МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ
И ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Том 5

Москва
2005

gost.e-ecolog.ru

Содержание

Дозиметрический контроль внутреннего облучения персонала предприятий ОАО «ТВЭЛ». Регламент 2 6 1 05-2003 3

Регламент дозиметрического контроля внутреннего облучения персонала Атомных Станций Общие требования
Методические указания по контролю МУК 2 6.1.09-03 41

Объемная активность радионуклидов в воздухе на рабочих местах. Требования к определению величины среднегодовой активности.
Методические указания МУ 2.6 1.44-2002 57

Определение поступления радионуклидов и индивидуальной эффективной дозы облучения по результатам измерений на СИЧ содержания радионуклидов в теле человека для персонала Атомных Станций
Методика выполнения расчетов МВР 2 6 1 50-01 75

Расчет ожидаемых эффективных доз внутреннего облучения персонала по результатам измерений активности радионуклидов в биопробах с использованием компьютерной программы ММК-01
Методика выполнения расчетов МВР 2 6 1 60-2002 93

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ДЕПАРТАМЕНТ БЕЗОПАСНОСТИ, ЭКОЛОГИИ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
НАУЧНО-ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР «СНИИП»

2.6.1. Ионизирующее излучение. Радиационная безопасность

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИБОРНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО И РАДИОМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В СООТВЕТСТВИИ С НРБ-99 И ОСПОРБ-99

Москва
2003

ПРЕДИСЛОВИЕ

1. Рекомендации разработаны под эгидой Методического совета Департамента безопасности и чрезвычайных ситуаций Министерства Российской Федерации по атомной энергии (сейчас Департамент безопасности, экологии и чрезвычайных ситуаций).

2. Руководители работы:

к.т.н., с.н.с. Чебышов С.Б., д.т.н., с.н.с. Поленов Б.В. (ФГУП НИЦ «СНИИП»).

3. Исполнители:

к.т.н., с.н.с. Чебышов С.Б., д.т.н., с.н.с. Поленов Б.В., к.т.н., с.н.с. Артеменкова Л.В., Астединов И.В., к.т.н., с.н.с. Коваленко В.В., к.т.н., с.н.с. Петров В.И. (ФГУП НИЦ «СНИИП»).

4. Рекомендации рассмотрены и одобрены на заседании Методического совета ДБЧС Минатома России 26 февраля 2002 г., протокол №30 и утверждены Руководителем Департамента безопасности и чрезвычайных ситуаций Минатома России А.М. Агаповым 29 марта 2002 г.

5. Рекомендации разработаны на основании приказа Министра №557 от 25.09.2000 г. «О введении в действие Норм радиационной безопасности - НРБ-99 и Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности - ОСПОРБ-99» и в развитие отраслевой программы «Введение в действие Норм радиационной безопасности - НРБ-96 на предприятиях Минатома России».

Цель - обеспечение служб радиационного контроля отрасли информацией о состоянии парка аппаратуры дозиметрического и радиометрического контроля, спектрометров, счетчиков излучения человека и систем радиационного контроля, а также возможных путях обеспечения предприятий отрасли этой аппаратурой.

РЕФЕРАТ

Объем - 141 л.

Количество рисунков - 9.

Количество таблиц - 33.

Количество используемых источников информации - 133.

Ключевые слова: НРБ-99, ОСПОРБ-99, методические указания и рекомендации, радиационная безопасность, радиационный контроль, дозиметрический контроль, радиометрический контроль, контроль радиационной обстановки, внешнее и внутреннее облучение, эффективная и эквивалентная дозы, дозиметрические, радиометрические приборы, спектрометры, счетчики излучения человека, аппаратура радиационного контроля, приборное обеспечение.

Проведен анализ нормативов и правил, которые содержатся в НРБ-99 и ОСПОРБ-99, а также методических указаний и рекомендаций, разработанных в связи с введением в действие этих документов. Проанализированы основные технические требования к аппаратуре радиационного контроля, предназначенной для обеспечения радиационной безопасности, рассмотрено состояние отечественного парка аппаратуры. Даны рекомендации по возможным путям и механизмам обновления аппаратурного парка предприятий отрасли.

СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

В Рекомендациях приняты следующие условные обозначения и сокращения:

АС	- автоматизированная система
АСКРО	- автоматизированная система контроля радиационной обстановки
АСРК	- автоматизированная (автоматическая) система радиационного контроля
АРО	- аварийная РО
АТЦ	- аварийно-технический центр
АЦП	- амплитудно-цифровой преобразователь
БД	- блок детектирования
БДИИ	- блоки детектирования ИИ
БФЛ	- биофизическая лаборатория
ГДК	- групповой дозиметрический контроль
ГЗ	- гигиеническое заключение
ГЭД	- годовая эффективная доза
ДЖН	- долгоживущие нуклиды
ДК	- дозиметрический контроль
ДОА	- допустимая объемная активность
ДПР	- дочерние продукты распада
ДФИ	- датчик физической информации
ЕГАСКРО	- Единая государственная автоматизированная система контроля радиационной обстановки
ЖКИ	- жидкокристаллический индикатор
ИДК	- индивидуальный дозиметрический контроль
ИИ	- ионизирующее излучение
ИИИ	- источник ионизирующего излучения
ИИС	- измерительно-информационная система
ИРГ	- инертные радиоактивные газы
ИРК	- индивидуальный радиационный контроль
ИС	- информационная система
ИФК	- индивидуальный фотоконтроль
К	- керма
КГО	- контроль герметичности оболочек ТВЭЛ
КРО	- контроль радиационной обстановки
КТС КРБ	- комплекс технических средств контроля радиационной безопасности
КУ	- контрольный уровень
ЛИАЦ	- локальный информационно-аналитический центр
ЛПЭ	- линейная передача энергии
МБТ	- мягкая биологическая ткань
МВИ	- методика выполнения измерений
МДА	- минимальная детектируемая активность
МЗА	- минимально-значимая активность
МКРЕ	- Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям
МКРЗ	- Международная комиссия по радиологической защите
МУ	- методические указания
НД	- нормативная документация
НРБ	- Нормы радиационной безопасности
НРО	- нормальная РО
ОА	- объемная активность (ОАР – радона, ОАТ- торона)
ОИТ	- оборудование, изделия и технологии
ОС	- операционная система
ОСПОРБ	- Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности
ОЧГ	- особо чистый германий
ОЯТ	- отработанное ядерное топливо
ПД	- предел дозы
ПДВ	- предельно-допустимые выбросы
ПДС	- предельно-допустимые сбросы
ПДУ	- предельно-допустимый уровень
ПЗ	- передне-задняя (геометрия)

ПО - программное обеспечение
ППД - полупроводниковый детектор
ПРК - посты радиационного контроля
ПЭВМ - персональная электронная вычислительная машина
РБ - радиационная безопасность
РГАВ - радиоактивные газоаэрозольные выбросы
РК - радиационный контроль
РМО - рабочее место оператора
РО - радиационная обстановка
РОО - радиационно-опасный объект
РСЧС - Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций
РФЛД - радиофотолюминесцентный детектор или дозиметр
РХЗ - радиохимический завод
СИ - средство измерения
СИЧ - счетчики (спектрометры) излучения человека
СРБ - служба радиационной безопасности организации
СУБД - система управления базами данных
СЦР - самопроизвольная цепная реакция
ТВС - тепловыделяющие сборки
ТЛД - термолюминесцентный детектор или дозиметр
ТП - территориальная подсистема
ТС - технические средства
ТТД - твердотельные трековые детекторы
ТУ - технические условия
УА - удельная активность
УД - устройство детектирования
УИ - устройства измерения
УЗС - устройство звуковой сигнализации
УСС - устройство световой сигнализации
ФЭУ - фотоэлектонный умножитель
ЭВМ - электронная вычислительная машина
ЭРОА - эквивалентная равновесная объемная активность
ЯТЦ - ядерный топливный цикл
ЯЭУ - ядерно-энергетические установки
$У_{вк}$ - уровень введения индивидуального дозиметрического контроля
$У_{д}$ - уровень действия
$У_{и}$ - уровень исследования
$У_{р}$ - уровень регистрации
Ф - флюенс частиц
D - поглощенная доза
$D_{T\,R}$ - поглощенная доза в органе или ткани Т излучения R
E - эффективная доза
E_R - энергия частиц (фотонов) вида R
F - коэффициент перехода от операционных к нормируемым величинам при индивидуальном дозиметрическом контроле
H - эквивалент дозы
H*(d) - амбиентный эквивалент дозы (амбиентная доза) внешнего облучения
$H_p(d)$ - индивидуальный эквивалент дозы внешнего облучения
H_T - эквивалентная доза внешнего облучения в органе или ткани Т
k(L) - коэффициент качества излучения
L - линейная передача энергии
R - индекс вида излучения
W_R - взвешивающий коэффициент для излучения R
W_T - взвешивающий коэффициент для органа или ткани Т
X - экспозиционная доза
ε - переданная веществу энергия излучения
φ - плотность потока частиц
δ - относительная погрешность средства измерения
Δ - абсолютная погрешность средства измерения

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 6
Глава 1. Анализ современных нормативно-методических документов по обеспечению радиационной безопасности . 7
1 1 Комплект документов по обеспечению радиационной безопасности, разработанных в связи с введением в действие НРБ-99 и ОСПОРБ-99 . 7
1 2 Методические рекомендации по проектированию территориальных подсистем ЕГАСКРО . 11
Глава 2 Анализ современных методов и аппаратуры, используемых для радиационного контроля . 12
2 1 Дозиметрическая аппаратура . 14
2.1 1 Методы дозиметрического контроля внешнего облучения . 14
2.1 2 Дозиметрические приборы, системы и комплексы на их основе . 22
2 2 Радиометры . 52
2 2 1 Радиометры объемной активности аэрозолей . 53
2 2 2. Радиометры объемной активности альфа-активных газов . 56
2 2 3 Радиометры объемной активности бета-активных газов . 60
2 2 4 Радиометры объемной активности жидкости и удельной (объемной) активности проб объектов окружающей среды . 62
2 2 5 Радиометры поверхностной активности радионуклидов 67
2 3 Спектрометрическая аппаратура . 69
2 4 Счетчики излучения человека . 89
2 5 Системы радиационного контроля . 92
2 5 1 Автоматизированные информационно-измерительные системы 96
2 5 2 Автоматизированные малоканальные установки и системы 109
2 5 3 АСКРО объектов . 112
2 5 4 Индикаторы радиационного фона . 114
2 5 5 Программное обеспечение автоматизированных систем радиационного контроля . 114
Глава 3 Возможные пути и механизмы обеспечения предприятий отрасли современной аппаратурой радиационного контроля . 116
Выводы . 122
Заключение . 124
Список литературы . 124
Приложение Перечень действующих стандартов МЭК, подготовленных Техническим комитетом 45 «Ядерное приборостроение» . 132
Подготавливаемые стандарты ТК 45МЭК Подкомитет 45А «Реакторная аппаратура» . 139
Подготавливаемые стандарты ТК 45 МЭК. Подкомитет 45В «Аппаратура радиационной безопасности» . 140

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие Рекомендации подготовлены по итогам выполнения научно-исследовательской работы «Рекомендации по приборному обеспечению дозиметрического и радиометрического контроля в соответствии с НРБ-99 и ОСПОРБ-99» (шифр «Методика-2»), которая проводилась в соответствии с Техническим заданием, выданным Департаментом безопасности и чрезвычайных ситуаций (ДБЧС) Минатома России и утвержденным Руководителем ДБЧС А.М. Агаповым (работа закончена в 1кв. 2002 г). Заказчик работы - ДБЧС Минатома России

НИР «Методика-2» явилась дальнейшим развитием научно-исследовательской работы «Рекомендации по приборному обеспечению дозиметрического и радиометрического контроля в соответствии с НРБ-96» (шифр «Методика») рег № У81933, выполненной коллективом авторов в НИЦ «СНИИП» в 1997 г.

В Рекомендациях проведен анализ НРБ-99, ОСПОРБ-99 и методических указаний, разработанных в последнее время для установления общих требований к системе дозиметрического контроля и контроля радиационной обстановки, направленных на обеспечение радиационной безопасности персонала предприятий отрасли, работающего с источниками ионизирующего излучения.

Проведенный анализ состояния аппаратуры радиационного контроля базировался на результатах последних разработок дозиметрической, радиометрической и спектрометрической аппаратуры, а также систем радиационного контроля, выполненных в ФГУП НИЦ «СНИИП», ГНЦ «ИБФ», РНЦ КИ, НИИТ, РНЦ ФЭИ, АЭХК, ВНИИЭФ, РИ им В Г Хлопина, НПП «Доза», ПО «Маяк», ЗАО «НИТОН», АО «ИНТРА», НПФ АП «ЛЮМЭКС», других предприятиях и серийных заводах РФ, а также Украины, Беларуси, Финляндии и ряда других стран, так и на оценке промышленной аппаратуры, которая используется в настоящее время в практике служб радиационной безопасности предприятий Министерства.

В Рекомендациях приведены сравнительные характеристики технических средств радиационного контроля по различным видам измерений ионизирующих излучений, позволяющие выбрать и оценить возможности использования аппаратуры в производственных условиях.

Главы 1 и 2 в Рекомендациях публикуются в сокращенном варианте.

Глава 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Введение в действие Закона РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», Федеральных Законов «О радиационной безопасности населения» и «Об использовании атомной энергии», Норм радиационной безопасности - НРБ-99 и Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности - ОСПОРБ-99 потребовало приведения в соответствие с этими документами нормативно-технической документации, регламентов дозиметрического контроля, объема и качества радиационного контроля на предприятиях, находящихся в ведении Минатома России или подотчетных ему организациях Федерального Управления медико-биологических и экстремальных проблем, осуществляющих государственный надзор и регулирование в области обеспечения радиационной безопасности при использовании атомной энергии, а также приборного обеспечения [1-40].

