

Радиационный контроль при нормальной эксплуатации источников ионизирующих излучений

**Касьяненко Анатолий Алексеевич
д.т.н., профессор**

1. Законодательная и нормативная база

Федеральный закон от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ

"О радиационной безопасности населения"

- **Статья 14. Требования к обеспечению радиационной безопасности при обращении с источниками ионизирующего излучения**
- При обращении с источниками ионизирующего излучения организации обязаны:
- соблюдать требования настоящего Федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ, норм, правил и нормативов в области обеспечения радиационной безопасности;
- планировать и осуществлять мероприятия по обеспечению радиационной безопасности;
- проводить работы по обоснованию радиационной безопасности технологических процессов и производств, являющихся источниками ионизирующего излучения, опасных для здоровья человека;
- осуществлять систематический производственный контроль за радиационной обстановкой
- проводить контроль и учет индивидуальных доз облучения работников;
- проводить подготовку и аттестацию руководителей и исполнителей работ, специалистов служб производственного контроля, других лиц, постоянно или временно выполняющих работы с источниками ионизирующего излучения, по вопросам обеспечения радиационной безопасности;
- организовывать проведение предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров работников (персонала);
- обеспечивать реализацию прав граждан в области обеспечения радиационной безопасности.

Статья 18. Контроль и учет индивидуальных доз облучения

Контроль и учет индивидуальных доз облучения, полученных гражданами при использовании источников ионизирующего излучения, проведении медицинских рентгеноорадиологических процедур, а также обусловленных естественным радиационным и техногенно измененным радиационным фоном, осуществляются в рамках единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения (ЕСКИД), создаваемой в порядке, определяемом Правительством Российской Федерации.

Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)

- **2.5. Требования к администрации и персоналу радиационного объекта**
- **2.5.1. Администрация радиационного объекта несет ответственность за радиационную безопасность и должна обеспечивать:**
 - - систематический контроль радиационной обстановки на рабочих местах, в помещениях, на территории организации, в санитарно-защитной зоне и в зоне наблюдения.
 - - контроль и учет индивидуальных доз облучения персонала;

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ
ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ САНИТАРНЫХ ПРАВИЛ И ВЫПОЛНЕНИЕМ
САНИТАРНО - ПРОТИВОЭПИДЕМИЧЕСКИХ (ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ)

МЕРОПРИЯТИЙ

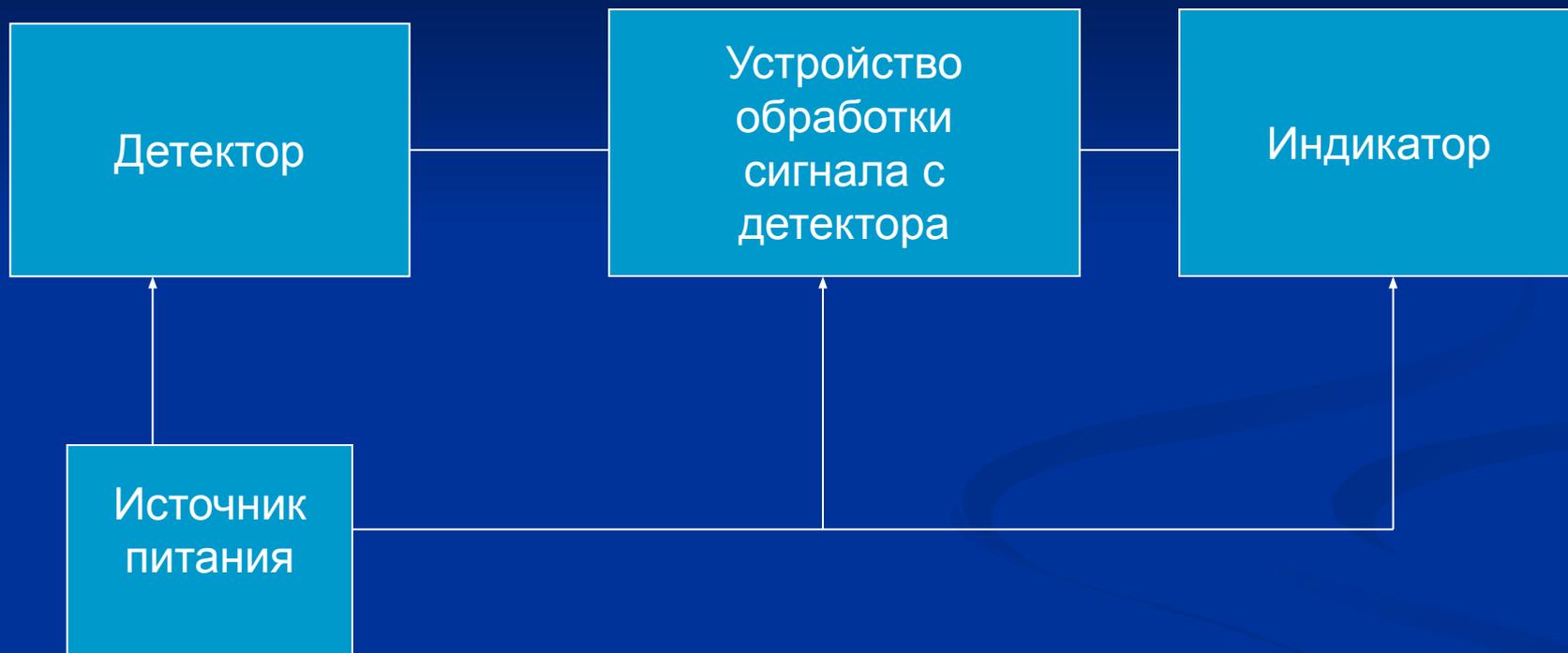
- II. Порядок организации и проведения производственного контроля
- 2.4. Производственный контроль включает:
- б) осуществление (организацию) лабораторных исследований и испытаний: - на границе санитарно - защитной зоны и в зоне влияния предприятия, на территории (производственной площадке), на рабочих местах

