульсов, генерируемых в газоразрядном счетчике Гейгера-Мюллера под воздействием регистрируемого рентгеновского, гамма- и бета-излучения. Преобразование временных распределений в непосредственно измеряемые физические величины (мощность дозы, дозу, плотность потока) осуществляется автоматически. Благодаря энергокомпенсирующему фильтру эффективно реализуется коррекция энергетической зависимости чувствительности во всем диапазоне.

Управление режимами работы прибора, выполнение вычислений, хранение и индикация результатов измерения, самодиагностика осуществляется микропроцессорным устройством.

Обмен информацией с ПЭВМ осуществляется по инфракрасному каналу с помощью инфракрасного адаптера IrDA (в комплект приборов не входит), который преобразует оптические сигналы в стандартные электрические сигналы интерфейса IrDA.

Конструкция прибора. Прибор выполнен в пылебрызгозащищенном ударопрочном алюминиевом корпусе, представляющем собой пресованный профиль замкнутого сечения с отлитыми торцевыми крышками и уплотнительными элементами из ПВХ-пластиката.

На передней панели прибора находятся жидкокристаллический индикатор, мембранная панель управления и светодиодный индикатор. На задней стенке прибора расположен откидывающийся на шарнирах фильтр с магнитным фиксатором и меткой центра детектора, а также этикетка. На верхней торцевой крышке находятся отверстие звукового излучателя "🔊", разъем "📶" для подключения головных телефонов и окно оптических элементов инфракрасного канала связи "IR". На нижней торцевой крышке находится пробка входного отверстия батарейного отсека и этикетка со схемой установки элементов питания.

Детектор (газоразрядный счетчик) расположен на задней стенке корпуса, в которой имеется соответствующее окно. Для защиты окна детектора от посторонних предметов имеется металлическая сетка и полимерная металлизированная пленка. Все остальные элементы прибора располагаются на печатной плате, которая фиксируется в корпусе в направляющих пазах.

Подготовка прибора к использованию.

Установка элементов питания: после длительного хранения прибора, перед

проведением поверки или при разряде элементов питания необходимо установить новые элементы питания. Для этого необходимо отвинтить пробку батарейного отсека, расположенную на нижней крышке прибора. Извлечь установленный комплект элементов питания. Соблюдая полярность, указанную около батарейного отсека, установить новые два элемента питания и завинтить пробку.

Следует помнить, что неправильное использование элементов питания может привести к преждевременному выходу их из строя. Не допускается смешанное использование новых и старых элементов питания.

Включение и выключение прибора. Для включения прибора необходимо нажать кнопку ПУСК/ОТКЛ. Прибор переходит в режим самоконтроля основных узлов, при этом на индикаторе появляется надпись "АТОМТЕХ". Через 3–5 с, в случае успешного завершения самоконтроля, прибор переходит в режим индикации измерений.

Выключение прибора осуществляется быстрым трехкратным нажатием кнопки ПУСК/ОТКЛ. При этом на табло появляется сообщение "OFF", и через 1-2 с прибор выключится.

Выключение прибора осуществляется только из режима индикации измерений.

Если прибор не включается, или при его включении появляется мигающая индикация "■■■", или прибор через несколько секунд после включения выключается, все это свидетельствует о разряде элементов питания. Необходимо произвести их замену.

При обнаружении ошибки в процессе тестирования на табло индикатора появляется сообщение "Err xx", где xx — код ошибки. В этом случае дальнейшая работа с прибором невозможна.

Использование по назначению. В процессе измерения прибор может находиться либо в *режиме индикации измерений*, либо в *режиме меню*. Поэтому кнопки панели управления многофункциональны и имеют двойное обозначение.

Основная функция кнопки ПУСК/ОТКЛ – это включение/выключение прибора:

- прибор включают нажатием кнопки;
- прибор выключают быстрым трехкратным нажатием кнопки (*только из режима индикации измерений*).