1.1. Комплект документов по обеспечению радиационной безопасности, разработанных в связи с введением в действие НРБ-99 и ОСПОРБ-99

В связи с введением в действие НРБ-96/99 Министерство РФ по атомной энергии разработало Программу по введению в действие новых норм радиационной безопасности на предприятиях отрасли. Ответственным за выполнение Программы является Департамент безопасности и чрезвычайных ситуаций Министерства (как уже отмечалось, сейчас Департамент безопасности, экологии и чрезвычайных ситуаций - ДБЭЧС)

Цель Программы - разработка необходимых мероприятий, направленных на совершенствование нормативного, методического и приборного обеспечения радиационного контроля, осуществление организационных и технических мероприятий, обеспечивающих уменьшение дозы ионизирующего излучения от внешнего и внутреннего облучения персонала

Программа предусматривала выпуск и введение в действие новой редакции Норм радиационной безопасности - НРБ-99, завершение разработки и введение в действие Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности - ОСПОРБ-99 В настоящее время она предусматривает завершение разработки отраслевой нормативно-технической документации первого уровня, разработку отраслевой нормативной документации второго уровня, разработку отдельных технических средств радиационного контроля и индивидуальной защиты, выполнение мероприятий по обеспечению качества радиационной безопасности, а также выполнение различных организационно-технических мероприятий

Раздел Программы «Разработка отраслевой нормативно-методической документации первого уровня» предусматривает разработку общих требований к организации системы обеспечения радиационной безопасности на предприятиях Минатома России, Санитарных правил проектирования и эксплуатации предприятий и установок Минатома России, Методических указаний (МУ) по радиационному контролю на предприятиях Минатома России

К *Методическим указаниям первого уровня относятся (рис.1, рис 2)*·

- МУ по определению индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организации контроля профессионального облучения в контролируемых условиях обращения с источниками излучения Общие требования (МУ 2 6.1 016-2000),
- МУ по дозиметрическому контролю (ДК) внешнего профессионального облучения. Общие требования (МУ 2 6 1 25-2000);
- МУ по дозиметрическому контролю профессионального внутреннего облучения. Общие требования (МУ 2 6 1 26-2000);
- МУ по контролю радиационной обстановки (КРО). Общие требования (МУ 2.6.1 14-2001).

Раздел Программы «Разработка отраслевой нормативной документации второго уровня» *предусматривает разработку*

- МУ по контролю годовых эффективных доз внутреннего и внешнего облучения персо-

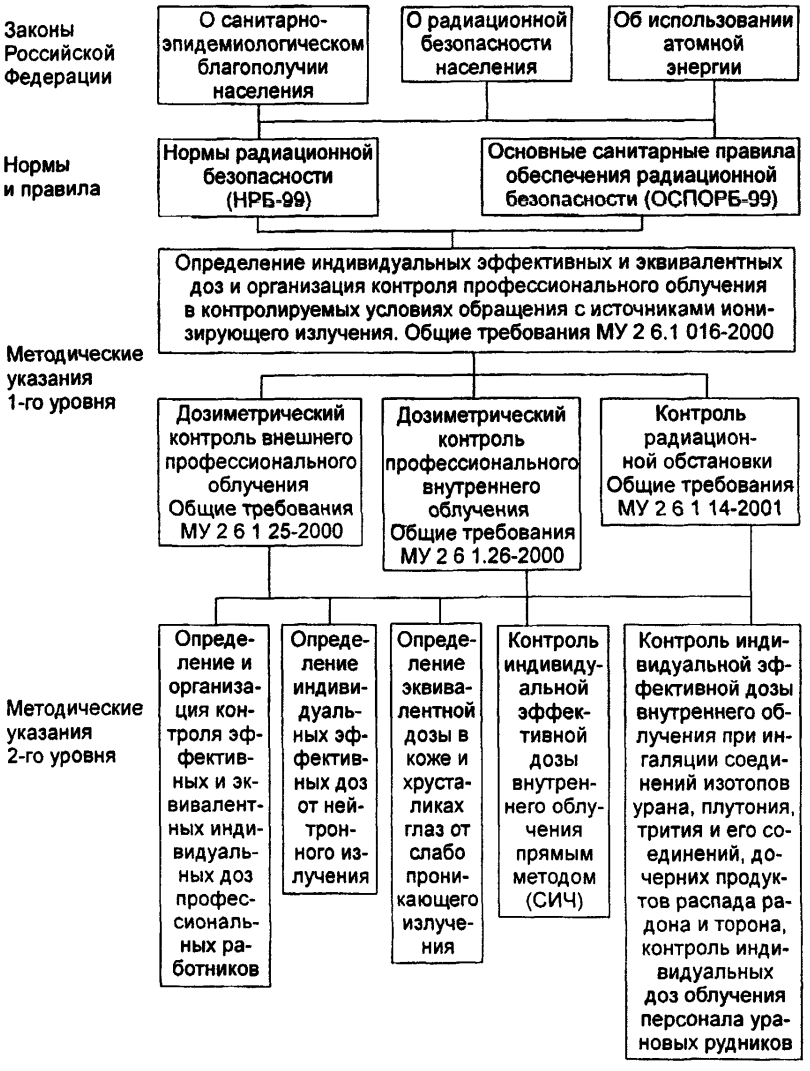


Рисунок 1. *Система законодательного и научно-методического обеспечения радиационной безопасности в России*

нала в различных полях гамма-нейтронного излучения и при ингаляции радиоактивных веществ;

- МУ по контролю эквивалентных доз облучения персонала;
- МУ по учету индивидуальных доз и планированию облучения персонала;
- МУ по контролю радиационной обстановки на предприятии.

Раздел Программы «Разработка технических средств контроля и индивидуальной защиты» предусматривает создание опытных образцов индивидуальных дозиметров нейтронного излучения и дозиметров облучения кожи, индивидуального пробоотборника радиоактивных аэрозолей, импактора для определения дисперсного состава радиоактивных аэрозо-



Рисунок 2. *Методы и технические средства дозиметрического контроля*

лей, а также создание опытных образцов ряда средств индивидуальной защиты.

Раздел Программы «Определение качества радиационной безопасности» предусматривает разработку системы обеспечения единства измерений при проведении радиационного контроля на предприятиях отрасли, выполнение мероприятий по повышению квалификации персонала, экспертизу материалов МАГАТЭ по введению в действие Стандартов безопасности 1996 г., экспертизу научно-технической продукции предприятий, планов организационно-технических мероприятий, обследование предприятий, организацию и проведение ежегодных отраслевых совещаний, научно-технических конференций, издание справочников и сборников.

Раздел Программы «Организационно-технические мероприятия» предусматривает проведение работ по приведению в соответствие с требованиями НРБ-99 и ОСПОРБ-99, правил, инструкций и другой нормативно-технической документации, обучение персонала основным положениям и требованиям НРБ-99 и ОСПОРБ-99, анализ облучаемости персонала, планирование и проведение организационно-технических мероприятий, необходимых для перехода на НРБ-99, а также модернизацию аппаратуры контроля радиационной безопасности в соответствии с требованиями НРБ-99.

В настоящее время в соответствии с отраслевой Программой «Введение в действие Норм радиационной безопасности - НРБ-96 на предприятиях Министерства Российской Федерации по атомной энергии» завершен этап разработки отраслевой нормативно-методической документации первого уровня.

К этим документам относятся:

- **Методические указания «Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в контролируемых условиях обращения с источниками излучения. Общие требования.»**, в которых предложена система дозиметрического контроля (ДК) облучения персонала, базирующаяся на использовании отечественного опыта, а также на рекомендациях МКРЗ и руководствах МАГАТЭ по общим принципам радиационного контроля и оценке доз облучения профессиональных работников [15];

- **Методические указания «Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения. Общие требования.»**, в которых рассмотрены условия дозиметрического контроля не только в контролируемых условиях обращения с источником ионизирующего излучения, но и дозиметрический контроль в условиях аварийного облучения, в том числе на АЭС [16,17];

- **Методические указания «Дозиметрический контроль профессионального внутреннего облучения. Общие требования.»**, в которых рассмотрены четыре вида контроля: информационный контроль, текущий контроль, оперативный контроль, специальный (аварийный) контроль [18];

- **Методические указания «Контроль радиационной обстановки. Общие требования.»**, в которых устанавлены требования к организации и проведению радиационного контроля в рабочих помещениях и на контролируемой территории предприятий в нормальных условиях и при радиационных авариях [19].

Указанные выше документы выпущены отдельной книгой [33].

На разных стадиях подготовки выпуска находятся следующие документы:

- **Методические указания «Контроль индивидуальной эффективной дозы в неоднородных полях фотонного излучения»**, которые устанавливают требования к организации и проведению контроля доз внешнего облучения профессиональных работников в неоднородных полях фотонного излучения, требования к средствам моделирования условий облучения (фантому тела человека и методологии оценки параметров радиационного поля), а также требования к методам интерпретации показаний индивидуальных дозиметров в значениях годовой эффективной дозы в неоднородных полях фотонного излучения [20];

- **Методические указания «Определение индивидуальных эффективных доз нейтронного излучения»**, которые распространяются на методы, методики и порядок определения индивидуальных эффективных доз профессионального облучения персонала при

работах с источниками нейтронного излучения в нормальных условиях их эксплуатации [21];

- **Методические указания «Обеспечение единства измерений при проведении индивидуального радиационного контроля на предприятиях Минатома России»**, разработка которых обусловлена необходимостью обеспечения требуемой точности и достоверности определения индивидуальных доз облучения в условиях применения одноразового измерителя дозы фотонов и флюенса нейтронов с ограниченным количеством детекторов, что характерно для индивидуального дозиметрического контроля [22];

- **Методические указания «Ведение автоматизированного учета индивидуальных доз облучения персонала»**, разработка которых обусловлена достаточно широким использованием автоматизированного учета в системе ИДК и превращением применявшихся ранее бумажных архивов в копию электронного архива [23-24].

1.2. Методические рекомендации по проектированию территориальных подсистем ЕГАСКРО

Основной целью данного документа является обеспечение организационно-технической и информационной совместимости локального, территориального и федерального уровней при создании территориальных подсистем (ТП) ЕГАСКРО в субъектах Российской Федерации [25].

Конкретные цели и задачи контроля радиационной обстановки зависят от сложившейся обстановки в зоне осуществления контроля.

В условиях, когда параметры радиационной обстановки слабо изменяются в пределах нормативных уровней, контроль проводится в целях:

- надзора за соблюдением норм, правил и квот при осуществлении деятельности с использованием источников ионизирующего излучения;
- как можно более раннего выявления признаков аварийной ситуации на потенциально радиационно-опасных объектах для изменения режима функционирования ЕГАСКРО в целом или ее подсистем;
- содействия соблюдению норм и правил радиационной безопасности путем формирования психологической атмосферы постоянного контроля у лиц, склонных пренебрегать нормами и правилами или скрывать нарушения (даже если они произошли по независящим от них причинам);
- оценки негативных медико-демографических последствий радиационного воздействия для конкретного контингента населения;
- определения исходной радиационной обстановки в условиях ее возможного ухудшения.

При относительно быстром изменении радиационной обстановки контроль проводится в целях:

- как можно более раннего выявления причин происходящих изменений и степени их опасности;
- прогноза дальнейших изменений и возможных последствий для отдельных лиц и/или определенного контингента населения;
- определения необходимых мер по обеспечению радиационной безопасности и мер защиты в соответствии с разделом 6 НРБ-99;
- обоснования мер по оказанию медицинской и социальной помощи.

После проведения мероприятий по улучшению радиационной обстановки контроль проводится в целях:

- определения эффективности реабилитационных мероприятий;
- прогноза негативных медико-демографических последствий и обоснования реабилитационных мероприятий;
- выявления зависимости медико-демографических последствий от радиационного воздействия.

В соответствии с целями контроля радиационной обстановки, перечисленными выше предусмотрено три режима функционирования ЕГАСКРО:

- режим повседневной деятельности - при нормальной радиационной обстановке;
- режим повышенной готовности - при ухудшении радиационной обстановки и/или получении прогноза о возможном возникновении радиационной аварии;
- аварийный режим - при возникновении радиационных аварий или аварийных ситуаций на контролируемых объектах и во время ликвидации последствий чрезвычайной ситуации.

В зависимости от причин и масштабов изменения радиационной обстановки, соответствующий режим может вводиться для ЕГАСКРО в целом или для отдельных ее подсистем. Критерии смены режима зависят от уровня в иерархии ЕГАСКРО. Например, на локальном уровне может быть установлен режим повышенной готовности, в то время как ТП ЕГАСКРО в целом будет функционировать в режиме повседневной деятельности.

Должны осуществляться три разновидности контроля радиационной обстановки, которые различаются объектами контроля и его задачами:

- контроль источников радиоактивного загрязнения (т.е. предприятий, которые осуществляют деятельность с использованием источников ионизирующих излучений или в результате своей деятельности увеличивают радиационный фон над естественным фоном), включая контроль сбросов и выбросов радиоактивности в окружающую среду, контроль уровней загрязнения и облучения в зонах их влияния;
- мониторинг радиоактивного загрязнения природной среды (атмосферного воздуха, почв, поверхностных и подземных вод суши, морских вод, особенно в местах захоронения радиоактивных продуктов, объектов флоры и фауны), как среды, которая отделяет человека от источников радиационной опасности и через которую распространяются излучения и радиоактивные вещества, а также среды, живые объекты которой могут подвергаться неблагоприятному радиационному воздействию;
- радиационный контроль человека, среды его обитания и предметов потребления (включая их производство и используемое сырье), контроль уровней и доз облучения.

ЕГАСКРО создается как общегосударственная система, предназначенная для осуществления непрерывного контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации и информационной поддержки деятельности органов государственной власти и управления всех уровней по обеспечению радиационной безопасности на территории Российской Федерации. ЕГАСКРО - это измерительно-информационная система, которая должна стать одним из компонентов единой системы государственного управления в области обеспечения радиационной безопасности.

Глава 2. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И АППАРАТУРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

Анализ нормативов и правил, которые содержатся в НРБ-99 и ОСПОРБ-99, а также Методических указаний и рекомендаций, разработанных в связи с введением в действие этих документов, показал на необходимость проведения комплекса работ, направленных на модернизацию существующих и создание новых технических средств дозиметрического, радиометрического контроля и систем КРО, а также на создание новой элементной базы, нормативно-технической документации, совершенствование метрологического обеспечения и положений ряда стандартов. Он был обсужден и одобрен на совместном заседании НТС №5 Министерства «Человек и экология в ядерном топливном цикле. Проблемы ядерной и радиационной безопасности» (председатель НТС - академик Л А.Ильин) и секции №4 НТС-8 (председатель секции - С.Б.Чебышов) 28.10.1999 г. по вопросу «Методическое и аппаратурное обеспечение государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения персонала и населения».