2. Требования к средствам радиационного контроля и их основные характеристики

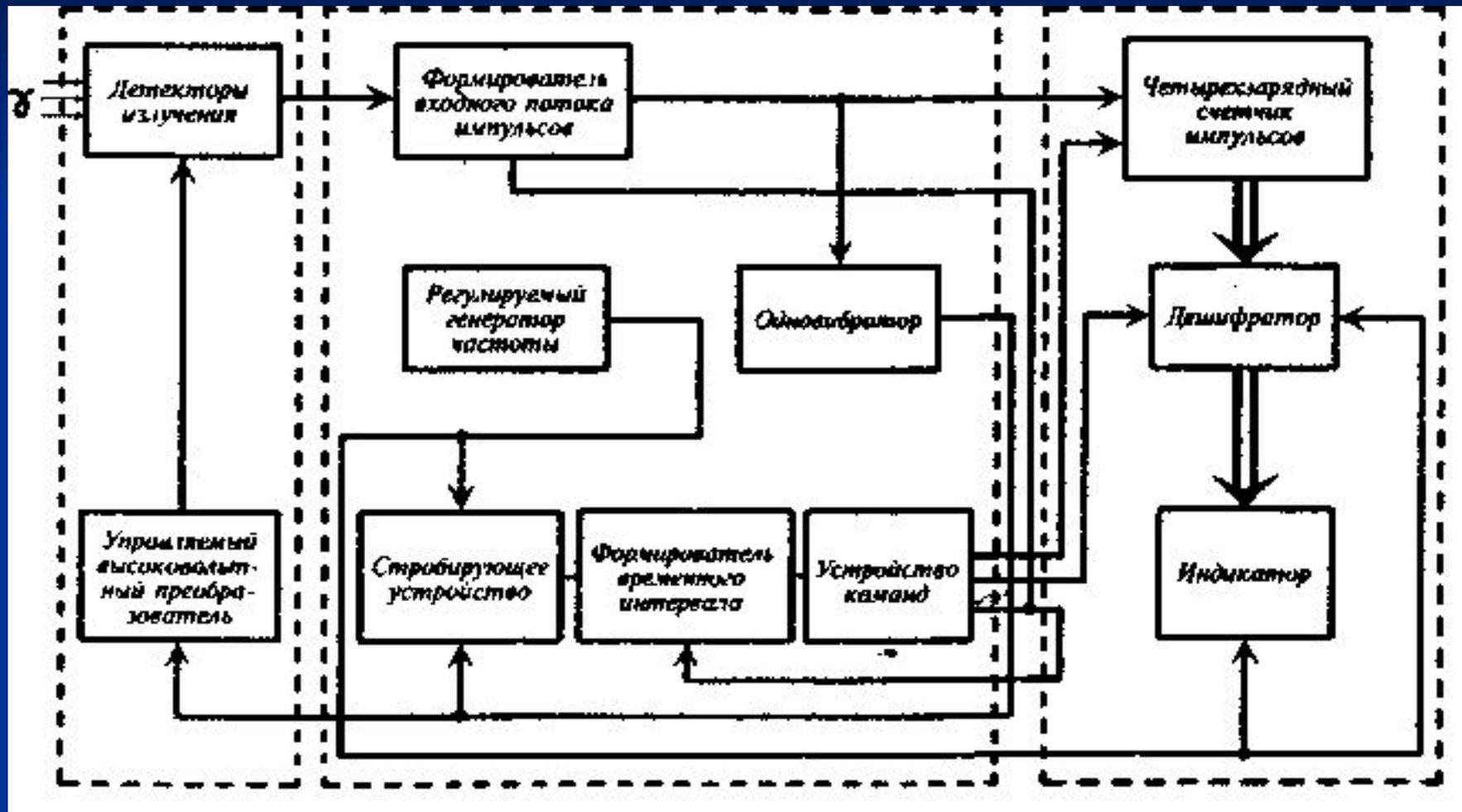
- При выборе методов и средств радиационного контроля необходимо иметь ответ на такие вопросы как: **что измерять, где измерять, как часто измерять и чем измерять?**
- Методы радиационного контроля можно разделить на следующие группы:
 - – дозиметрические;
 - – радиометрические;
 - – спектрометрические;
 - – радиохимические.
- Нас интересуют **только дозиметрические методы** контроля, поскольку в наши задачи входит оценка радиационной обстановки на рабочем месте и в помещении и индивидуальные дозы облучения.