Кнопка имеет дополнительные функции:

- в *режиме индикации измерений* нажатие кнопки воспринимается прибором как команда «запуск» на новые измерения;
- в *режимах меню* нажатие кнопки воспринимается прибором как команда «выполнить».

Функции кнопки ПАМЯТЬ/РЕЖИМ:

- кратковременное нажатие кнопки в *режиме индикации измерений* воспринимается прибором как команда «запомнить» текущий результат измерения (смотри более подробно разделы описания для режимов измерения);
- длительное удержание (до смены индикации) кнопки в *режиме индикации измерений* переводит прибор в *режим основного меню*;
- нажатие кнопки в *режимах меню* воспринимается прибором как команда «отмена» и позволяет вернуться на предыдущий уровень меню или выйти из основного меню в *режим индикации измерений*.

Функции кнопки "🔊|▲":

- в *режиме индикации измерений* кнопка служит для включения/выключения звука (на индикаторе прибора есть соответствующий ей символ "🔊").

Звуковая сигнализация прибора дублируется индикатором красного цвета и сигналом на разъеме наушников "🎧". Если выключить звук, то останутся красная световая индикация и сигнал на разъеме наушников;

- в *режимах меню* кнопка воспринимается прибором как команда «вверх» для перехода до пунктов меню или по ряду значений.

Функции кнопки "◐|▼":

- в режиме индикации измерений кнопка служит для включения/выключения подсветки табло (на индикаторе прибора есть соответствующий ей символ "◐|▼").

С целью экономии заряда комплекта батарей рекомендуется использовать подсветку не более 5 мин в сутки;

- в режимах меню кнопка воспринимается прибором как команда «вниз» для перехода по пунктам меню или по ряду значений.

Только в режиме индикации измерений можно соответствующими кнопками:

- включить/выключить звук;
- включить/выключить подсветку табло;
- выключить прибор.

Нажатие любой кнопки сопровождается звуковым сигналом (если включен звук) и индикацией красного цвета на передней панели прибора.

В следующих разделах будет приводиться одно из обозначений кнопки, соответствующее ее функции для описываемого режима.

Режим индикации измерений является основным режимом функционирования прибора. На табло индицируется результат измерения в соответствии с форматом функции измерения, текущее время и дата. В левом верхнем углу мигает символ "♦" (один раз в секунду), свидетельствуя о работе прибора.

Сразу после включения прибор автоматически переходит в режим индикации: *мощности дозы* для приборов. Перейти к индикации другой функции измерения можно через режим меню.

Прибор не прерывает измерений и их обработку, находясь в режимах меню.

Прибор МКС-АТ6130 имеет фильтр, положение которого определяет свой набор измерительных функций и свое меню. Если изменить положение крышки фильтра, прибор автоматически (из любого режима) переходит в режим индикации измерений *плотности потока* (для открытой крышки фильтра) или *мощности дозы* (для закрытой крышки фильтра).

Измерения будут перезапущены для нового режима и все результаты по предыдущему режиму будут потеряны.

Режимы меню. Многоуровневый режим меню является сервисным режимом прибора. Для перехода в основное меню из режима индикации измерений следует нажать кнопку **РЕЖИМ** и удерживать, пока не появится индикация основного меню. Вернуться в режим индикации измерений можно, повторно нажав ее.

Циклический переход по строкам меню вверх/вниз выполняется кнопками "▲" и "▼", при этом на выбранную строку будет указывать мигающий указатель "►". Переход на выбранный уровень меню выполняется кнопкой **ПУСК**, а возврат на предыдущий – кнопкой **РЕЖИМ**.

В режимах меню, где надо выбрать значение из заданного ряда (например, задание нового порога или установка времени и даты), перебор значений выполняется по циклу вверх/вниз кнопками "▲" и "▼" соответственно. Ввод выбранного значения выполняется кнопкой **ПУСК**, а выход из режима на соответствующий уровень меню без ввода нового значения – кнопкой **РЕЖИМ**.