Комплекс работ состоит из четырех направлений:

1. Работы по созданию средств ИДК внешнего и внутреннего облучения:

• модернизация ТЛД системы типа АКИДК-201 с целью обеспечения измерения индивидуальной дозы в полях фотонного и бета-излучения;

• создание ТЛД системы типа АКИДК-301 с целью обеспечения измерения индивидуальной дозы в полях гамма- и нейтронного излучения;

• модернизация комплекта индивидуальных дозиметров КИД-08 для измерения индивидуальной дозы в полях фотонного и бета-излучения;

• создание оперативного дозиметра для измерения мощности дозы и дозы нейтронного излучения (ДКБН-01);

• создание интегрального нейтронного дозиметра нового поколения на основе полупроводниковых структур;

• разработка методических, технических требований и дозиметра для определения эквивалентных (поглощенных) доз фотонного- и бета-излучения в коже и хрусталиках глаз (МКДТ) и нейтронного излучения для хрусталиков глаз;

• разработка методических, технических требований и портативного электронного прямопоказывающего дозиметра-радиометра для измерения мощности дозы и дозы фотонного и бета-излучений в области расположения хрусталика глаза;

• создание нового поколения портативных электронных прямопоказывающих дозиметров для измерения мощности дозы и дозы фотонного излучения, в том числе для населения;

• создание автоматизированной дозиметрической системы на основе портативных электронных прямопоказывающих дозиметров фотонного излучения нового поколения;

• создание счетчиков излучения (СИЧ) 1-4 типа нового поколения.

2. Работы по созданию приборов и систем КРО:

• создание приборов и систем КРО нового поколения, блоков детектирования для измерения мощности дозы фотонного излучения, плотности потока быстрых, промежуточных и тепловых нейтронов и удельной объемной активности аэрозолей, газов, паров и жидкости по фотонному, бета- и альфа-излучению;

• создание автоматизированной системы радиационного контроля нового поколения КТС КРО «Орешник-Т»;

• *создание набора многофункциональных портативных и носимых дозиметров-радиометров* нового поколения.

3. Работы по созданию новой элементной базы и метрологическому обеспечению:

• создание специальных лент, фильтров, индивидуального пробоотборника радиоактивных аэрозолей и импактора для определения дисперсного состава радиоактивных аэрозолей (ИПА-1);

• создание новых устройств пробоотбора и пробоподготовки;

• разработка измерительной модели и метрологического обеспечения дозиметра для определения доз хрусталиков глаз, включая нейтронное излучение;

• совершенствование эталонной базы в области дозиметрии низкоэнергетического фотонного излучения.

4. Работы по созданию нормативно-технической документации:

• разработка медицинских и технических требований к системе определения эффективной дозы в свете НРБ-99 с помощью комплекта индивидуальных дозиметров при внешнем облучении персонала на производствах.

В последующих разделах данной главы в основном рассмотрена отечественная, выпускаемая промышленностью, аппаратура или аппаратура, которая находится на стадии завершения разработки, проведения государственных испытаний или освоения выпуска.

Примечание. Перечень аппаратуры, приведенный в настоящих Рекомендациях, не является полным. Он периодически обновлялся в процессе их подготовки к публикации (см.

п.п. 5, 8 Выводов). Наименования основных фирм-разработчиков или производителей аппаратуры указаны в работе [38], а также в каталогах, рекламах и публикациях [39,40]. Для успешного использования аппаратуры необходимо иметь методики выполнения измерений и расчетов.

Поскольку применяемые для радиационного контроля технические средства являются средствами измерения, они должны иметь сертификат Госстандарта России об утверждении типа средств измерений. Данный сертификат удостоверяет, что на основании положительных результатов испытаний прибор утвержден как тип, который зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений и допущен к применению в Российской Федерации.

В соответствии с Приказом Минздрава РФ от 15 августа 2001 г. №325 (Минюст РФ рег. № 2978 от 19.10.2001 г.) «О санитарно-эпидемиологической экспертизе продукции» к техническим средствам, подлежащим санитарно-эпидемиологической экспертизе, относится продукция машиностроения и приборостроения производственного, медицинского и бытового назначения (Приложение 2 п.7), продукция, изделия, являющиеся источником ионизирующего излучения, в том числе генерирующего, а также изделия и товары, содержащие радиоактивные вещества (Приложение 2 п.11). Поэтому прибор должен также иметь Санитарно-эпидемиологическое (Гигиеническое) заключение, выданное органами Минздрава Российской Федерации, удостоверяющее, что производство, применение (использование) и реализация продукции, т.е. прибора, соответствует государственным санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам (НРБ-99 и ОСПОРБ-99).

В настоящее время Минатомом, Госстандартом и Госатомнадзором России вводится в действие Система сертификации Оборудования, Изделий и Технологий для ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения (ОИТ). Поэтому технические средства радиационного контроля должны будут проходить и эту сертификацию (Приказы Министра Минатома России №764 от 23.11.1998 г., № 484 от 22.07.1999 г. и № 233/28/152 от 24.04.2000г.)

В связи с этим в последующих таблицах введена графа «Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ».

Одновременно следует отметить, что приказом Госстандарта России №476 от 26.11.2001г утверждены Изменения №1 к приказу Госстандарта России от 18.07.1994 г. №125 «Об утверждении «Порядка проведения поверки средств измерений», по которому в текст Порядка введены дополнения, проведены изменения и дана рекомендация формы свидетельства о поверке эталона или средства измерений.

2.1. Дозиметрическая аппаратура

2.1.1. Методы дозиметрического контроля внешнего облучения

В индивидуальной дозиметрии применяют различные ядерно-физические методы, детекторы ионизирующего излучения и технические средства (системы и приборы) на их основе.

Структура системы дозиметрического контроля персонала и основных технических средств, соответствующих рекомендациям Методических указаний, приведена на рис.3 [5-19]

Современная система контроля и учета индивидуальных доз облучения должна обеспечивать передачу дозиметрической информации в создаваемую Минздравом России Единую государственную систему контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации (ЕСКИД). ЕСКИД определяет виды индивидуальных доз облучения, подлежащих сбору, учету и контролю в рамках этой системы, регламентирует деятельность по сбору информации об индивидуальных дозах облучения граждан Российской Федерации, а также содержит порядок осуществления контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан.

ЕСКИД создается как самостоятельная часть подсистемы Минздрава России в рамках Единой Государственной Автоматизированной Системы Контроля Радиационной Обстановки (ЕГАСКРО). Контроль и учет индивидуальных доз облучения граждан является конечным

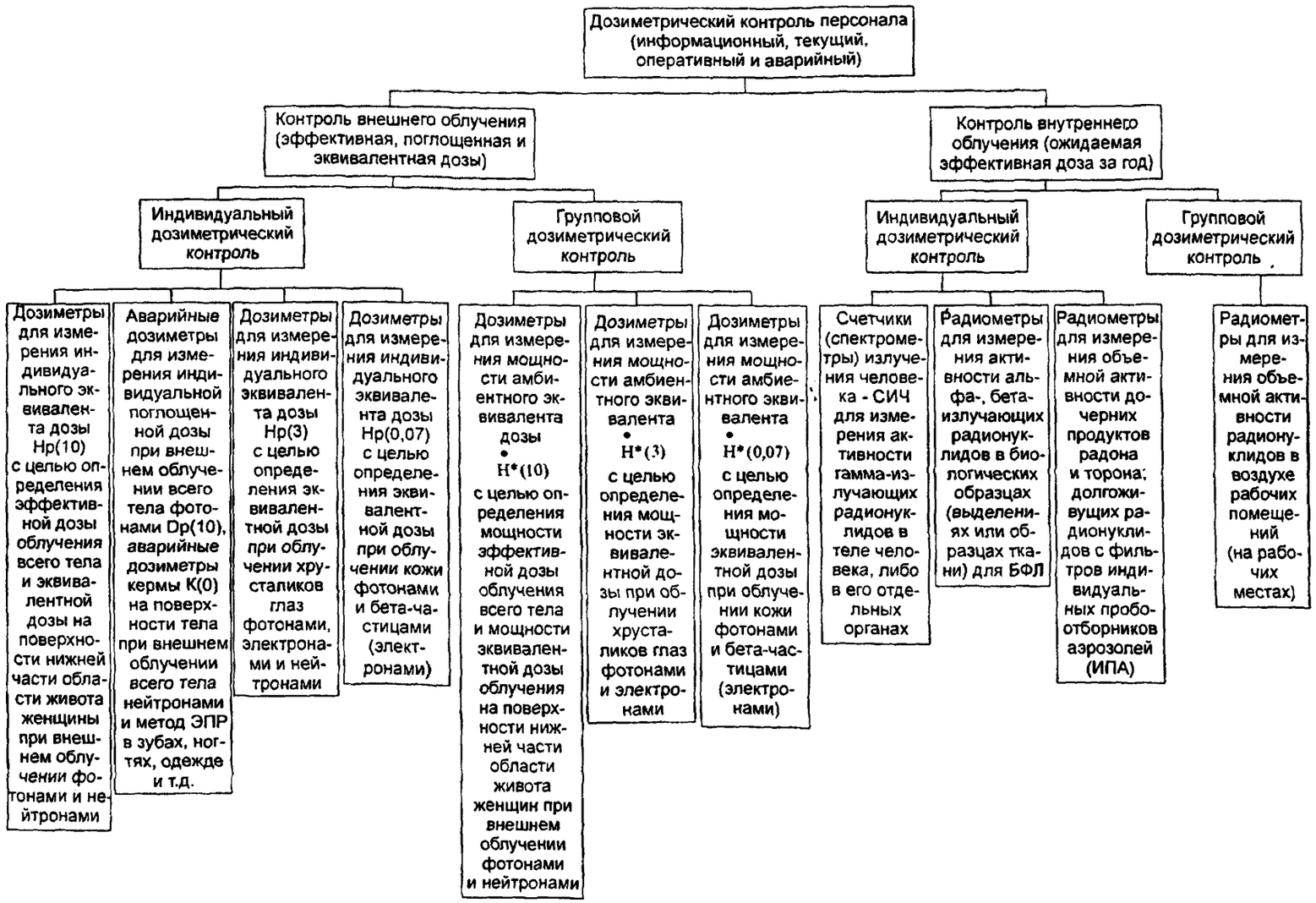


Рисунок 3. *Структура системы дозиметрического контроля персонала и основных технических средств*

звеном контроля радиационной обстановки, осуществляемым для информационной под держки и обоснования мероприятий органов исполнительной власти, направленных на обес печение радиационной безопасности населения. Введение в действие ЕСКИД является важным социальным и экономическим фактором. По оценкам специалистов в настоящее время цена риска α в среднем составляет около 4 $ / чел·мЗв, причем коллективная доза чел·Зв приводит к потере 1 чел/год. На АЭС она находится в пределах от 4 до 24 $ / чел·мЗв

В мировой и отечественной практике дозиметрии для определения степени облучения персонала и населения используется около 20 различных методов и соответствующих им технических средств.

Ионизационные камеры. В методах, основанных на использовании ионизационных ка мер, измеряют разряд конденсаторной ионизационной камеры, вызванный излучением, и по нему определяют дозу фотонного излучения. Энергетическая зависимость их чувстви тельности обычно не превышает ±15 % в диапазоне энергии фотонов 40 кэВ - 1,25 МэВ Однако они имеют существенную угловую зависимость чувствительности. К сопутствующе му нейтронному излучению без специально принятых мер они на порядок менее чувстви тельны. Эти дозиметры пригодны для решения многих задач индивидуальной дозиметри фотонного излучения.

Полупроводниковые дозиметры с применением p-n, p-i-n диодов и МОП-транзисто ров основаны на изменении их параметров вследствие воздействия ионизирующего излу чения. Диффузионные дрейфовые и поверхностно-барьерные кремниевые полупроводни ковые детекторы работают подобно ионизационной камере. МОП-транзисторы работаю как ионизационная камера с очень тонким чувствительным слоем. Для обеспечения изби рательной чувствительности к различным видам излучений применяют соответствующи конверторы. Диапазон измерения дозы с помощью таких дозиметров от 0,01 мЗв до 1,0 З по индивидуальной эквивалентной дозе и от 0,1 до 10^2 Гр по поглощенной дозе.

Фотопленочный метод с компенсирующими фильтрами для фотонного излучения «открытой» пленкой для бета-излучения основан на измерении почернения эмульсии, выз ванного облучением и зависящего от дозы. Проявленные пленки сравнивают с образцами облученными известными дозами. Нижний предел измерения составляет 0,1-0,2 мЗв, по этому они пригодны для текущего контроля. Аварийный контроль можно обеспечить, при меняя вторую низкочувствительную фотопленку. Метод может использоваться и для конт роля бета-излучения, но его чувствительность сильно зависит от энергии бета-частиц.

Термолюминесцентный метод основан на использовании активированных добавкам веществ, надолго запасающих энергию, переданную им излучением, и освобождающих е при нагревании в виде фотонов термолюминесценции. В современных модификациях это метод обладает очень широким диапазоном по дозам - от 10 мкЗв до 1,0 Зв по индивиду альной эквивалентной дозе и от 0,1 до 50 Гр по поглощенной дозе. Это позволяет использо вать его одновременно для текущего и аварийного контроля. В качестве люминофоров на шли применение:

- алюмофосфатные стекла, активированные марганцем;
- монокристаллы фторида лития, активированные магнием и титаном;
- монокристаллы фторида лития, активированные магнием, фосфором и медью;
- монокристаллы корунда;
- поликристаллы бората магния, активированные диспрозием.

Второй и третий материалы по порядку перечисления тканеэквивалентны, 1-й и 4-й тре буют применения компенсирующих фильтров. Наиболее чувствительны 3-й, 4-й и 5-й; 2- материал чувствителен к медленным нейтронам, и для разделения показаний от фотонног и нейтронного излучений используют два разных детектора, либо обеспечивают поглоще ние нейтронов фильтрами, либо разделяют излучения по пикам термолюминесценции.

Наряду с термолюминесцентным методом используют радиофотолюминесцентный ме тод. **Радиофотолюминесцентный метод** заключается в образовании в люминофоре по действием ИИИ стабильных центров люминесценции. При дополнительном возбуждени люминофора ультрафиолетовым светом возникает люминесценция, которая служит мерс

поглощенной энергии. В выпускаемых моделях метод обеспечивает диапазон измерений от 0,25 до 5000 мЗв от 0,1 до 5 Гр, соответственно. В новых моделях нижний предел измерения будет уменьшен до 0;1 мЗв. Дозиметры не чувствительны к нейтронам. Особенностью РФЛД является то, что информация о зарегистрированной дозе не утрачивается в процессе считывания. Отжиг РФЛД можно проводить по мере необходимости. РФЛД могут быть использованы для текущего, оперативного и аварийного контроля.