- Для ответа на эти и другие аналогичные вопросы необходимо знать основные характеристики методов и приборов контроля, важные с точки зрения их применения для измерения радиационного фона и индивидуальных доз. Такими характеристиками являются:
 - чувствительность детектора по энергии,
 - эффективность регистрации детектора, диапазон измерений, точность, линейность,
 - воспроизводимость, дрейф нуля, постоянная времени, влияние внешних условий и другие характеристики

3. Типовая схема показывающего дозиметра



Функциональная схема дозиметра ДРГ-01Т1



Дозиметр ДРГ-01Т1



Характеристики дозиметра ДРГ-01Т1

Детектор

газоразрядные счетчики

Диапазон измерения мощности экспозиционной дозы:

- в режиме «Поиск»

100,0 мкР/ч ÷ 99,99 Р/ч

- в режиме «Измерение»

10,0 мкР/ч ÷ 9,999 Р/ч

Диапазон энергий гамма-излучения

0,05 ÷ 3,0 МэВ (от 8 до 480 фДж)

Время измерения, не более

- в режиме «Поиск»

2,5 сек

- в режиме «Измерение»

25 сек

- В качестве детекторов излучения использованы четыре газоразрядных счётчика СБМ-20 и два счётчика СИ 34Г (или СИ 40Г)

Предельно-допустимое облучение дозиметра

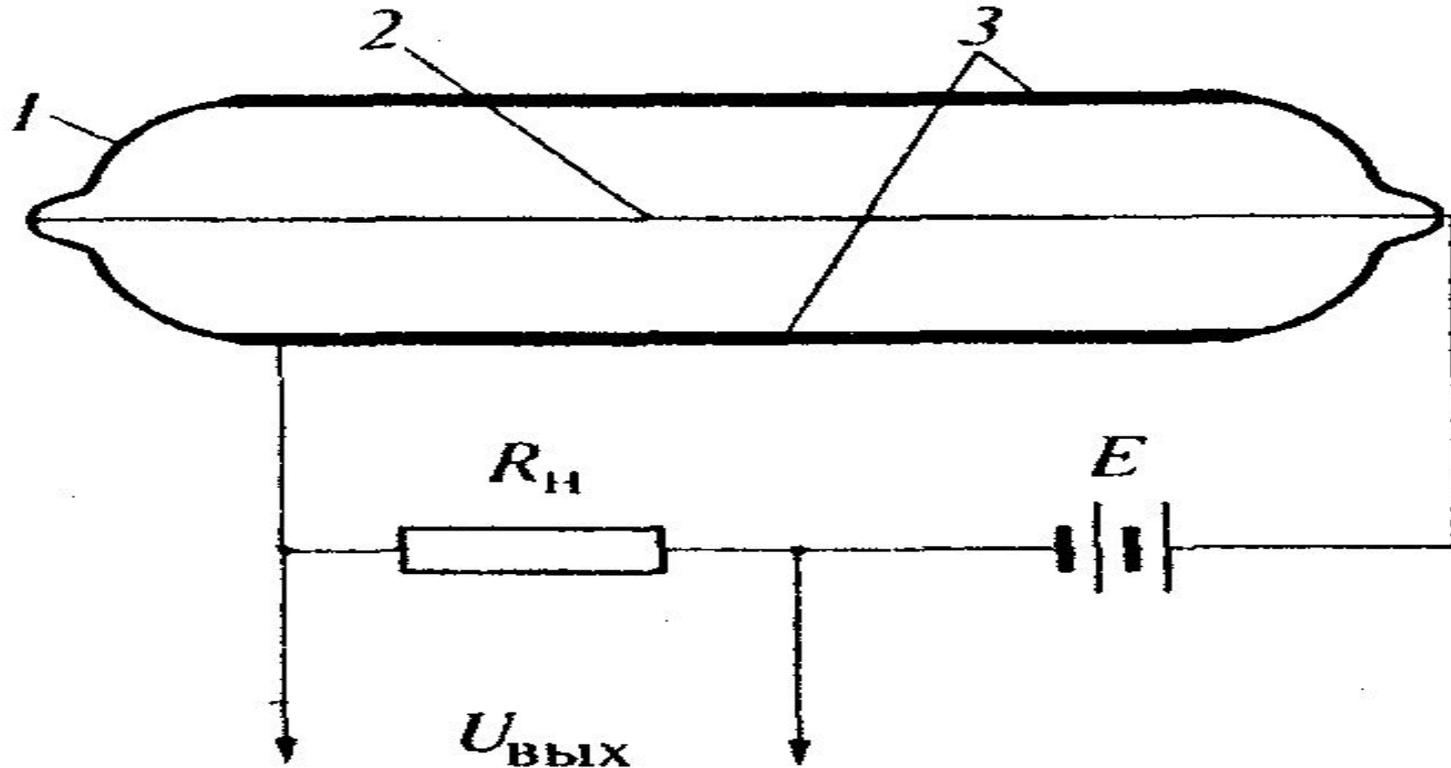
соответствует мощности экспозиционной дозы 1000 Р/ч, при этом в любом режиме работы на шкале цифрового индикатора высвечивается символ переполнения «П».

Конструктивное исполнение металлический корпус

4. Детекторы ионизирующих излучений. Выбор детектора

- Тип детектора:
 - Ионизационный;
 - Сцинтилляционный;
 - Полупроводниковый.