Уровни меню для прибора МКС-АТ6130 при закрытой крышке фильтра:

MODE	режим;
↳ DOSE RATE	мощность дозы;
↳ DOSE	доза;
↳ BACKGROUND	фон;
↳ MEASURE	измерение;
↳ VIEW	просмотр;
↳ DIAGRAMS	диаграммы;
↳ MEASURE	измерение;
↳ VIEW	просмотр;
THRESHOLD	порог;
↳ DOSE RATE	мощность дозы;
↳ DOSE	доза;
NOTEBOOK	записная книжка;
↳ READ	чтение;
↳ UNDO	отменить;
↳ CLEAR	очистить;
SETTINGS	установки;
↳ TIME	время;
↳ DATE	дата;
↳ IR PORT	ИК канал.

Уровни меню для прибора МКС-АТ6130 при открытой крышке фильтра:

MODE	режим;
↳ FLUX DENS	плотность потока;
↳ SEARCH	поиск;
THRESHOLD	порог;
NOTEBOOK	записная книжка;
↳ READ	чтение;
↳ UNDO	отменить;
↳ CLEAR	очистить;
SETTINGS	установки;
↳ TIME	время;
↳ DATE	дата;
↳ IR PORT	ИК канал.

Измерение мощности дозы (DOSE RATE). При включении прибора он сразу находится в режиме измерения *дозы* и *мощности дозы*. Можно через меню прибора переключать функцию измерения для режима индикации, но это никак не отразится на самих измерениях и их обработке. Режим индикации *мощности дозы* включается через основное меню прибора: **MODE** → **DOSE RATE** .

В режиме индикации *мощности дозы* на табло выводится текущее среднее значение мощности дозы ($\mu\text{Sv/h}$, mSv/h) и соответствующее ему значение статистической погрешности (%).

Параметр статистической погрешности (от 200 до 1 %) определяется временем измерения мощности дозы. Чем больше накоплено результатов измерения для расчета мощности дозы, тем лучше статистический показатель.

С изменением радиационной обстановки прибор автоматически начинает новый цикл измерения мощности дозы (при этом накопленная доза не сбрасывается). Момент начала нового цикла измерения сопровождается короткой звуковой и световой индикацией. Происходит скачкообразное увеличение значения статистической погрешности, а затем, по мере накопления результатов, его постепенное уменьшение.

Начать новый цикл измерения мощности дозы можно также вручную, нажав кнопку

ПУСК. Перезапуск для мощности дозы никак не влияет на режим накопления дозы.

В случае превышения порога по мощности дозы появляется звуковая сигнализация (пять коротких звуков и длинная пауза) и мигающая индикация символа "☛". Если одновременно превышен порог и по дозе, то обе звуковые сигнализации будут чередоваться.

Если при измерении мощности дозы появляется индикация "OL mSv/h", сопровождающаяся непрерывной звуковой и световой сигнализацией, это означает, что превышен диапазон измерения по мощности дозы.

Измерение дозы (DOSE). Прибор находится в режиме постоянного измерения *дозы* и *мощности дозы*. Можно через меню прибора переключать функцию измерения для режима индикации, но это никак не отразится на самих измерениях и их обработке. Режим индикации накопленной *дозы* включается через основное меню прибора:

MODE → DOSE .

В режиме индикации *дозы* на табло выводится текущее значение накопленной дозы (nSv, μSv, mSv).

Можно сбросить и перезапустить заново режим накопления дозы, нажав кнопку ПУСК, что никак не повлияет на режим измерения мощности дозы.

В случае превышения порога по дозе появляется звуковая сигнализация (два коротких звука и длинная пауза) и мигающая индикация символа "☛". Если одновременно превышен порог и по мощности дозы, то обе звуковые сигнализации будут чередоваться.

Если в режиме дозы появляется индикация "OL mSv", сопровождающаяся непрерывной звуковой и световой сигнализацией, это означает, что превышен диапазон измерения по дозе.