Электронные прямопоказывающие дозиметры основаны на применении дискретных детекторов: газоразрядных счетчиков, полупроводниковых или сцинтилляционных детекторов. Эти дозиметры обеспечивают обработку информации с детекторов и представление результатов измерения дозы и/или мощности дозы на прямопоказывающие цифровое, аналоговое или цифро-аналоговое табло в реальном времени. Диапазон измерения фотонного и бета-излучения таких дозиметров - от 1 мкЗв до 1,0 Зв для приборов текущего и оперативного контроля и от 0,1 мГр до 10 Гр для приборов аварийного контроля. Дозиметры обеспечивают измерение не только интегральной дозы и мощности дозы, но и сигнализацию о превышении заданных значений дозы и мощности дозы. В дозиметрах со сцинтилляционными детекторами применяют малогабаритные сцинтилляторы с малогабаритными ФЭУ или фотодиодами. Такие дозиметры имеют высокую чувствительность и избирательность, позволяют достигнуть малой анизотропии чувствительности. Дополнительным преимуществом приборов со сцинтилляционными и спектрометрическими полупроводниковыми детекторами является возможность измерения спектра излучения. Электронные прямопоказывающие дозиметры удобны при обеспечении оперативного и аварийного контроля. Автономный источник питания, обеспечивающий непрерывную работу прибора, должен обеспечивать его работу в течение не менее 8 ч.

На основе применения термолюминесцентных, прямопоказывающих электронных и полупроводниковых дозиметров разработаны и используются **автоматизированные системы ИДК**.

При контроле работ, где возможно аварийное облучение, и работ, связанных с планируемым повышенным облучением и с облучением, не равномерным по телу, необходимо использовать дополнительные дозиметры, расположенные на участках тела, которые могут быть подвергнуты повышенному облучению.

При аварийном контроле облучения кожи применяют многослойные дозиметры, например, многослойные термолюминесцентные дозиметры, обеспечивающие измерение глубинного распределения доз в коже до глубин около 500 мг/см^2.

При аварийном облучении наряду с применением индивидуальных дозиметров аварийного контроля могут быть привлечены специализированные лаборатории, использующие **методы ретроспективной дозиметрии**. К ним относятся методы, основанные на подсчете частоты появления хромосомных аберраций в лимфоцитах периферической крови или подсчете концентрации клеток в пункции костного мозга.

При наличии зубов, удаленных по медицинским показаниям у пострадавших при аварии, по сигналу ЭПР образцов эмалей зуба может быть определена эквивалентная доза фотонного излучения в месте, где он находился. По сигналу ЭПР образцов ногтей может быть определена поглощенная доза бета-фотонного излучения в месте отбора пробы, а по образцам волос с различных участков кожи, образцам тканей одежды пострадавшего и сопутствующих предметов может быть определено распределение поглощенной дозы фотонного излучения по поверхности тела пострадавшего.

В индивидуальной дозиметрии нейтронов в основном применяются ядерные фотоэмульсии, термолюминесцентные альбедные дозиметры, твердотельные трековые детекторы, пузырьковые детекторы и электронные прямопоказывающие дозиметры.

Ядерные фотоэмульсии используются в индивидуальной дозиметрии быстрых нейтронов. Нейтроны взаимодействуют с ядрами водорода в эмульсии и окружающих материалах, образуя протоны отдачи. При прохождении протонов через эмульсию образуется скрытое изображение треков, выявляемое путем химического проявления.

Для счета треков в эмульсии необходимо использовать микроскоп с увеличением около

1000х. Счет треков может быть облегчен при совмещении микроскопа с телевизионной камерой и монитором. Погрешность измерения дозы зависит от опыта лаборанта.

Энергетический порог регистрации быстрых нейтронов ядерными фотоэмульсиями составляет около 0,5 МэВ. Тепловые и промежуточные нейтроны могут регистрироваться по реакции $^{14}N(n,p)^{14}C$ с ядрами азота фотоэмульсии, однако треки протонов от этой реакции очень малы, что приводит к большой погрешности измерения. Треки протонов отдачи по реакции тепловых нейтронов с азотом имеют энергию 0,62 МэВ и поэтому могут регистрироваться, что позволяет использовать ядерные фотоэмульсии в качестве альбедных индивидуальных дозиметров нейтронов.

Серьезной проблемой при использовании ядерных фотоэмульсий является их чувствительность к фотонам, что приводит к почернению эмульсии после проявления и к усложнению задачи выявления и счета треков. Наибольшие проблемы имеют место на высокоэнергетических ускорителях, где из-за высокой чувствительности к тяжелым заряженным частицам (протоны, пионы, мюоны) ядерные фотоэмульсии могут значительно завышать дозу нейтронов.

Термолюминесцентные альбедные индивидуальные дозиметры нейтронов основаны на использовании замедляющих свойств человеческого тела. Детектор тепловых нейтронов, помещенный на поверхности тела, в принципе, может служить альбедо-дозиметром. В альбедо-дозиметрах обычно применяют термолюминесцентные детекторы ^{6}LiF в борных или кадмиевых фильтрах для разделения падающих на тело и альбедных тепловых нейтронов. Вследствие чувствительности детекторов ^{6}LiF к фотонам доза нейтронов определяется по разности показаний ТЛД ^{6}LiF и ^{7}LiF.

Разработанные до настоящего времени альбедо-дозиметры имеют высокую и приблизительно постоянную чувствительность к нейтронам в диапазоне энергий от тепловой до 10 кэВ. Чувствительность, однако, резко падает при энергиях выше 10 кэВ. Диапазон дозовой чувствительности в полях рассеянного излучения составляет около 20.

Широкому внедрению этих дозиметров за рубежом способствовала разработка методики калибровки альбедных дозиметров на местах работы персонала, что позволило значительно снизить погрешность измерения дозы нейтронов, обусловленную «ходом с жесткостью».

Твердотельные трековые детекторы основаны на том, что сильно ионизирующие частицы, такие, как осколки деления, α-частицы и протоны создают структурные повреждения в различных материалах, например, в минералах, стеклах и пластиках. Путем химического травления поверхности детектора специально подобранными реагентами зона повреждения вдоль трека частицы может быть удалена и трек увеличен до размеров, видимых в оптический микроскоп. Применение электрохимического травления позволяет добиться дополнительного многократного увеличения размеров трека, что значительно облегчает счет треков с помощью микроскопа с малым увеличением (>20х). В случае применения пленочных полимерных детекторов (полиэтилентерефталатных, поликарбонатных, нитратцеллюлозных) удобно применять электроискровой способ автоматического счета треков. Твердотельные трековые детекторы (ТТД) практически не чувствительны к гамма-излучению.

Размеры и форма проявленных треков зависят от типа, энергии и угла падения частицы, материала детектора и условий травления (концентрация и температура травящего раствора, время травления). Эти параметры оптимизируются для каждого материала и условий применения.

В индивидуальной дозиметрии нейтронов в настоящее время используются три основных типа детекторов на основе ТТД: детекторы осколков деления, детекторы альфа-частиц и детекторы ядер отдачи.

В детекторах осколков деления при облучении нейтронами радиатор из делящегося материала испускает осколки деления, которые регистрируются с помощью ТТД. В зависимости от нуклида реакции деления либо имеют пороговый характер (0,6 МэВ для ^{237}Np, 1 МэВ для ^{232}Th, 1,5 МэВ для ^{238}U), либо очень большое сечение на тепловых нейтронах (^{235}U). Применение делящихся материалов в индивидуальных дозиметрах в настоящее время

ограничено или запрещено в некоторых странах из-за их радиоактивности. Однако, применяя особо чистые изотопы, например, уран-235 (99,9%), или нуклиды с низкой удельной активностью, например, торий-232, возможно создание дозиметров с активностью много меньше МЗА Детектор на основе урана-235 может использоваться в качестве альбедного

В детекторах альфа-частиц нейтроны взаимодействуют с ядрами ^{6}Li или ^{10}B во внешнем радиаторе Альфа-частицы, образованные в (n, α)-реакциях, имеют энергии около 2,5 МэВ и 1,5 МэВ, соответственно, для нейтронов с энергией менее нескольких сот кэВ. Сечения реакций очень велики на тепловых нейтронах и падают по закону 1/v с ростом энергии нейтронов. Большинство коммерчески доступных пластиковых ТТД могут регистрировать испускаемые α-частицы Эффективность регистрации зависит от типа ТТД и условий травления. Основное ограничение в применении этого метода - высокие собственный фон детектора и его вариация для альфа-чувствительных ТТД.

В детекторах ядер отдачи упругое рассеяние нейтронов на ядрах пластиковых ТТД (CR-39, Macrofol, LR-115) приводит к образованию ядер отдачи, таких, как протоны, ядра углерода, кислорода и азота Эти ядра отдачи образуют скрытые треки, проявляемые путем травления ТТД. Для увеличения треков используется химическое или электрохимическое травление, либо их комбинация. Различные типы пластиков имеют разные чувствительности к нейтронам, а также энергетические зависимости чувствительности. Наиболее перспективными являются ТТД типа CR-39, имеющие чувствительность 5-8 мрад/трек и порог регистрации нейтронов по энергии около 1 МэВ. Недостатки этих детекторов - большая угловая зависимость чувствительности и нестабильные характеристики, особенно трековый фон, зависящий от содержания радона в помещении.

Пузырьковые детекторы являются относительно новым типом прямопоказывающего дозиметра нейтронов. Эти детекторы представляют собой упругий полимер с внедренными в него каплями перегретой жидкости. Выделение небольшой энергии в перегретой жидкости при образовании нейтронами ядер отдачи приводит к появлению пузырьков пара, видимых невооруженным глазом Плотность пузырьков пропорциональна дозе нейтронов Этот детектор является полностью пассивным прибором, который может храниться долгое время перед использованием. Разработан также автоматический считыватель под управлением компьютера, который может обсчитывать большое количество детекторов.

Пузырьковый детектор имеет очень высокую чувствительность к нейтронам (до нескольких мкЗв) и нечувствителен к фотонам. Могут изготавливаться детекторы с различными энергетическими порогами от 100 кэВ до нескольких МэВ, так что набор пузырьковых детекторов может применяться для спектрометрии нейтронов Эти детекторы, однако, имеют большую зависимость от окружающей температуры. Кроме того, их диапазоны измерений по энергии нейтронов и дозе ограничены, поэтому для перекрытия необходимого в индивидуальной дозиметрии диапазона необходимо использовать одновременно несколько детекторов с различными характеристиками. Применение пузырьковых детекторов ограничено также из-за их высокой цены по сравнению с другими дозиметрами нейтронов.

Нейтронные электронные прямопоказывающие дозиметры обеспечивают обработку информации с детекторов и представление результатов измерения дозы и мощности дозы. В качестве детектора нейтронов в них применяются полупроводниковые поверхностно-барьерные детекторы с радиаторами из водородсодержащих материалов или содержащими Li или B. Регистрация быстрых нейтронов (свыше 0,5 МэВ) осуществляется по протонам отдачи, тепловых нейтронов - по продуктам реакции на Li или B. При оптимальном выборе толщины радиаторов и чувствительного слоя ППД нижняя граница измерения дозы нейтронов оценивается в 10 мкЗв и мощности дозы - 0,5 мЗв/ч. Серьезной проблемой применения дозиметров нейтронов с ППД является их чувствительность к фотонному излучению. Для устранения этого недостатка приходится усложнять дозиметр, вводя дополнительные детекторы для раздельной регистрации фотонов.

Сравнительные характеристики основных типов детекторов для индивидуального контроля нейтронного излучения представлены в табл.1. Ни один из доступных в настоящее время или разрабатываемых детекторов нейтронов не удовлетворяет всем основным тре-

бованиям, предъявляемым к индивидуальным дозиметрам нейтронов.

В настоящее время в отечественной практике индивидуального дозиметрического контроля нейтронного излучения используются следующие методы:

• Ядерные фотоэмульсии. Метод достаточно хорошо отработан в рабочих условиях, сравнительно прост в эксплуатации, легко внедряется и, несмотря на отмеченные недостатки, в течение 30 и более лет используется в качестве основного метода индивидуального контроля облучаемости персонала нейтронами в ИФВЭ (Протвино), ОИЯИ (Дубна), ИТЭФ (Москва) и др.

• Детекторы осколков деления. Дозиметр данного типа на основе особо чистого (99,9%) U-235 и комплекс АИСТ-ТРАЛ, разработанный НПО РИ (г. Санкт-Петербург), используется в течение ряда лет на комбинатах «Маяк», СХК, ГХК. Перспективы его широкого применения ограничены, однако, из-за наличия радиоактивных и высокотоксичных веществ в дозиметре.

• Альбедные дозиметры. В качестве примера можно привести альбедный дозиметр ОИЯИ на основе ТЛД LiF и считывателя Harshaw, успешно использующийся более 10 лет. В ИФВЭ недавно разработан и внедрен на некоторых АЭС концерна «Росэнергоатом» альбедный дозиметр на основе модернизированной кассеты RADOS и считывателя ALNOR.

Таблица 1. *Сравнительные характеристики некоторых индивидуальных дозиметров нейтронов.*

	Ядерная фото-эмуль-сия	Альбедный дозиметр	CR-39	Пузырьковый детектор	Электронные дозиметры с ППД	ТТД с деля-щимися мишенями
Чувствительность	+	+	+	+	±	±
Диапазон измерения дозы	±	+	±	–	+	±
Энергетическая зависимость	±	–	±	±	±	±
Угловая зависимость	±	±	–	±	±	±
Избирательность	--		+	+	--	+
Стабильность детекторов	–	+	–	–	+	±
Регрессия показаний	±	+	+	–	+	+
Стоимость детекторов	+	+	±	–	--	±
Стоимость обработки	–	+	–	±	+	±
Наличие токсичных и/или активных веществ	+	+	+	+	+	--

Перспективным индивидуальным дозиметром нейтронов является разработанный в ИФВЭ с учетом современных международных и отечественных рекомендаций альбедный дозиметр на основе ТЛД ^{6}LiF–^{7}LiF. Дозиметр имеет повышенную чувствительность к быстрым нейтронам за счет применения полиэтиленового замедлителя. Полная толщина тканеэквивалентного вещества над ТЛД составляет 1 г/см, что позволяет измерять индивидуальную эквивалентную дозу фотонов и заряженных частиц $H_p(10)$ с помощью ТЛД ^{7}LiF с высокой точностью без использования дополнительных детекторов. Данная разработка реализована в Автоматизированном Комплексе Индивидуального Дозиметрического Контроля АКИДК-301. Комплекс включает в себя нейтрон-фотонную кассету-дозиметр с ТЛД-картой и

модернизированный полуавтоматический считыватель.