Цилиндрический ионизационный детектор



1 – изолятор,
2 – анод – вольфрамовая нить, 3 – катод – корпус детектора

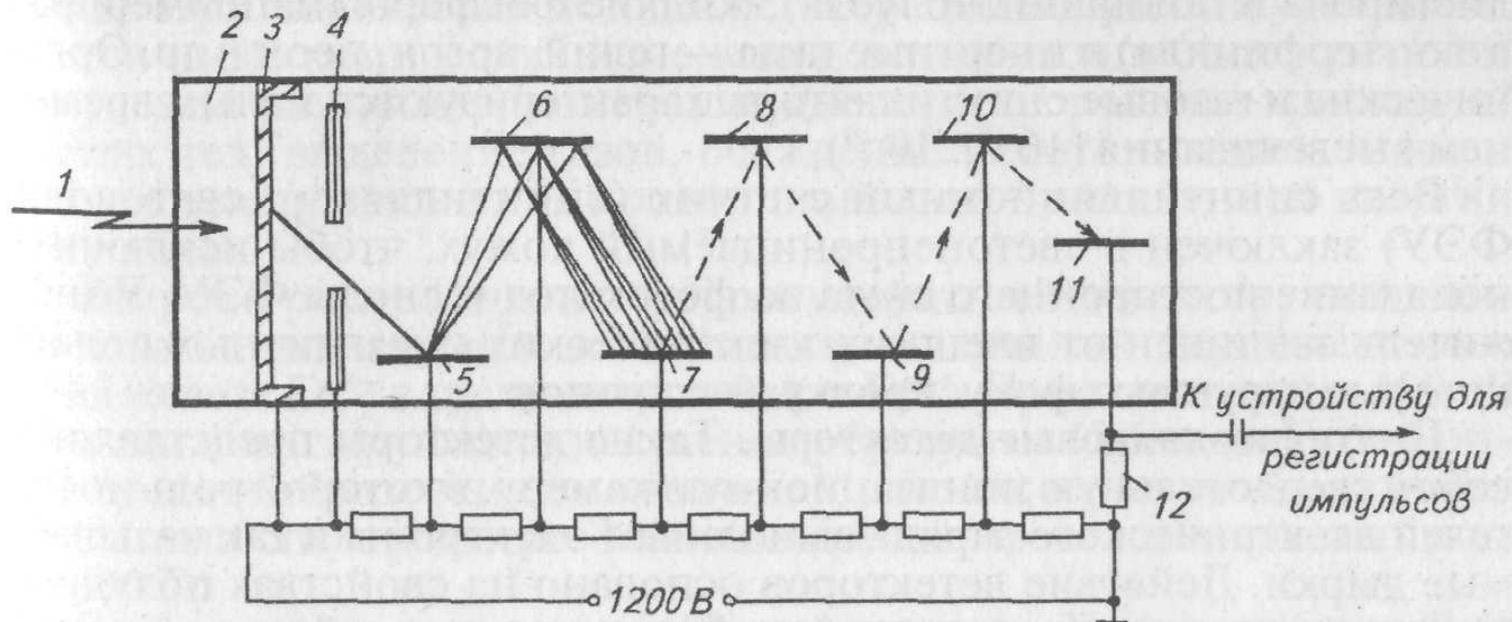


Рис. 15. Принципиальная схема сцинтилляционного счетчика:

1 — ионизирующее излучение; *2* — сцинтиллятор; *3* — фотокатод ФЭУ; *4* — фокусирующая диафрагма; *5—10* — диноды; *11* — анод; *12* — нагрузочное сопротивление

СЦИНТИЛЛЯТОРЫ

- Материал из которого изготовлен сцинтиллятор:
 - $\text{ZnS}(\text{Ag})$
 - $\text{CsI}(\text{Tl})$, $\text{NaJ}(\text{Tl})$
 - Пластмассовый сцинтиллятор.
- Агрегатное состояние и размеры сцинтиллятора:
 - Монокристалл/жидкий сцинтиллятор или рабочий газ;
 - Размеры детектора и толщины входных окон

Полупроводниковый детектор



Дозиметр гамма-излучения ДКГ-07Д «Дрозд»



- Простой в обращении и недорогой дозиметр, удобный для проведения радиационных обследований. Результат измерения и его погрешность индицируются непрерывно с момента начала измерений и постоянно уточняются. Благодаря звуковой сигнализации может быть использован также для экспресс-оценки радиационной обстановки.

- **Назначение:**

- измерение мощности дозы $H^*(10)$ гамма-излучения;

- измерение дозы $H^*(10)$ гамма-излучения (дозы оператора)