Если в режиме дозы появляется сообщение "OL DOSE RATE", это означает, что далее погрешность измерения дозы не нормируется, так как был превышен предел измерения по мощности дозы.

Измерение плотности потока (FLUX DENS). Режим *плотности потока* включается автоматически, если открыть крышку фильтра, а также через основное меню прибора (при открытой крышке фильтра): **MODE → FLUX DENS .**

В режиме индикации *плотности потока* на табло выводится текущее значение плотности потока ($1/(\text{min} \cdot \text{cm}^2)$, $10/(\text{min} \cdot \text{cm}^2)$) и соответствующее ему значение статистической погрешности (%). Измерение плотности потока выполняется с автоматическим вычитанием фона.

При изменении радиационной обстановки прибор автоматически начинает новый цикл измерения плотности потока, сопровождая этот момент короткой звуковой и световой индикацией.

Начать новый цикл измерения плотности потока можно также вручную, нажав кнопку ПУСК.

Перед запуском на измерение плотности потока следует убедиться, что ранее измеренный фон существенно не изменился. Если же условия измерения изменились (другое место, большой промежуток времени после предыдущего измерения), то необходимо провести новое измерение фона при закрытой крышке фильтра. Чем меньшее значение плотности потока нужно измерить, тем точнее необходимо измерить фон.

После измерения фона открыть крышку фильтра – прибор сразу же перейдет в режим измерения плотности потока бета-частиц с автоматическим вычитанием фона. Установить прибор таким образом, чтобы плоскость задней стенки прибора находилась на расстоянии (15 ± 3) мм от исследуемой поверхности. Перезапустить измерения, нажав кнопку ПУСК. Результат измерения можно считывать при достижении необходимой статистической погрешности. Чем она меньше, тем точнее результат измерения.

В случае превышения порога по плотности потока появляется звуковая сигнализация (пять коротких звуков и длинная пауза) и мигающая индикация символа "☛".

Следует помнить, что при работе прибора с открытой крышкой фильтра необходимо оберегать окно детектора от повреждения защитной металлизированной пленки.

Измерение фона (BACKGROUND). Запуск на измерение фона производится через основное меню при закрытой крышке фильтра: **MODE** → **BACKGROUND** → **MEASURE**.

В режиме *измерения фона* на табло выводится текущее значение фона (s^{-1}) и соответствующее ему значение статистической погрешности (%). При достижении нужной статистической погрешности значение фона необходимо запомнить, нажав кнопку **ПАМЯТЬ**. При этом на табло появляется индикация "ОК" (запись произошла). Запись можно повторять многократно в процессе измерения.

Можно перезапустить измерение фона сначала, нажав кнопку **ПУСК**.

Записанное в память значение фона хранится после выключения прибора. Его всегда можно посмотреть через основное меню: **MODE** → **BACKGROUND** → **VIEW**.

Режим *измерения фона* никак не влияет на измерения *дозы* и *мощности дозы*.

Выполнение работы

1. Произведите измерение мощности амбиентной дозы в контрольных точках, указанных преподавателем. Результаты запишите.
2. Измерьте плотность потока бета-излучения с загрязненных поверхностей.
3. Сравните полученные результаты с контрольными уровнями радиоактивного загрязнения для принятия решения о проведении дезактивационных работ (приложение 8).

Задание 2.4. Измерение дозиметрических величин бытовым дозиметром-радиометром АНРИ-01-02 «Сосна»

Прибор предназначен для индивидуального пользования населением с целью контроля радиационной обстановки на местности, в жилых и рабочих помещениях. Измеряет мощность дозы гамма-излучения, плотность потока бета-излучения с загрязненных поверхностей, объемную активность радионуклидов в веществах.