В кассете предусмотрена возможность размещения дополнительного трекового детектора (ядерная фотоэмульсия, CR-39 и т.д), что позволяет реализовать в АКИДК-301 методику комбинированного альбедо-трекового дозиметра.

Другие методы дозиметрии нейтронов. При наличии нейтронного излучения может быть использована гамма-спектрометрия всего тела и радиометрия крови для определения по активации натрия флюенса тепловых нейтронов При наличии сведений о действовавших спектрах нейтронов по этому флюенсу могут быть определены тканевые дозы от всех нейтронов По активации серы в волосах, ногтях и одежде из шерсти может быть определен флюенс быстрых нейтронов и аналогично их доза в соответствующих точках на поверхности тела. Для оценки поля нейтронного излучения может быть использована активация окружающих предметов, попавших в поле излучения

В случаях, когда возможно моделировать условия аварии, необходимо использовать антропоморфные фантомы, снаряженные набором дозиметров, а, в случае нейтронного излучения, набором активационных детекторов Фантомы размещают в местах и в позах, которые были у пострадавших в момент аварии. По показаниям детекторов может быть определено распределение дозы гамма-нейтронного излучения по телу пострадавшего и спектры нейтронов. Может быть применено и компьютерное моделирование условий аварийного облучения.

При выборе средства измерения, используемого в ИДК внешнего облучения, следует руководствоваться следующими соображениями относительно диапазонов измерения

Диапазон измерения для индивидуального эквивалента дозы $H_P(10)$, который должен охватываться индивидуальным дозиметром текущего контроля, определяется НРБ-99, согласно которым предел эффективной дозы персонала группы А устанавливается 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год, а при планируемом повышенном облучении - до 200 мЗв. Поэтому верхнюю границу диапазона $H_P(10)$ следует установить не менее 500 мЗв. Нижняя граница диапазона должна быть на уровне 1/10 от предела дозы в год в среднем за любые последовательные 5 лет (20 мЗв), а в полях смешанного гамма-нейтронного излучения при раздельных измерениях (определении) компонентов - 1/20 от этого значения. Таким образом, при месячной периодичности контроля диапазон дозы $H_P(10)$ при текущем контроле должен быть от 0,2 (0,1) мЗв до 500 мЗв Нижний предел измерения 0,1 мЗв соответствует 1/10 от значения уровня регистрации или месячного значения годовой эффективной дозы

При текущем контроле облучения кожи, кистей и стоп НРБ-99 регламентирует только годовой уровень облучения. Поэтому нижняя граница диапазона определяется как 1/2 уровня регистрации годовой эквивалентной дозы облучения кожи, кистей и стоп (5 мЗв) и принимается равной 2 мЗв Диапазон измерений (определения) $H_P(0,07)$ при текущем контроле должен находиться в пределах от 2 мЗв до 5 Зв. Поскольку уровень регистрации годовой эквивалентной дозы облучения хрусталика глаза составляет 2 мЗв, диапазон определения $H_P(3)$ при текущем контроле должен находиться в пределах от 0,5 мЗв до 1500 мЗв

Оперативный контроль распространяется на одну рабочую операцию. Поэтому диапазон измерения (определения) $H_P(10)$ должен составлять от 0,2 мЗв до 200 мЗв Для $H_P(0,07)$ диапазон измерения при оперативном контроле, если существует подозрение о возможном облучении кожи, должен быть как и при текущем контроле - от 2,0 мЗв до 5 Зв. Для $H_P(3)$ он должен находиться в пределах от 0,5 мЗв до 1500 мЗв.

Необходимость проведения оперативного контроля определяется службой радиационной безопасности организации (СРБ) на основании данных радиационного контроля и характера выполненных работ.

Аварийный контроль должен обеспечивать измерение (определение) доз, приводящих к острому общему или локальному лучевому поражению Поэтому диапазон измерения (определения) $H_P(10)$ при аварийном контроле должен составлять 10–5000 мЗв по индивидуальной эквивалентной дозе и от 0,1 до 5 Гр по поглощенной дозе. При аварийном контроле доз $H_P(0,07)$ диапазон измерения (определения) должен быть в пределах от 1 до 80 Гр, для

$H_p(3)$ от 0,05 до 10 Гр. Нижние границы диапазона измерения (определения) $D_p(10)$ и К должны быть в пределах от 1 до 80 Гр, для $H_p(3)$ от 0,05 до 10 Гр. Нижние границы диапазона измерения (определения) $D_p(10)$ и К должны быть 0,05 Гр, а в полях смешанного гамма-нейтронного излучения при раздельном измерении (определении) компонентов - 0,02 Гр. Верхние границы диапазона $D_p(10)$ и К должны составлять 50 Гр и 50 Гр соответственно, учитывая возможность локальных переоблучений.

Требования к суммарной погрешности измерения индивидуальной дозы внешнего облучения дозиметрами, соотношения между величинами, нормируемыми НРБ-99, и другими дозиметрическими величинами для фотонного и электронного излучения, и угловая зависимость величин фотонного излучения, нормируемых НРБ-99, приведены в работах [17,37].

2.1.2. Дозиметрические приборы, системы и комплексы на их основе

В диапазоне энергии фотонов 5-10 кэВ лимитирующим с точки зрения обеспечения радиационной безопасности является облучение кожи, в диапазоне 10-20 кэВ - облучение хрусталика глаза и в диапазоне 20 кэВ - 10 МэВ - облучение тела. Поэтому при использовании дозиметрических приборов, позволяющих проводить измерения в диапазоне энергий фотонов от единиц кэВ до 3-10 МэВ, необходимо применять специальные методики измерений величин

$$\dot{H}^*(0{,}07), \dot{H}_p(0{,}07), \dot{H}_p(0{,}07), \dot{H}^*(3), \dot{H}^*(3), \dot{H}_p(3), \dot{H}_p(3), \dot{H}^*(10), \dot{H}^*(10), \dot{H}_p(10), \dot{H}_p(10)$$

с учетом спектрального распределения фотонов или проводить измерение величины, являющейся сочетанием дозы в коже, хрусталиках глаз и дозы тела [6,15,17].

Аппаратура индивидуального дозиметрического контроля с дозиметрами-накопителями.

В табл. 2 приведены основные характеристики аппаратуры [38-51].

Аппаратура ДФК-2.1 представляет собой комплект дозиметров фотоконтроля [45]. Измеряемая величина - поглощенная доза за 1 г/см^2 ткани. Использование комплекта ДФК-2.1 оправдано и предпочтительно в методах индивидуальной дозиметрии при работах на ускорителях высоких энергий и реакторах в комбинации с термолюминесцентными (ТЛ) и другими дозиметрами.

Системы индивидуального дозиметрического контроля **Флюорад-ДРГ-711-РФЛ и Флюорад-ДВГ-713-РФЛ** основаны на применении индивидуальных дозиметров накапливающего типа с использованием в качестве детектора радиофотолюминесцентных (РФЛ), активированных серебром, фосфатных стекол [39,46]. Особенностью РФЛ-дозиметров является сохранение информации в процессе считывания. Для обнуления детекторов необходимо провести отжиг. Детекторы дозиметра обладают высокой термо- и вибропрочностью, негигроскопичны. Они мало чувствительны к тепловым нейтронам. Программное обеспечение позволяет управлять работой прибора и осуществлять обработку и накопление результатов измерений.

Остальные технические средства ИДК, представленные в табл.2, основаны на применении термолюминесцентных дозиметров [38-40, 44, 47-51].

Новый комплекс для ИДК **ДВГ-02Т** с ТЛ-детекторами типа ТЛД-500К и ДТГ-4 имеет считывающее устройство, интерфейс связи с ПЭВМ и программное обеспечение для измерения и создания базы данных ДК.

Термолюминесцентная дозиметрическая система «Сапфир-001» обеспечивает автоматизированный дозиметрический контроль и базируется на высокочувствительных детекторах в виде таблеток из монокристаллов оксида алюминия ТЛД-500К. В состав системы, входят ТЛД-считыватель с микропроцессорным управлением, набор блоков детектирования с детекторами гамма- и бета-излучений, число которых может составлять от 100 до 1000 на комплект, и управляющий ПК типа IBM PC с базой данных дозиметрической информации. Время измерения одного блока детектирования с 4-мя детекторами не более 3 мин. Особенность системы - возможность измерения малых доз фотонного излучения.

Таблица 2. *Аппаратура индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения с дозиметрами-накопителями*

Наименование системы или прибора / Основные характеристики	**ДФК-2.1**	**Флюорад-ДРГ-711-РФЛ (ДВГ-713-РФЛ)**	**ДВГ-02Т**	**КИД-08С(М)**	**«Сапфир-001»**
Измеряемые величины	$D_p(10)$	$H_p(10)$	$H_p(10)$, $H_p(3)$, $H_p(0,07)$	$D_p(10)$	$H_p(10)$
Диапазон измерения доз, мкЗв	фотоны $50 \div 2{,}5 \cdot 10^5$*	фотоны $2{,}5 \cdot 10^2 \div 5 \cdot 10^6$	фотоны $0{,}5 \div 1 \cdot 10^6$ (ТЛД-500К) $20 \div 1 \cdot 10^7$ (ДТГ-4)	фотоны $5 \cdot 10^2 \div 1{,}5 \cdot 10^7$ * бета-частицы $10^5 \div 3 \cdot 10^7$ нейтроны $50 \div 1{,}5 \cdot 10^7$*	фотоны $10 \div 2 \cdot 10^5$ бета-частицы $1 \cdot 10^2 \div 5 \cdot 10^5$
Энергия, МэВ: фотонов; бета-частиц: нейтронов	0,06÷3,0 обесп. обесп.(т.н.)	0,035÷3,0	0.015÷3,0 для ДТГ-4	0,08÷1,3 0,2-10 ($2{,}5 \cdot 10^{-8} \div 14$)	0,015÷3,0 0,5÷3 -
Основная погрешность, %	15	30 20 (>10 мЗв)	30 15 (>10 мЗв)	20	40
Энергетическая зависимость чувствительности, %	20 фотон.			20 фотон.	
Тип детектора	Кассета ИФК-2.3 с фото-пленкой и ядерной эмульсией (и активационными детекторами)	РФЛ-фосфатное стекло	Детекторы ТЛД-500К (Al_2O_3) и ДТГ-4 (LiF)	фотоны 1 детектор ТЛД-400 (ДТГ-4) бета-частицы 1 детектор ТЛД-580	4 детектора ТЛД-500К (в компл. от 100 до 1000 шт.)
Число циклов использования, не менее	1	100	500	200	500
Связь с ПЭВМ и принтером	есть	есть	есть	есть	есть
Температура, °С		–50÷+50		0÷+40	
Наличие сертификатов и заключения СИ,СЭЗ,ОИТ	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -

Продолжение табл.2

Наименование системы или прибора / Основные характеристики	АКИДК-201	АКИДК-301	АКИДК-401	РАДОС-ИНТРА
Измеряемые величины	$H_p(10)$	$H_p(10)$	$H_p(3)$, $D_p(3)$, $H_p(0,07)$, $D_p(0,07)$, $H_p(0,4)$, $D_p(0,4)$	$D_p(10)$
Диапазон измерения доз, мкЗв	фотоны $50 \div 10^7$	фотоны $50 \div 10^7$ нейтроны $50 \div 10^7$	фотоны, бета-частицы $100 \div 2 \cdot 10^6$; $5 \cdot 10^5 \div 10^7$ $2.10^3 \div 5 \cdot 10^6$; $5 \cdot 10^5 \div 5 \cdot 10^7$ $2.10^3 \div 5 \cdot 10^6$; $5 \cdot 10^5 \div 5 \cdot 10^7$	фотоны, бета-частицы, нейтроны $(1 \div 10) \cdot 10^3 \div 10^7$*
Энергия, МэВ: фотонов; бета-частиц; нейтронов	0,015÷10,0	0,015÷10,0 - $2,5 \cdot 10^{-8} \div 14$	0,015÷10,0 0,15÷4 ** -	0,015÷5,0 ^{90}Sr–^{90}Y
Основная погрешность, %	15	15 фотон. 15 нейтр.		15 – фотоны 40 бета-част.
Энергетическая зависимость чувствительности, %	15 фотон.	15 фотон. 50 нейтр.		
Тип детектора	3 детектора ДТГ-4 (LiF: Mg,Ti) (в компл. до 10000 шт.)	по 2 детектора ДТГ-4-6 и ДТГ-4-7 на основе ^6Li и ^7Li с замедл. фильтром, 3 дет-ра ДТГ-4 с фильтром	3 детектора ТТЛД-580 (MgB_4O_7) и 1 дет-р ДТГ-4***; 4 детектора ТТЛД-580****	4 дет-ра ДТГ-4 или ДТГ-4-6, ДТГ-4-7, TLD-1006, TLD-1007, TLD-1011
Число циклов использования, не менее	200	200	200 (доз. ДВДС-1), 25 (доз. ДВДС-2), 500(дет-ры ДТГ-4)	
Связь с ПЭВМ и принтером	есть	есть	есть	есть
Температура, ^0C	+10÷+35 счит. –35÷+60 доз.	+10÷+35 счит. –35÷+60 доз.		
Наличие сертификатов и заключения СИ,СЭЗ,ОИТ	+ - +	+ - -	- - -	+ - -

Примечание. * - поглощенная доза в мкГр; **- для бета-излучения с меньшей граничной энергией дозиметр является только индикатором; *** - детекторы дозиметра кожи лица и хрусталиков глаз ДВДС-1; **** - детекторы дозиметра кожи пальцев рук ДВДС-2.

Автоматизированный комплекс индивидуального дозиметрического контроля АКИДК-201 базируется на применении термолюминесцентных детекторов фотонов ДТГ-04, представляющих собой таблетки из монокристаллического фторида лития, активированного магнием и титаном. В дозиметр ДТЛ-01 входит три детектора ДТГ-4, размещенных за фильтрами из фторопласта, обеспечивающих измерение дозы на глубине 1 г/см^2. Порог измерения 50 мкЗв. Линейность измерения комплексом дозы в диапазоне от 0,05 мЗв до 10 Зв не хуже 10 %, воспроизводимость дозы 10 мЗв не хуже 7,5 %. Изотропия дозиметров для углов от 0^0 до 60^0 не превышает 15 %. На подложке дозиметра имеется дырочный код для автоматического считывания номера дозиметра.