5. Дозиметры рентгеновского излучения

Дозиметр рентгеновского излучения МКС-АТ-1103М



Дозиметр рентгеновский импульсный

ДКС-АТ1121/ДКС-АТ1123



Дозиметры рентгеновского и гамма-излучения

ДКС-АТ1121/ДКС-АТ1123

Детектор



сцинтилляционная
пластмасса Ø30x15 мм

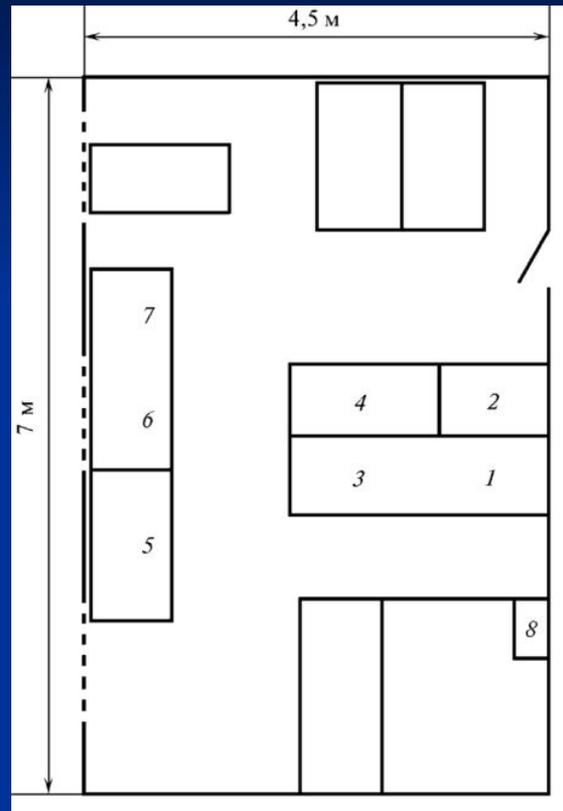
Диапазон измерения:

- мощности дозы $H^*(10)$ непрерывного излучения (для ДКС-АТ1121/1123) 0,05 мкЗв/ч ÷ 10,0 Зв/ч
 - мощности дозы $H^*(10)$ кратковременного излучения (для ДКС-АТ1121/1123) 5 мкЗв/ч ÷ 10,0 Зв/ч
 - мощности дозы $H^*(10)$ импульсного излучения (для ДКС-АТ1123) 0,1 мкЗв/ч ÷ 10,0 Зв/ч
 - дозы $H^*(10)$ 10 нЗв ÷ 10,0 Зв
- Минимальная длительность кратковременного излучения 0,03 сек
- Минимальная длительность импульсного излучения при мощности дозы в импульсе до 1,3 Зв/с (для ДКС-АТ1123) 10 нс
- Диапазон энергий **0,015 ÷ 10 МэВ**

Точки радиационного контроля

- Точки радиационного контроля (РК) устанавливаются в соответствии с видом деятельности. Схема расположения точек РК может быть приложение к обоснованию радиационной безопасности и/или к инструкции по радиационной безопасности.

**Схема расположения контрольных точек
для дозиметрического радиационного контроля в помещении №253
лаборатории «Физической электроники» кафедры экспериментальной физики
факультета физико-математических и естественных наук РУДН**



1-7 — рабочие места;

8 — сейф для хранения ЗРНИ.

ЗРНИ хранятся в сейфе в защитном контейнере.

Измерение радиационного фона производится на расстоянии 10 см и 1 м от поверхности сейфа на уровне расположения контейнера.

Периодичность РК 1 – 2 раза в год.

СанПиН 2.6.1.3106-13. Гигиенические требования по обеспечению

радиационной безопасности при использовании рентгеновских сканеров для персонального досмотра людей

- V. Радиационный контроль
- 5.1. Юридические или физические лица, использующие РСЧ, проводят радиационный контроль за основными параметрами (пункт 5.3 настоящих правил), определяющими уровни возможного облучения персонала и населения. Радиационный контроль осуществляется в соответствии с утвержденной программой производственного радиационного контроля, которая может быть составляющей частью программы производственного контроля.
- 5.2. Радиационный контроль РСЧ может проводиться прошедшим специальную подготовку лицом, ответственным за радиационный контроль, службой радиационной безопасности или аккредитованной в соответствующих областях измерений лабораторией радиационного контроля, имеющей лицензию на осуществление деятельности в области использования ИИИ и СЭЗ.
- 5.3. Радиационный контроль РСЧ включает измерение следующих основных параметров:
 - - индивидуальные дозы внешнего облучения персонала группы А;
 - - мощность амбиентного эквивалента дозы рентгеновского излучения на расстоянии 10 см от внешней поверхности РСЧ (защитного ограждения) и на постоянных рабочих местах персонала;
 - - дозу человека за одно сканирование.

- 5.4. Контроль индивидуальных доз внешнего облучения персонала группы А, работающего с РСЧ, должен проводиться с использованием индивидуальных дозиметров постоянно с ежеквартальной регистрацией результатов в индивидуальных карточках, которые должны храниться в течение 50 лет. При проведении индивидуального дозиметрического контроля необходимо вести учет годовых эффективных доз, эффективной дозы за 5 последовательных лет, а также суммарной накопленной эффективной дозы за весь период профессиональной работы с ИИИ.
- В случае перехода работника в другую организацию, где проводится работа с ИИИ, копия индивидуальной карточки передается на новое место работы; оригинал должен храниться на прежнем месте работы.
- Лицам, командируемым для работ с ИИИ, должна выдаваться заполненная копия индивидуальной карточки о полученных дозах облучения. Данные о дозах облучения прикомандированных лиц должны включаться в их индивидуальные карточки.

- 5.5. Измерение мощности амбиентного эквивалента дозы на рабочих местах персонала производится на трех высотах: 0,5, 1,0 и 1,5 м над полом. Измерение мощности амбиентного эквивалента дозы на расстоянии 10 см от внешней поверхности РСЧ (защитного ограждения) производится на четырех высотах: 0,5, 1,0, 1,5 и 2,0 м над полом вокруг всего РСЧ (защитного ограждения) с шагом не более 0,5 м.
- Указанные виды радиационного контроля проводятся в плановом порядке 1 раз в год. Кроме того, каждый раз после ремонта РСЧ, замены рентгеновской трубки или элементов радиационной защиты проводится внеочередной радиационный контроль.