Прибор не пригоден для оценки радиологического качества продуктов питания и сельскохозяйственной продукции, так как диапазон оценки объемной активности растворов (по изотопу Cs-137) от 3700 до 37000 Бк/л ($1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^{-6}$ Ки/л), что значительно больше пределов, установленных Республиканскими допустимыми уровнями содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде, а также в сельскохозяйственном сырье и кормах (приложения 1 и 2).

Технические характеристики. Диапазон измерения мощности дозы гамма-излучения составляет от 0,010 до 9,999 мР/ч, полевой эквивалентной дозы гамма-излучения – от 0,10 до 99,99 мкЗв/ч. Диапазон измерения плотности потока бета-излучения с загрязненных поверхностей – от 10 до 5000 част/см²·мин.

Время измерения – около 20 с.

Устройство прибора. Дозиметр-радиометр выполнен в виде портативного, носимого на ремешке или в кармане одежды, прибора. Корпус изготовлен из ударопрочной пластмассы и состоит из двух частей, соединенных между собой винтами. В верхней части на лицевой панели расположены органы управления и индикации, отсек элемента питания с крышкой. К нижней части корпуса крепится поворотная задняя крышка, являющаяся экранирующим фильтром.

В качестве детекторов излучения использованы два газоразрядных счетчика СБМ-20.

Выполнение работы

1. Включите прибор, для чего выключатель питания переведите в положение «Вкл.». На лицевом табло должно индицироваться «0.000» или «0000». Включение прибора должно сопровождаться коротким звуковым сигналом. Если прибор после включения издает постоянный звуковой сигнал, то необходимо установить новый элемент питания.

2. Убедитесь в исправности электронной пересчетной схемы и таймера прибора, для чего переведите переключатель режима работы в положение «МД», нажмите кнопку **КОНТР.** и удерживайте ее в таком состоянии до конца проверки, а затем кратковременно нажмите кнопку **ПУСК.** При этом должен начаться отсчет чисел. Через 20 с отсчет чисел должен прекратиться, окончание отсчета должно сопровождаться коротким звуковым сигналом, а на табло должно индицироваться «1.024». Если при проведении контрольного теста индицируемое число отличается от указанного выше, то прибор неисправен.

3. Измерьте мощность дозы гамма-излучения в точках, указанных преподавателем. Для этого:

- убедитесь, закрыта ли задняя крышка прибора, при необходимости плотно закройте ее и зафиксируйте фиксатором;

- для работы в режиме «Поиск» переведите переключатель режима работы в положение «1» (крайнее правое положение);

- кратковременно нажмите на кнопку **ПУСК.** Прибор начнет отсчет импульсов, число которых индицируется на цифровом табло. Через каждые 10 импульсов прибор будет подавать звуковой сигнал. При естественном фоновом излучении прибор должен подавать 1–6 звуковых сигналов в минуту. С увеличением мощности экспозиционной дозы гамма-излучения пропорционально возрастает частота подачи звуковых сигналов;

- для работы в режиме «Измер.» переведите переключатель режима работы в положение «МД» (крайнее левое положение). Нажмите кнопку **ПУСК.** При этом на цифровом табло должно появиться «0. 0. 0. 0.» и начаться отсчет импульсов. Через 20 с измерение закончится, что будет сопровождаться звуковым сигналом, а на цифровом табло появится результат в миллирентгенах в час;

- для повторного измерения необходимо снова нажать кнопку **ПУСК.**

Результаты запишите в журнал.

4. Измерьте плотность потока бета-излучения с загрязненных поверхностей. Для этого:

- проверьте, закрыта ли задняя крышка прибора, при необходимости плотно закройте ее;

- переведите переключатель режима работы в положение «МД» и включите прибор;

- поднесите прибор плоскостью задней крышки к исследуемой поверхности на расстояние 0,5–1 см и кратковременно нажмите кнопку **ПУСК.** Выполните измерение и запишите показания прибора ($N_{\text{гамма}}$);

- откройте заднюю крышку прибора и выполните намерение аналогично предыдущему. Запишите показание прибора ($N_{\text{гамма+бета}}$);

- вычислите величину плотности потока бета-излучения с поверхности по формуле

$$g = K_s (N_{\text{гамма+бета}} - N_{\text{гамма}}) \text{ част/см}^2\text{мин},$$

где K_s – коэффициент счета прибора, равный 0,5 част/мин · импульс;

- сравните полученный результат с контрольными уровнями радиоактивного загрязнения для принятия решения о проведении дезактивационных работ (приложение 8).