В состав комплекса входит набор дозиметров, считыватель СТЛ-200 и ПЭВМ типа IBM PC с базой данных и принтер. Производительность обработки дозиметров не менее 30 шт. в час.

***Автоматизированный комплекс индивидуального дозиметрического контроля* АКИДК-301** предназначен для измерения индивидуального эквивалента дозы нейтронного и фотонного излучения в смешанных n-γ полях с использованием альбедного дозиметра ДВГН-01 и индивидуального эквивалента дозы фотонного излучения с использованием дозиметра ДВГ-01 (аналога дозиметра ДТЛ-01).

Дозиметр ДВГН-01 состоит из двух детекторов ДТГ-4-6 на основе изотопа лития-6 и двух детекторов ДТГ-4-7 на основе изотопа лития-7, корпуса с замедлителем и фильтрами. Дозиметр ДВГ-01 состоит из трех детекторов ДТГ-4 на основе природного изотопа лития, корпуса и фильтров. Для учета энергетической зависимости дозиметров ДВГН-1 необходимо вводить коэффициент градуировки данных дозиметров на рабочих местах, определяемый по специальной методике. Без введения коэффициента погрешность определения дозы может достигать нескольких сотен процентов. Другие технические характеристики комплекса АКИДК-301:

- порог измерения, мЗв, не более 0,05
- линейность в диапазоне доз 0,05 мЗв - 10 Зв, %, не более 10
- воспроизводимость для дозы 10 мЗв, %, не более 7,5
- изотропия (фотоны), %, не более 15
- изотропия (нейтроны), %, не более 15
- воздействие фотонным излучением дозой не выше трехкратной дозы нейтронного излучения должно приводить к отличию индивидуального эквивалента дозы нейтронного излучения от условно истинного значения для дозиметров, не подвергшихся дополнительному облучению фотонами, %, не более 20
- эффективная толщина корпусов дозиметров ДВГН-01 и ДВГ-01, г/см^2 1
- производительность обработки дозиметров ДВГН-01, шт./ч, не менее 20
- производительность обработки дозиметров ДВГ-01, шт./ч, не менее 30
- время установления рабочего режима, мин, не более 30

Комплекс АКИДК-301 обеспечивает работу в следующих режимах:

- считывание дозы с дозиметров ДВГН-01 и ДВГ-01;
- калибровка дозиметров ДВГН-01 и ДВГ-01;
- отжиг детекторов дозиметров ДВГН-01 и ДВГ-01;
- работа с базой данных дозиметрической информации;
- тестирование комплекса.

Комплекс может быть использован для аварийного дозиметрического контроля внешнего облучения персонала. В состав комплекса входит набор дозиметров до 10 тыс.шт. каждого типа, считыватель СТЛ-300, ПЭВМ типа IBM PC с базой данных и принтер.

В настоящее время для определения n-γ-дозы на базе АКИДК-301 разрабатывается комбинированная индивидуальная кассета дозиметра альбедного типа, не нуждающаяся в спектральной поддержке.

Дозиметрический комплекс РАДОС-ИНТРА основан на применении индивидуальных ТЛ-дозиметров фотонного излучения ДТА-01 (энергетический диапазон 0,015-5 МэВ) и ней-

тронных альбедных дозиметров ДВН-А-01, совместимых с термолюминесцентной дозимет рической системой ДОЗАКУС фирмы RADOS. Для регистрации бета-излучения (^{90}Sr-^{90}Y дозиметры имеют «открытое окно». Дозиметры допускают применение до 4 монокристал лических LiF детекторов типа ДТГ-4, ДТГ-4-6, ДТГ-4-7, а также TLD-1006, TLD-1007 и TLD 1011 диаметром 4,5 мм и толщиной 1 мм. Детекторы ДТГ-4 представляют собой фтори, лития (Li чистый) LiF: Mg, Ti; ДТГ-4-6 - фторид лития (^6Li изотоп) LiF: Mg, Ti; ДТГ-4-7 - фтори, лития (^7Li изотоп) LiF: Mg, Ti; TLD-1011- фторид лития (Li чистый) LiF: Mg, Cu, P; TLD-1006 фторид лития (^6Li изотоп) LiF: Mg, Cu, P и TLD-1007 - фторид лития (^7Li изотоп) LiF: Mg, Cu P. Диапазон, в котором используются детекторы типа ДТГ-4, ДТГ-4-6 и ДТГ-4-7, 10 мкГр - 1 Гр, а для детекторов TLD-1006, 1007 и 1011 1 мГр - 10 Гр.

Дозиметры с детекторами ДТГ-4 используются в медицине, TLD-1011 - для контрол окружающей среды, индивидуального дозиметрического контроля и в чрезвычайных ситуа циях, ДТГ-4-6 (10 мГр - 10 Гр) и TLD-1006 (1 мГр - 10 Гр) - для измерений в нейтронны полях, а ДТГ-4-7 и TLD-1007 - для измерения в гамма- и электронных полях в диапазонах 1 мГр - 10 Гр и 1 мГр - 10 Гр соответственно. Производительность системы 200 детекторов час. К системе прикладывается программное обеспечение ТЛД ИНТРА.

Комплект индивидуальных дозиметров КИД-08С(М) представляет собой модернизи рованную модель КИД-08, в которой применены детекторы гамма-излучения ТЛД-400 (де текторы ДТГ-4 из LiF) и детекторы бета-частиц ТЛД-580Т. В доработанной кассете дозиме ра перед детектором гамма-излучения ДТГ-4 предусмотрен поглотитель толщиной 1 г/см^2, для «тонких» детекторов ТЛД-580Т предусмотрены «входные окна» толщиной 65 мг/см^2 ил 5 мг/см^2. В состав прибора входит блок прогрева БХ91С. Управление работой прибора обе печивается микропроцессором. Прибор имеет интерфейс (422) связи с центральнс ЭВМ. В настоящее время разрабатывается детектор нейтронов. Ожидаемые характерист ки по диапазону измерения и энергии нейтронов указаны в табл.3 в скобках.

Для решения задачи учета, контроля, хранения и выдачи дозиметров **ДПГ, ДТУ, ALNO** и аналогичных им по размеру дозиметров выпускается **Система санкционированного д ступа к индивидуальным дозиметрам ССДД-2**. Она предусматривает следующие вар анты комбинаций дозиметров: ДТУ+ДПГ, ДПГ+ ALNOR.

Санкционированный доступ к ячейке хранения осуществляется с помощью персонал ной пластиковой карты Prox Card II и радиосчитывателя. Поиск и открывание ячейки - п номеру дозиметра или Ф.И.О.

По персоналу осуществляется запись и контроль следующей информации: Ф.И.О., т бельный номер, номер цеха (службы), должность, номер дозиметра, номер модуля и яче ки, время изъятия и возврата дозиметров, текущее время нахождения в зоне строгого реж ма, история нахождения в зоне строгого режима за текущий месяц (вход-выход) и сумма ное время нахождения в зоне за текущий день, месяц с выводом на печать, запрет допус в зону строгого режима с выводом информации о персонале, не допущенном в зону.

При открытии ячейки включается звуковая (отключаемая) и световая сигнализация. Н копленная информация сохраняется при длительных отключениях сетевого питания.

В системе предусмотрена передача информации в локальную сеть с периодичност не более 7 суток и блокировка, запрещающая открывание последующей ячейки при нал чии открытой ячейки. В режимах вспомогательного обслуживания доступ к дозиметрам кюветам ячеек возможен с помощью блока оперативного управления. Подключение груп модулей к системному блоку - через интерфейс RS-232. В настоящее время практичес завершена стадия разработки системы.

В настоящее время разработаны **Индивидуальные ТЛ - дозиметры для измерен доз в коже и хрусталиках глаз МКДТ** [50]. Поскольку дозиметры МКДТ должны исполь ваться при различных видах контроля, то, как уже говорилось выше, учитывая необход мость оценки степени поражения кожи при остром аварийном облучении, дозиметр долж обеспечивать определение доз до глубины ≈500 мг/см^2. Для этого дозиметр должен соде жать несколько детекторов, расположенных за слоями тканеэквивалентного поглотител

Дозиметр для измерения доз на открытых участках кожи (за исключением кожи пальц

рук и ладоней) должны иметь небольшие габаритные размеры (не более 4х4 $см^2$), корпус дозиметра должен быть тканеэквивалентным, гладким и ударопрочным. Дозиметр для измерения доз в коже пальцев рук и ладоней должен быть гибким, эластичным, легкозакрепляемым. Он не должен создавать неудобств при выполнении производственных операций. В связи с этим в дозиметре использованы гибкие эластичные термолюминесцентные детекторы ТТЛД-580 толщиной ≈10 $мг/см^2$ и диаметром 15 и 9 мм из гомогенной композиции мелкодисперсионного термолюминофора MgB_4O_7 и полиамидной смолы марки ПМ-1.

Разработаны два типа дозиметров: для кожи лица и хрусталиков глаз и кожи пальцев рук, которые могут быть использованы для текущего и аварийного дозиметрического контроля в процессе выполнения производственных операций.

Дозиметры позволяют не только определять дозы в критическом слое 5 $мг/см^2$ за покровными слоями 5 $мг/см^2$ и 40 $мг/см^2$ и на глубине 300 $мг/см^2$, но и при необходимости оценивать распределение доз по толщине приповерхностных тканей.

Дозиметр для измерения эквивалентных доз в коже лица и хрусталиках глаз (тип 1) представляет собой составную кассету из ударопрочного, химически- и радиационноустойчивого, тканеэквивалентного материала арилокс марки 2128. Внутри имеются вращающиеся на одной оси подложки-поглотители толщиной 50, 90 и 110 $мг/см^2$, на которые помещаются детекторы ТТЛД-580 диаметром 15 мм. Толщина защитного входного окна, за которым находится первый детектор, составляет ≅2 $мг/см^2$. Последний детектор-монокристалл фтористого лития ДТГ-4 расположен на глубине 300 $мг/см^2$ и служит для измерения доз в хрусталиках глаз. Дозиметр может крепиться на шапочке, воротнике халата или комбинезона.

Анализ глубинных дозовых распределений бета-излучения в тканеэквивалентном материале в диапазоне граничных энергий $E_{гр}$ = 150 - 2200 кэВ, полученных с помощью образцовой экстраполяционной камеры, свидетельствует о том, что с погрешностью ≤7 % распределение дозы в слое 10 $мг/см^2$ может быть аппроксимировано прямой даже при $E_{гр}$ = 150 кэВ. Таким образом, среднее значение дозы в слое 10 $мг/см^2$ будет соотноситься с серединой толщины детектора, т.е. с глубиной 5 $мг/см^2$. При толщине входного окна 2 $мг/см^2$ значение измеренной дозы первым детектором соотносится с глубиной ≅7 $мг/см^2$, что практически не отличается от нормативной величины в слое 5 $мг/см^2$ за экранирующем слоем 5 $мг/см^2$.

Дозиметр для измерения доз в коже пальцев рук (тип 2) состоит из набора детекторов ТТЛД-580 диаметром 9 мм, разделенных тканеэквивалентными поглотителями, толщины которых выбраны таким образом, чтобы первые два детектора измеряли дозу на глубине 30 - 50 $мг/см^2$, остальные детекторы на глубинах 90, 130 и 240 $мг/см^2$. Набор запаян в полиэтиленовый конверт и помещен на самоклеющуюся основу, с помощью которой он крепится на внутренней стороне фаланг пальцев рук.

Прибор, предназначенный для измерения доз в коже лица и хрусталиках глаз и в коже пальцев рук, содержит блок считывания или индикации, в котором предусмотрена связь с ПК.

На основе дозиметров МКДТ завершается разработка **Комплекса АКИДК-401** с дозиметрами ДВДС-1 (тип 1) и ДВДС-2 (тип 2). **Комплекс АКИДК-401** предназначен для измерения индивидуальных эквивалентной и поглощенной доз слабопроникающего излучения кожи и хрусталиков глаз. В комплексе используются два типа индивидуальных дозиметров (табл.2 и 3):

- ДВДС-1 - дозиметр для измерения эквивалентной и поглощенной доз в коже и хрусталиках глаз $H_p(0,07)$, $D_p(0,07)$, $H_p(3)$, $D_p(3)$ и на глубинах (70-80) и (170-180) $мг/см^2$;
- ДВДС-2 - дозиметр для измерения эквивалентной и поглощенной доз кожи пальцев рук $H_p(0,4)$, $D_p(0,4)$ и на глубинах (90-100) и (130-140) $мг/см^2$.

В дозиметрах используются тонкие термолюминесцентные детекторы на основе бората магния (ТТЛД-580) толщиной ≈10 $мг/см^2$ (100 мкм) и детекторы ДТГ-4.

Другие технические характеристики комплекса АКИДК-401:

- линейность в диапазонах измерения, %, не более 10
- воспроизводимость дозы 20 мЗв, %, не более 7,5
- порог измерения фотонов (бета-частиц), мЗв, не более ..... 0,05(2)

Таблица 3. *Объекты контроля и характеристики дозиметров ДВДС*

Объект контроля	Измеряемая доза	Диапазон измерения дозы	Тип дозиметра
хрусталики глаз	эквивалентная	$(1 \cdot 10^{-4}$ - 2) Зв	ДВДС-1
	поглощенная	$(5\ 10^{-1}$ - 10) Гр	ДВДС-1
кожа и подкожные ткани	эквивалентная	$(2 \cdot 10^{-3}$ - 5) Зв	ДВДС-1
	поглощенная	$(5 \cdot 10^{-1}$ - 50) Гр	ДВДС-1
кожа и подкожные ткани кистей рук	эквивалентная	$(2 \cdot 10^{-3}$ - 5) Зв	ДВДС-2
	поглощенная	$(5\ 10^{-1}$ - 50) Гр	ДВДС-2

- однородность партии дозиметров, %, не более 30
- изотропия для углов падения от 0^0 до 60^0, %, не более 15
- производительность обработки дозиметров ДВДС-1 и ДВДС-2 за смену, не менее 30

На дозиметрах обоих типов нанесены маркировка и порядковый номер. Номер дозиметра вносится в компьютер оператором.

Кроме вышеуказанного кожного дозиметра разработан и прошел испытания **Кожный дозиметр на основе нового высокочувствительного тканеэквивалентного материала LiF: Mg, Cu, P** [51]. Его чувствительность в 20-65 раз выше, чем у общепризнанных кристаллофосфоров на основе LiF· Mg, Ti, а высокая технологичность обусловила его применение в тонкослойных кожных детекторах для адекватного измерения доз в полях низкоэнергетического электронного β- и фотонного излучения.