- 5.7. Для РСЧ, допускающих регулирование параметров генерации пучка рентгеновского излучения (анодное напряжение рентгеновской трубки, анодный ток), радиационный контроль должен проводиться при максимальных значениях рабочих параметров.
- 5.8. Для проведения радиационного контроля должны использоваться средства измерения, предназначенные для измерения контролируемых величин и имеющие действующее свидетельство о поверке.
- 5.9. Ежедневно регистрируется измеренное значение дозы за сканирование и число проведенных сканирований. Эти данные используются для получения общего числа сканирований за год и годовой коллективной дозы за счет использования РСЧ для занесения их в радиационно-гигиенический паспорт 5.9. Ежедневно регистрируется измеренное значение дозы за сканирование и число проведенных сканирований. Эти данные используются для получения общего числа сканирований за год и годовой коллективной дозы за счет использования РСЧ для занесения их в радиационно-гигиенический паспорт организации и для учета годовой дозы облучения людей в соответствии с пунктом 2.11 настоящих правил.

- 5.6. В качестве приемлемой оценки эффективной дозы облучения за одно сканирование используется значение амбиентного эквивалента дозы, измеренного в месте расположения человека при проведении сканирования на высоте 1,0 м от пола (далее - доза за сканирование). **Контроль дозы за сканирование производится каждый раз перед началом работы после включения РСЧ. Полученная величина заносится в журнал и используется для расчета коллективной дозы людей, прошедших сканирование на РСЧ за этот день.** Если доза за сканирование не превышает соответствующую величину, приведенную в технической документации на РСЧ, то РСЧ может использоваться для проведения персонального досмотра людей. В противном случае необходимо приостановить работу, провести ревизию и ремонт РСЧ и последующий радиационный контроль.

5. Основные виды ИДК персонала

Для персонала группы «Б»
применяется групповой дозиметрический контроль, осуществляемый расчетным путем на основании измерений мощностей доз на рабочих местах

Для персонала группы «А»
предписывается ношение индивидуальных дозиметров на поверхности тела (МУ 2.6.1. 2118-06)

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ИДК:

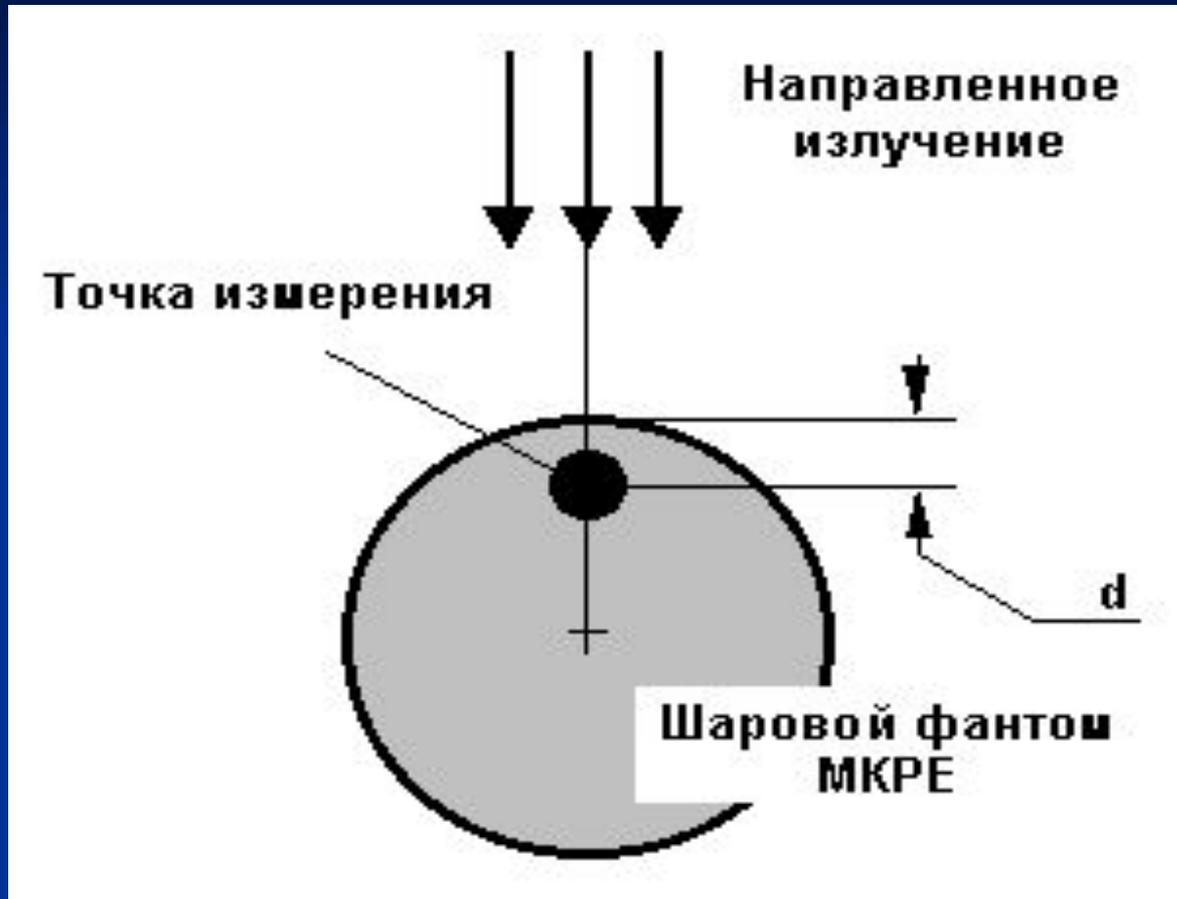
- текущий контроль;
- оперативный контроль;
- аварийный контроль (МУ 2.6.1.25-2000)