Задание 2.5. Измерение дозиметрических величин бытовым дозиметром-радиометром РКСБ-104

Комбинированный прибор для измерения ионизирующих излучений РКСБ-104 предназначен для индивидуального использования населением с целью контроля радиационной обстановки на местности, в жилых и рабочих помещениях. Выполняет функции дозиметра и радиометра и обеспечивает возможность измерения:

- мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения;
- плотности потока бета-излучения с поверхности;
- удельной активности радионуклида цезий-137 в веществах.

В приборе предусмотрена подача звукового сигнала при превышении порогового значения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения, установленного потребителем.

Прибор не пригоден для оценки радиологического качества продуктов питания и сельскохозяйственной продукции.

Основные технические данные и характеристики.

1. Диапазон измерений:

- мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения – от 0,1 до 99,99 мкЗв/ч;
- плотности потока бета-излучения с поверхности (по радионуклидам стронций-90 + иттрий-90) – от 0,1 до 99,99 бета-частиц (с·см²);
- удельной активности радионуклида цезий-137 – от $2 \cdot 10^3$ до $2 \cdot 10^6$ Бк/кг (от $5,4 \cdot 10^{-8}$ до $5,4 \cdot 10^{-5}$ Ки/кг).

2. Время измерения не превышает:

- при измерении мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения в верхнем положении тумблера «S3» – 28 с, в нижнем положении – 280 с;
- при измерении плотности потока бета-излучения в верхнем положении тумблера «S3» – 18 с, в нижнем положении – 180 с;
- при измерении удельной активности радионуклида цезий-137 в верхнем положении тумблера «S3» – 40 с, в нижнем положении – 400 с.

3. Прибор выдает прерывистый звуковой сигнал после окончания цикла измерения.

Устройство прибора. Портативный, переносный, состоит из корпуса и крышки, скрепленных между собой. К крышке крепятся еще две легкоъемные крышки – отсека питания и крышка-фильтр. На лицевой панели окно для индикатора и три тумблера – для включения прибора и выбора режима работы.

Выполнение работы

1. Подготовьте прибор к работе. Для этого:

- снимите заднюю крышку-фильтр, установите на кодовом переключателе «S4» движки S4.1–S4.6 (нумерация движков начинается снизу) в положение «1», S4.7 и S4.8 – в положение «0» и установите на место крышку-фильтр;

- переведите органы управления прибора – тумблеры S2 и S3 в верхнее положение. При этом прибор должен начать регистрировать внешний радиационный фон, индикация символов «>» и «v» (батарея питания разряжена) на табло индикатора должна отсутствовать;

- через 28 с после включения прибор должен выдать прерывистый звуковой сигнал, при этом на табло индикатора должно индицироваться 4-разрядное число, значащая часть которого, умноженная на пересчетный коэффициент 0,01 при измерениях мощности полевой эквивалентной дозы в верхнем положении тумблера S3, дает измеренную величину в микрозивертах в час (мкЗв/ч). Время индикации числа на табло – около 14 с, после чего звуковой сигнал должен прекратиться, а прибор автоматически повторить цикл измерения;

- выключите прибор.