Были изготовлены два типа дозиметров. Первый тип был получен методом осаждения на алюминиевую фольгу толщиной 0,57 мм (21 мг/см^2) Толщина чувствительного слоя при этом составляла 19-27 мкм (5-7 мг/см^2). Затем фольгу разрезали на квадраты размером 4х4 мм, которые и использовались в качестве детекторов излучения с обозначением LiF. Mg, Cu, P(Al).

Второй тип был получен аналогичным образом В качестве подложки в нем была применена таблетка ∅4,5х0,9 мм из нечувствительного к излучению LiF, на которую предварительно наносился слой алюминия толщиной 1 мг/см^2, а затем - слой чувствительного материала LiF: Mg, Cu, P толщиной 5-7 мг/см^2. Второй тип детекторов является прототипом детекторов, совместимых с картой дозиметра RADOS (таблетки ∅4,5х0,9 мм), пригодных для автоматического измерения. Он обозначен как TLD-1011T.

Коэффициент вариаций по результатам воспроизводимости отклика детекторов не превышает 4 % против требуемых 7,5 %, что указывает на соответствие обоих типов детекторов требованиям ГОСТ Р МЭК 1066-93 по указанному параметру

Дозовая зависимость для каждого из трех основных пиков детектора первого типа линейна в диапазоне доз от 30 мкГр до 18,5 Гр

Детекторы первого типа можно применять в многослойных сэндвич-детекторах, состоящих из нескольких таких детекторов, для оценки спектрального состава β-излучения.

Следует также отметить выпускавшиеся в 80-90 г г. **Комплекты дозиметров термолюминесцентных КДТ-02, КДТ-02М, ТДК-01У, ТДК-02У и Дозиметры термолюминесцентные ДТУ-01**, которые до сих пор широко используются на предприятиях Министерства и АЭС

В табл. 4-6 приведены краткие характеристики комплекса **ГНЕЙС**, успешно используемого для дозиметрического контроля в течение нескольких десятков последних лет, и **Трекового комплекса для нейтронной дозиметрии КОРДОН**, освоение выпуска которого в полном комплекте (кроме «Кордон-П-ТО») завершено в 2001 г.

Аварийными дозиметрами **ГНЕЙС** дополнительно оснащают персонал в условиях, когда помимо бета- и гамма-излучения возможно воздействие нейтронного излучения [52]. Для измерения дозы гамма-излучения и её распределения по телу дозиметры размещают на груди и спине. Индивидуальные аварийные дозиметры ГНЕЙС позволяют определять отдельные компоненты дозы: гамма- и бета-излучений, тепловых и медленных нейтронов, а

Таблица 4. *Аппаратура индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения с дозиметрами-накопителями.*

Наименование комплекса / Основные характеристики	Комплекс ГНЕЙС			
	Дозиметр гамма-излучения ИКС	Дозиметр медленных нейтронов ИКС (детектор ПСТ-Л)	Дозиметр кожной дозы бета-гамма-излучений ИКС (детектор ПСТ-Т)	Дозиметр промежуточных и быстрых нейтронов ДИНА (трековый и актив детектор)
Измеряемая величина	поглощенная доза	поглощенная доза	поглощенная доза	поглощенная доза
Диапазон измерения дозы, рад	0,5 - 5000	0,005 - 50	1 – 1000	1 - 5000
Независимость от мощности дозы, рад/с	10^9	10^9	10^9	
«Ход с жесткостью» гамма-излучения при применении компенсирующих фильтров,%	20 >35 кэВ	20 >35 кэВ		С фильтрами не используется
«Ход с жесткостью» бета- излучения,%	-	-	±20 % в области $E_\beta \approx$ 0,2-3,5 МэВ	
Спад показаний при комнатной температуре	5 % за первые сутки, 18 % за 2,5 мес.	5 % за первые сутки, 20 % за 2,5 мес	5 % за первые сутки, 18 % за 2,5 мес.	
Основная (среднеквадратическая) погрешность измерения, %	6	6	7	12 (40-50)
Длительность определения показаний, с (ч)	10	10	5	(0,5-2)
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ, ОИТ	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -

также промежуточных и быстрых нейтронов. Для этого в кассете ГНЕЙС содержится 8 дозиметров. Для гамма-излучения в ней имеются два одинаковых дозиметра ИКС.

Керму медленных нейтронов измеряют дозиметрами ИКС с детектором ПСТ-Л. Показания этого дозиметра являются суммой показаний от дозы гамма-излучения и дозы тепловых и медленных нейтронов, причем дозовая чувствительность к нейтронам примерно в 100 раз больше чувствительности к фотонному излучению. Для определения кермы тепловых и медленных нейтронов из показаний ПСТ-Л вычитают показания дозиметра фотонного излучения с учетом чувствительности к фотонному излучению, а полученную разность делят на дозовую чувствительность ПСТ-Л к тепловым и медленным нейтронам.

Для измерения кожной дозы бета- и фотонного-излучения в кассете ГНЕЙС имеется кожный дозиметр ИКС с детектором ПСТ-Т.

Для измерения кермы промежуточных и быстрых нейтронов в кассете ГНЕЙС используется дозиметр ДИНА с двумя трековыми детекторами.

Детектор ДИНА основан на реакции деления ^{237}Np, энергетическая зависимость которого неплохо воспроизводит энергетическую зависимость тканевой кермы промежуточных и быстрых нейтронов Мишень из нептуния размещена в борном фильтре. Осколки деления ^{237}Np регистрируются слюдяным или стеклянным трековым детектором. Поскольку процесс определения дозы таким детектором достаточно длительный, для быстрой первичной оценки дозы нейтронов в кассете ГНЕЙС имеется ещё активационный детектор из родиевой фольги.

Конструктивно в корпусе кассеты ГНЕЙС размещены 2 дозиметра гамма-излучения ПСТ и два дозиметра медленных нейтронов с детекторами ПСТ-Л. Дозиметр промежуточных и быстрых нейтронов ДИНА с двумя трековыми детекторами, изомерный родиевый детектор и кожный дозиметр дозы с детектором ПСТ-Т размещены в крышке кассеты, которая надвигается на корпус.

Показания детекторов (ПСТ, ПСТ-Л, ПСТ-Т), входящих в дозиметр ГНЕЙС, определяют с помощью измерительного пульта комплекта ИКС-А

В нормальных условиях работы дозиметры ГНЕЙС используют также для определения суммарной дозы, полученной персоналом за длительное время (квартал, год). В этом случае не определяют показания родиевого дозиметра В показания дозиметров ИКС вводят поправки на спад показаний Ограничением для длительного применения нейтронных до-

Таблица 5. *Нейтронные дозиметры типа «Кордон»*

Наименование дозиметра	Назначение дозиметра	Принцип действия	Основные технические характеристики (не хуже)
Кордон-2-ТОА	Индивидуальный текущий, оперативный, аварийный контроль	^{235}U+^{232}Th (по 2 мишени) ПЭТФ (искр сч и микроскоп)	Акт.· 0,06 МЗА 0,03-2800 мЗв 0,04-130 Гр
Кордон-1-ТО	Индивидуальный текущий, оперативный контроль	^{235}U (1 мишень) ПЭТФ (искр сч)	Акт · 0,01 МЗА 0,03-200 мЗв
Кордон-2-А	Индивидуальный аварийный контроль	^{235}U+^{232}Th (по 1 мишени) ПЭТФ (искр сч и микроскоп)	Акт . 0,01 МЗА 0,015-130 Гр
Кордон-2-ЗИ	Зонный контроль и индикация жесткости спектра	^{235}U+^{232}Th (по 1 мишени) ПЭТФ (искр сч и микроскоп)	Акт 0,01 МЗА 0,005-160 Гр
Кордон-1-З	Зонный контроль	^{237}Np (1 мишень) ПЭТФ (искр сч и микроскоп)	Акт 0,9 МЗА 0,03-1000 Гр
Кордон-ДНЕСТР	Зонный контроль и спектрометрия	Набор (n, f) и (n, α) мишеней	0,4 эВ – 15 МэВ
Кордон-П-ТО (разрабатывается)	Индивидуальный текущий, оперативный контроль	CR-39, ЭХТ, анализатор изображений	0,01 - 10000 мЗв (ожидаемые)

зиметров ДИНА является дополнительное облучение персонала, носящего эти дозиметры от входящих в него делящихся мишеней из нептуния. По оценкам они давали дополнительный вклад в облучение до 1,4 рад в год.

Трековый комплекс «Кордон» предназначен для текущего, оперативного и аварийного индивидуального и зонного контроля нейтронных доз ($H_p(10)$ и/или поглощенная доза) в диапазоне энергий нейтронов от 0,4 эВ до 15 МэВ, а также для измерений энергетических характеристик нейтронных полей на реакторах, критсборках, ускорителях, нейтронных генераторах, изотопных источниках нейтронов, судах с ЯЭУ и т п [табл 5, 6].

В настоящее время к применению предлагаются. сертифицированный комплекс «Кордон-2», включающий в себя Индивидуальный повседневно-аварийный дозиметр «Кордон-2-ТОА» и Индивидуальный повседневно-оперативный дозиметр «Кордон-1-ТО», а также сертифицированный комплект пороговых детекторов нейтронов «ДНЕСТР». Для обработки детекторов и считывания информации применяется аппаратура АИСТ-ТРАЛ. В 2003 году планируется сертификация Индивидуального аварийного дозиметра нейтронов «Кордон-2-А», Зонного дозиметра-индикатора жесткости спектра нейтронов «Кордон-2-ЗИ» и Зонного дозиметра «Кордон-1-З»

Индуцированные нейтронами осколки деления регистрируются трековыми детекторами - тонкими лавсановыми пленками. Химическая обработка детекторов и автоматический подсчет проводится с помощью аппаратуры АИСТ-ТРАЛ с передачей информации на персональный компьютер. Отношения показаний детекторов мягкой (^{235}U) и жесткой (^{232}Th) частей спектра используются в качестве индикатора жесткости спектра для определения дозовой цены отсчета дозиметра в нейтронных полях разной жесткости с помощью калибровочной кривой, рассчитанной для данного класса нейтронных полей или определяемой в специальных измерениях непосредственно на предприятиях Для расширения диапазона измерений, повышения их надежности и экспрессного предварительного определения диапазона дозы при авариях дозиметры дополнительно снабжены стеклянным трековым детектором. Вклад дополнительного облучения персонала от применения дозиметров с мишенями ^{235}U особой чистоты примерно в 300 раз меньше, чем в случае применения дозиметров с нептуниевыми мишенями, например, нейтронных дозиметров ДИНА.

Комплект пороговых детекторов нейтронов ДНЕСТР состоит из различных мишеней, фильтров, трековых лавсановых и нитратцеллюлозных детекторов, регистрирующих нейтроны по ядерным реакциям деления и (n, α) Набор устанавливается в обследуемом помещении После экспозиции, травления и подсчета числа треков на детекторах с использованием комплекта АИСТ-ТРАЛ определяются скорости реакций на каждой мишени и с помощью специальной компьютерной программы рассчитывается дифференциальный спектр энергий нейтронов. Данные по спектру могут использоваться для расчета доз в данном помещении во время аварии, для получения карт нейтронных полей разной жесткости при повседневной работе, для уточнения дозовой чувствительности индивидуальных дозиметров

Диапазон измерения энергии нейтронов с помощью сертифицированного комплекта 0,4 эВ - 15 МэВ Компоненты и пороги регистрации: ^{235}U+Cd, ^{235}U + 10 В (0,4 эВ - 100 эВ), ^{237}Np, ^{238}U, ^{232}Th (0,7 - 1,5 МэВ), ^{32}S, НЦ (1,8-3 МэВ) При добавлении мишеней ^{209}Bi (~70 МэВ); Cu, Cd (~ ГэВ) диапазон измерений расширяется до ~ ГэВ. Средне-квадратическая погрешность измерения скоростей реакции делительными детекторами без статистической погрешности <12 %, минимальный измеряемый флюенс нейтронов (для разных спектров) промежуточных - (0,3 - 1,2) 10^5 $см^{-2}$; быстрых - (6 - 36) 10^5 $см^{-2}$.

Диапазон и погрешность установления температур термостатом ТРАЛ-1м 35-70 ^{0}С и 0,2 ^{0}С; количество одновременно протравливаемых детекторов - 60 шт ; продолжительность травления - 40-120 мин. Продолжительность счета треков прибором АИСТ-2В на 1 $см^2$ < 3 мин, воспроизводимость счета - 0,5 - 2 %

В настоящее время в стадии завершения находятся работы по созданию **Полупроводниковых дозиметров гамма-нейтронного (ДОПИНГ) и нейтронного (ДИНГО) излучения**, которые могут использоваться в качестве индивидуальных аварийных дозиметров Они

Таблица 6. *Аппаратура индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения с дозиметрами-накопителями*

Наименование комплекса и дозиметров нейтронов / Основные характеристики	Индивидуальные дозиметры нейтронов для повседневного и оперативного контроля		Индивидуальные дозиметры нейтронов для аварийного контроля		Зонные дозиметры нейтронов	
	«Кордон-1-ТО»	«Кордон-2-ТОА»	«Кордон-2-А»	«Кордон-2-ТОА»	«Кордон-1-3»	«Кордон-2-3И»
Вид контроля	Текущий, оперативный	Текущий, оперативный, аварийный	Аварийный	Текущий, оперативный, аварийный	Аварийный	Аварийный
Условия применения	Слабо изменяющийся спектр	Значительно изменяющийся спектр		Помещения, где возможна СЦР (За защитами реакторов)	Помещения, где возможна СЦР (За защитами реакторов)	
Измеряемая величина	$H_P(10)$	$H_P(10)$	Поглощенная доза	Поглощенная доза	Поглощенная доза	Поглощенная доза и отношение счета $^{235}U/^{232}Th$
Диапазон измеряения доз, мЗв для текущего и мГр для аварийного контроля						
при искровом счете от U или Th	0,03 - 200	0,03 – 2,8 10^4	0,7 – 2 10^3 (0,7 – 11,2 10^3)	0,003 – 2,8 10^3 (0,003 – 2,8 10^4)	- -	0,2 – 1,4 10^3 (0,5 – 8 10^3)
от U и Th	-	2 – 1,2 10^4	0,7 – 1,2 10^3 (4 – 1,2 10^3)	0,2 – 1,2 10^3 (2 – 1,2 10^3)	- -	0,2 – 1,4·10^3 (1,1 – 3,7·10^3)
от Np	-	-	-	-	1,4 – 8,7 10^3 (1,4 – 8,7 10^3)	- -
при микроскопном счете от U или Th	0,16 – 2,2 10^4	-	-	-	-	-
от U и Th	-	-	3 – 1,3 10^5 (15 – 1,3^5)	4 – 1,3 10^5 (40 – 1,3 10^5)	- -	0,8 – 1,6 10^5 (4,5 – 4 10^5)
от Np	-	-	-	-	27 – 10^6 (27 – 10^6)	-
Предел погрешности, % при дозе 50 мЗв, при дозе 0,2 Гр	30 -	30 -	- 25 (30)	- 25 (30)	- 30 (30)	- 25 (30)
Время съема информации, мин экспрессная оценка 1 дозы (на стекле) 50 доз (на счетчике) измерение 50 доз	 20-40 120 210	 20 - 40 180 480	 20 - 40 120 360	 20 - 40 180 480	 20 - 40 120 210	 20 - 40 120 360
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ, ОИТ	+ - -	+ - -	- - -	- - -	- - -	- - -

имеют целый ряд достоинств: высокую чувствительность, линейный характер зависимости выходных параметров от дозы облучения, малые габариты, возможность дистанционных измерений, малый феднг и высокую степень дискриминации по отношению к сопутствующим излучениям.