Амбиентный эквивалент дозы

Амбиентный эквивалент дозы $H^(d)$* – эквивалент дозы, который был бы создан в шаровом фантоме МКРЕ на глубине d (мм) от поверхности по диаметру, параллельному направлению излучения, в поле излучения, идентичном рассматриваемому по составу, флюенсу и энергетическому распределению, но мононаправленном и однородном

Амбиентный эквивалент дозы используется для характеристики поля излучения в точке, совпадающей с центром шарового фантома

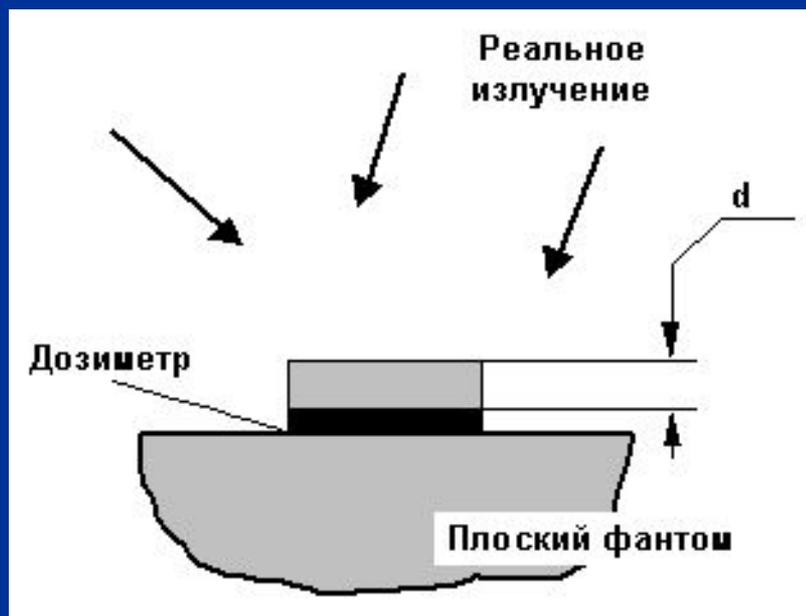
Амбиентный эквивалент дозы



Индивидуальный эквивалент дозы

ДОЗЫ

Индивидуальный эквивалент дозы $H_p(d)$ – эквивалент дозы в мягкой биологической ткани, определяемый на глубине d (мм) под рассматриваемой точкой на теле



Соответствие между нормируемыми и операционными величинами

Нормируемая величина	Операционная величина: Индивидуальный эквивалент дозы		
	Положение индивидуального дозиметра	d, мм	Условное обозначение
Эквивалентная доза внешнего облучения кожи	Непосредственно на поверхности наиболее облучаемого участка кожи	0,07	$H_p(0,07)$
Эквивалентная доза внешнего облучения хрусталика глаза	На лицевой части головы	3	$H_p(3)$
Эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота женщины	На соответствующем месте поверх спецодежды	10	$H_p(10)$
Эффективная доза внешнего облучения	На нагрудном кармане спецодежды либо внутри него	10	$H_p(10)$

Дозиметры для текущего ИДК

ТЛД дозиметры - универсальные дозиметры для всех случаев энергетических диапазонов и длительностей облучения, но не имеют средств индикации и сигнализации;

ДКР-04М - для персонала рентгеновских диагностических кабинетов и для ангиологических бригад (длительность рентгеновского излучения от 30 мс);

ДДГ-01Д - для оперативного гамма-дозиметрического контроля, осуществляемого параллельно с ТЛД-дозиметрией;

Все остальные показывающие ИД имеют универсальное применение, но только для непрерывного излучения.

Дозиметры для текущего ИДК



Установка ДВГ-02ТМ

Различные ТЛД



Термолюминесцентные дозиметры МКД («тип А»)