2. Проверьте работу порогового устройства, для чего:

- переведите тумблеры S2 и S3 в нижнее положение;
- включите прибор. В течение 280 с на табло будут индцироваться возрастающие значения 4-разрядного числа. В момент превышения значения 0100–0010 (что соответствует порогу срабатывания сигнализации, равному 0,1 мкЗв/ч) прибор должен выдать непрерывный звуковой сигнал. Увеличение числа на табло будет продолжаться до окончания цикла измерения. Выключение звукового сигнала должно произойти после двукратного превышения установленного порога срабатывания сигнализации или, если оно не будет достигнуто, после завершения цикла измерения;

- выключите прибор.

3. Измерьте мощность полевой эквивалентной дозы гамма-излучения:

- снимите заднюю крышку-фильтр;
- переведите на кодовом переключателе движки S4.1, S4.3, S4.7, S4.8 в положение «0», S4.2, S4.4–S4.6 – в положение «1»;

- установите крышку-фильтр на место;

- переведите тумблеры S2 и S3 в верхнее положение;

- включите прибор тумблером S1, переведя его в положение «Вкл.». Через 27–28 с прибор выдаст прерывистый звуковой сигнал, а на табло жидкокристаллического индикатора отобразится 4-разрядное число. Для определения мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения необходимо умножить значащую часть этого числа на пересчетный коэффициент, равный 0,01. Будет получен результат в микрозивертах в час (мкЗв/ч). Например, на табло индцируется число 0018. Умножив на пересчетный коэффициент 0,01, получим 0,18 мкЗв/ч, что соответствует мощности дозы 18 мкР/ч;

- для получения более точного результата повторите измерение в нижнем положении тумблера S3 (положение остальных органов управления не меняется). Время измерения при этом увеличится до 270–280 с. Показание прибора следует умножить на пересчетный коэффициент, равный 0,001. Получится результат в микрозивертах в час.

4. Измерьте загрязненность поверхностей бета-излучающими радионуклидами. Для этого:

- снимите крышку-фильтр;

- переведите на кодовом переключателе движки S4.1, S4.4, S4.6, S4.8 в положение «0», S4.2, S4.3, S4.5, S4.7 – в положение «1»;

- установите крышку на прежнее место;

- переведите тумблеры S2 и S3 в верхнее положение;

- поднесите прибор к исследуемой поверхности, поместив между ними пластмассовую упаковку. Включите прибор;

- снимите фоновое показание прибора ($N_{\text{гамма}}$), которое установится на табло через 18 с после включения прибора, запишите его;

- выключите прибор;

- снимите заднюю крышку-фильтр и поместите прибор над исследуемой поверхностью на расстоянии не более 1 см;

- выключите прибор, запишите показания ($N_{\text{гамма+бета}}$), установившиеся во время действия прерывистого сигнала;

- определите величину загрязненности поверхности бета-излучающими радионуклидами по формуле

$$g = K_1 (N_{\text{гамма+бета}} - N_{\text{гамма}}),$$

где K_1 – коэффициент, равный 0,01;

- для получения более точного результата повторите измерения при нижнем положении тумблера S3. Положение остальных органов управления не изменяется. В этом случае $K_1 = 0,001$. Продолжительность цикла измерения – 175–185 с.

Контрольные вопросы

1. Что подразумевается под внешним облучением?
2. Какое излучение и почему оказывает максимальное воздействие при внешнем облучении?
3. Назовите источники внешнего облучения.
4. Перечислите радионуклиды, создающие внешнее облучение.
5. Что такое поглощенная доза облучения?
6. Назовите единицы измерения поглощенной дозы облучения.
7. Что такое мощность поглощенной дозы облучения?
8. Что такое термолюминесцентные дозиметры?
9. Что можно измерить термолюминесцентными дозиметрами и в течение какого времени?
10. Что такое дифференциальные дозиметры?
11. Какие требования необходимо соблюдать при измерении мощности эквивалентной дозы?
12. Как проконтролировать исправность дозиметров?
13. Можно ли, при помощи бытовых дозиметров-радиометров, определить загрязненность продуктов питания цезием-137?
14. Назовите пределы измерения удельной активности продуктов питания бытовыми дозиметрами-радиометрами.