Детекторы ТТЛД-580, ДТГ-4

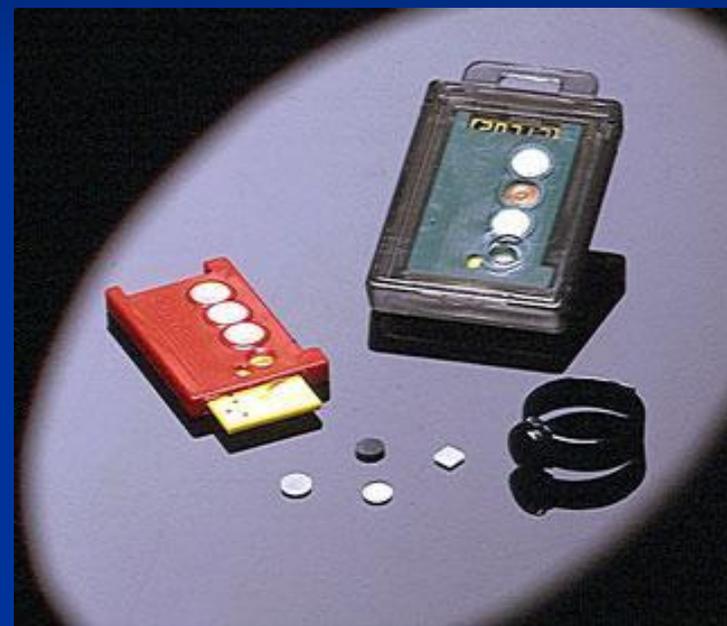
Количество детекторов:- ТТЛД-580 - 3

ДТГ-4 - 1

Измеряемые величины

- доза в коже лица $H_p(0,07)$
- доза в хрусталике глаза $H_p(3)$
- Диапазон измерения $H_p(0,07)$, $H_p(3)$ 2,0 мЗв ÷ 100 Зв
- Толщина входного окна 2 мг/см²
- Толщины поглотителей для детекторов ТТЛД-58050; 90; 110 мг/см²
- Толщина поглотителей для детектора ДТГ-4300 мг/см²
- Число циклов использования детекторов не менее 500
- Габаритные размеры, масса $\varnothing 32 \times 16$ мм, 9 г

Кожные ТЛД



Термолюминесцентные дозиметры МКД («тип Б»)



Детекторы	ТТЛД-580
Количество детекторов:	4
Измеряемая величина	доза в коже пальцев рук $H_p(0,07)$
Диапазон измерения $H_p(0,07)$	2,0 мЗв ÷ 100 Зв
Толщины поглотителей	38; 50; 92; 155 мг/см ²
Число циклов использования детекторов	не менее 500
Габаритные размеры, масса	90x20x2 мм,

Индивидуальные дозиметры

Комплект
индивидуальных
дозиметров ДДГ-01Д



Индивидуальный дозиметр ДКС-АТ3509/АТ3509А/АТ3509В/АТ3509С



- Детектор кремниевый планарный
- Диапазон измерения индивидуального эквивалента дозы:
 - ДКС-АТ3509, -3509А Нр(10)1 мкЗв ÷ 10 Зв
 - ДКС-АТ3509В, -АТ3509С Нр(10), Нр(0,07)1 мкЗв ÷ 10 Зв
- Диапазон измерения мощности индивидуального эквивалента дозы:
 - ДКС-АТ3509, -3509А Нр(10) 0,1 мкЗв/ч ÷ 1 Зв/ч
 - ДКС-АТ3509В Нр(10), Нр(0,07) 0,1 мкЗв/ч ÷ 1 Зв/ч
 - ДКС-АТ3509С Нр(10), Нр(0,07) 0,1 мкЗв/ч ÷ 5 Зв/ч
- Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения дозы $\pm 15\%$
- Диапазон энергий регистрируемого излучения:
 - ДКС-АТ3509, -3509В, -3509С 0,015 ÷ 10 МэВ
 - ДКС-АТ3509А 0,030 ÷ 10 МэВ
- Энергетическая зависимость:
 - Нр(10) в диапазоне 15 кэВ ÷ 1,5 МэВ $\pm 25\%$
 - Нр(10) в диапазоне 1,5 МэВ ÷ 10 МэВ $\pm 60\%$
 - Нр(0,07) в диапазоне 15 кэВ ÷ 300 кэВ (-3509В, -3509С) $\pm 30\%$

Индивидуальный дозиметр ДКГ-21



Индивидуальный дозиметр рентгеновского излучения ДКР-04



- **Дозиметр для оперативного индивидуального дозиметрического контроля персонала, работающего с источниками рентгеновского излучения и низкоэнергетических гамма-квантов.**
- **Назначение:**
- **измерение и индикация индивидуального эквивалента дозы и мощности индивидуального эквивалента дозы рентгеновского излучения (кроме промышленных установок со сверхкороткими импульсами).**
- **Свойства:**
- **измерение текущей (со времени последнего включения) и общей (за все время эксплуатации) накопленной дозы, наличие звуковой и визуальной сигнализации превышения порогов по накопленной дозе и мощности дозы;**
- **простая установка пользователем порогов сигнализации по накопленной дозе и мощности дозы;**
- **индикация напряжения батареи;**
- **сохранение информации о накопленной дозе при разряде или отключении элемента питания.**

Характеристики дозиметра ДКР-04

- Тип детектора: кремниевый с компенсирующим фильтром
- Диапазон измерения: мощности дозы 1,0 мкЗв/ч ÷ 50 мЗв/ч
- Дозы 1 мкЗв ÷ 10 Зв
- Диапазон эффективной энергии фотонного излучения 15 ÷ 150 кэВ
- Энергетическая зависимость чувствительности относительно энергии 100 кэВ не более $\pm 35\%$
- Анизотропия при эффективной энергии 30 кэВ и углах падения излучения от 0 до $+60^\circ$ относительно оси, перпендикулярной к задней плоскости дозиметра не более 35 %
- Основная погрешность измерения:
 - по дозе $\pm(15+5/H)^*$
 - по мощности дозы $\pm(15+30/H)^*$
- Время измерения мощности дозы в зависимости от мощности дозы от 1 до 255 сек
(уменьшается с ростом мощности дозы)

Радиационно опасные зоны для различных категорий облучаемых лиц