Прибор состоит из измерительного пульта и кассеты с детекторами нейтронного излучения. В качестве детекторов использован p-i-n-диод, изготовленный из высокоомного n-кремния методом ионной имплантации бора

Технические характеристики нейтронного дозиметра·

- диапазон энергий нейтронов ... от тепловых до 15 МэВ
- диапазон кермы на поверхности тела ... 10^{-3} - 10^{2} Гр
- феднг при 20 ^{0}С, не более ... 15 % / мес
- погрешность измерения поглощенной дозы, не более ... 25 %
- коэффициент дискриминации по отношению к гамма-излучению, не хуже ... 1000
- подготовка кассеты с датчиками к измерению, не более ... 1 мин
- время считывания показаний, не более ... 5 с
- габаритные размеры кассет ... Ø10x40 мм
- масса ... 15 г

Используемый в настоящее время аварийный дозиметр ГНЕЙС имеет ряд недостатков, хорошо известных специалистам в области аварийной дозиметрии. Это, прежде всего, дополнительное локальное облучение в месте ношения дозиметра, а также трудоемкость получения информации, характерная для используемого в ряде дозиметрических приборов трекового метода Проведенные исследования, направленные на автоматизацию процесса измерения трековых регистраторов, показали, что возможно снизить время получения информации путем использования метода искрового пробоя, но он не дает необходимой точности получаемой информации. Поэтому переход на аварийные дозиметры, в основе которых лежат полупроводниковые детекторы нейтронного излучения выглядит наиболее перспективным.

Если при возникновении аварий на исследовательских ядерно-опасных участках возможно пострадавшими будут 1-3 человека, то при авариях в промышленности (на АЭС, комбинатах и т п) пострадать могут гораздо больше человек В этом случае разработанные полупроводниковые детекторы будут более эффективными: информация о поглощенной дозе будет получена в кратчайший срок и с не меньшей точностью, чем это позволяет сделать дозиметр ГНЕЙС.

Следует отметить, что применяемые в ряде стран (особенно в Канаде) **пузырьковые дозиметры** нейтронов в нашей стране еще не вышли на стадию промышленного изготовления

Индивидуальные электронные прямопоказывающие сигнальные дозиметры и системы ИДК на их основе. В табл. 7 приведены основные характеристики миниатюрных (карманных) электронных прямопоказывающих дозиметров [39,42,44,53,54]. В основном они предназначены для измерения индивидуального эквивалента и/или мощности индивидуального эквивалента дозы, сигнализации при превышении определенных значений по дозе и/или мощности дозы и должны носиться в нагрудном кармане спецодежды либо внутри него Некоторые портативные приборы используются для оперативного контроля.

В качестве детекторов в этих приборах в основном применяют газоразрядные счётчики различной чувствительности типа СБМ-20, СБМ-21, СИ-29БГ, СИ-34 и т д , полупроводниковые (в основном кремниевые) детекторы, а также миниатюрные сцинтилляционные детекторы. Преимуществом полупроводниковых и сцинтилляционных детекторов является возможность измерения мощности дозы и дозы как непрерывного, так и импульсного излучения, проведение в ряде случаев спектрометрических измерений Для выравнивания энергетической зависимости чувствительности детекторы излучения снабжают фильтрами различного состава и различной конструкции. Измерительная и вспомогательная информация в приборах обычно выводится на цифро-аналоговые жидкокристаллические и светодиодные дисплеи (табло), а также с помощью отдельных светодиодов. Питание приборов осу-

ществляется от малогабаритных батарей или аккумуляторов.

В соответствии с рекомендациями ТК 45МЭК «Ядерное приборостроение» диапазон измерений по индивидуальному эквиваленту дозы для нормальных условий может составлять 4-6 десятичных порядков и находиться в пределах от 1 мкЗв до 1 Зв [53]. Диапазон измерений по мощности индивидуального эквивалента дозы может составлять от 1 мкЗв/ч до 1 Зв/ч. Диапазон порогов сигнализации по дозе и мощности дозы может составлять 3-5 десятичных порядков, например, с такими значениями: 3 мкЗв, 30 мкЗв, 0,3 мЗв, 3 мЗв, 30 мЗв, 300 мЗв и 3 мкЗв/ч, 30 мкЗв/ч, 0,3 мЗв/ч, 3 мЗв/ч, 300 мЗв/ч, соответственно. Энергетический диапазон по фотонному излучению 17(50) кэВ - 1,5 МэВ, по бета-излучению более 2,0 МэВ и для нейтронов - от тепловых до 15 МэВ. Для индивидуального эквивалента дозы облучения кожи $H_p(0,07)$ энергетический диапазон по фотонному излучению составляет 5(10)-250 кэВ и для бета-излучения более 60 кэВ (энергия, необходимая для прохождения мертвого слоя кожи 0,07 мм).

Относительная погрешность измерений составляет по эквиваленту дозы не более ±15 %, а по мощности эквивалента дозы не более ±20 %, по порогам сигнализации - ±20 %. Энергетическая зависимость чувствительности при энергии фотонов от 50 кэВ до 1,5 МэВ не более ±30 %, а при энергии фотонов 6 МэВ - –50 ÷ +100 % Температурный диапазон – 10 – +40 ^{0}С (минус 25 ÷+50 ^{0}С)

Для аварийных условий диапазон измерений поглощенной дозы приборами, в том числе переносными, находится в пределах 0,1 мГр - 10 Гр.

Преимущество электронных прямопоказывающих дозиметров заключается в возможности снятия информации в текущий момент времени, предупреждении оператора при вхождении в зону с повышенным уровнем радиации, обеспечении визуальной и звуковой сигнализацией при превышении установленного порога по дозе и/или мощности дозы.

Из приведенных в табл.7 дозиметров следует отметить приборы, позволяющие измерять как дозу, так и мощность дозы, обеспечивающие сигнализацию при превышении порогов по дозе или мощности дозы (ДКГ-14П, ДКГ-12П3, ДКГ-04, ДКГ-03Д, ДКГ-04Д, ДКГ-05Д, ДИН-01, ДКБН-01, ДКГ-14П, ДКГ-02, «Фотон», ДКГ-10 и др.). Необходимо также отметить в этой группе дозиметры с полупроводниковыми и сцинтилляционными детекторами, позволяющими проводить измерения в импульсных полях излучения (DG-101, ДКР-04, ДКГ-05Д, ДИН-01, ДКБН-01, «Фотон»), а также дозиметры, позволяющие измерять дозу и мощность дозы в рентгеновской области спектра (ДКР-04, ДИН-01, ДКГ-14П), и нейтронный дозиметр ДКБН-01

Следует также отметить, что дозиметр ДКГ-14П предназначен для контроля облучения рук и всего тела операторов, занятых, например, переработкой ядерных или радиоактивных материалов, расфасовкой медпрепаратов, содержащих радионуклиды, оценкой эффективности средств защиты от ионизирующих излучений

При контроле облучения рук детекторы со счетчиками СБМ-21 закрепляются на запястьях, при контроле всего тела помещаются в нагрудный карман. Детекторы соединены с прибором, носимом в нагрудном кармане спецодежды, гибким кабелем, по которому передаются сигналы со счетчиков и питание.

Использование электронных прямопоказывающих и «слепых» (без дисплея) дозиметров, в которых обеспечена возможность снятия информации по каналам связи, в системах электронной индивидуальной дозиметрии позволяет за счет оперативного обеспечения равномерной дозовой нагрузки персонала уменьшить максимальную дозовую нагрузку на отдельных лиц. Первые образцы дозиметрических систем с такими дозиметрами «Козодой» были разработаны в СНИИП более 20 лет назад.

В настоящее время на основе электронных прямопоказывающих дозиметров ДИН-01 построена **Система электронной индивидуальной дозиметрии ДИН**. Дозиметры ДИН-01 хранятся в кассах зарядного устройства, имеющих 10-20 ячеек в каждой. При выдаче дозиметра персоналу в него из базы данных заносится вся необходимая информация. Одновременно дозиметрист-оператор устанавливает требуемые пороги по дозе и мощности дозы. После возвращения дозиметров в кассу накопленная информация считывается в базу дан-

Таблица 7. *Миниатюрные электронные прямопоказывающие дозиметры для индивидуального и оперативного контроля*

Наименование прибора / Основные характеристики	ДКГ-01И	ДБГ-01Н	ДБГ-04А	DG-101	ДКГ-12П3 (ДКГ-15П)	ДКР-04 (ДКР-01)	ДКГ-05Д (ДКГ-04Д)	ДКГ-03Д «Грач»
Измеряемые величины	$H^*(10)$, $\dot{H}^*(10)$	$\dot{H}_P(10)$	$\dot{H}_P(10)$	$H_P(10)$, $\dot{H}_P(10)$	$H_P(10)$, $\dot{H}_P(10)$	$H_P(10)$, $\dot{H}_P(10)$	$H_P(10)$, $\dot{H}_P(10)$	$H^*(10)$, $\dot{H}^*(10)$
Диапазон измерения доз, мкЗв	$10\text{-}10^6$			$0{,}1\text{-}10^4$	$1\text{-}10^7$	$10\text{-}10^7$	$0{,}5\text{-}1{,}5\cdot10^7$	$1\text{-}10^8$
Диапазон измерения мощности дозы, мкЗв/ч	$0{,}1\text{-}10^6$	0,1-100 $0{,}1\text{-}10^3$-поиск.	$0{,}1\text{-}10^2$	$0{,}1\text{-}10^4$	$0{,}1\text{-}5\cdot10^6$	$1\text{-}5\cdot10^4$	$1\text{-}10^7$	$0{,}1\text{-}10^3$
Энергия, МэВ: фотоны электроны нейтроны	0,05-3,0	0,04-3,0	0,05-3,0	0,08-6,0	0,05-3,0	0,015-0,15	0,05-3,0	0,05-3,0
Основная погрешность,%	25	25	15	25	25	20	~30	≥15
Энергетическая зависимость чувствительности, %	25	25	25	20	30	30 относит. $E_{фот}$=60 кэВ	30	25 относит. $E_{фот}$=662 кэВ
Пороги сигнализации	есть	нет	нет	нет	есть	есть	есть	есть
Тип детектора	1 счетч. СИ-29БГ, 1 счетч. СИ-34Г	2счетч. СБМ-20	4 счетч. СБМ-20	Si ППД с фильтром	1 счетч. СИ-29БГ, 1 счетч. СИ-34Г	Si ППД с фильтром	2 шт. Si ППД	1 счетч. Г.-М.
Габаритные размеры, мм	152x82x35	146x60x26	150x67x35	140x34x14	120x60x25	76x50x17	140x61x30	111x73x28
Масса, не более, г	400	280	350	150	150	48	110	200
Температура, ^{0}C	-10-+40	0 - +35	0-+40	-10-+40	-10-+40	-5 - +35	-20+50	-20-+50
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	- - -	+ - -	+ - -	- - -	- - -	+ - -	+ - -	+ - -

Продолжение таблицы 7.

Наименование прибора / Основные характеристики	ДИН-01	ДКБН-01	ДКГ-14П	ДКГ- 02**** («Лотос-7»)	«Фотон»	ДКГ-10 («Вега»)
Измеряемые величины	$H^*(10)$, $\dot{H}^*(10)$	$H_P(10)$, $\dot{H}_P(10)$	$H_P(10)$, $\dot{H}_P(10)$	$H_P(10)$, $\dot{H}_P(10)$	$H_P(10)$, $\dot{H}_P(10)$	$H^*(10)$, $\dot{H}^*(10)$
Диапазон измерения доз, мкЗв	10^{-3}-10^7 **	50-10^6	1-10^7	100-3 10^5	1-10^8	1-10^8
Диапазон измерения мощности дозы, мкЗв/ч	0,05-10^7 1-10^7***	10^2-10^6	1-10^5	0,1-3 10^3	1-10^7	0,1-10^7
Энергия, МэВ фотоны электроны нейтроны	0,02-10,0	2,5 10^{-8} - 0,8-14	0,02-3,0	0,06-3,0	0,05-3,0	0,05-3,0
Основная погрешность,%	15	30	25	~15	~25	~25
Энергетическая зависимость чувствительности, %	35	50	25 ($E_{фот}$>0,05 МэВ)		30 для линии 662 кэВ	25 для линии 662 кэВ
Пороги сигнализации	есть	есть	есть	есть	есть	есть
Тип детектора	Сцинтилл полист с доб тяж метал 8х10 мм	Si ППД с фильтром	Счетчик СБМ-21 в корпусе наручных часов	Счетчик СБТ-9	2 Si диода с S=1мм^2 и S=0,025 мм^2	4 счетч СБМ-20, 1 сч СИ-38
Габаритные размеры, мм	100х60х15	120х60х25	120х60х25 и 2 дет	90х55х20	120х60х22	135х87х35
Масса, не более, г	150	160	150	120	130	400
Температура, ^{0}C	-40-+50	-20-+40	-10-+40	0 - +35	-20-+50	-40-+60
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	- - -	- - -	+ - -	- - -	- - -

Примечание * - ДИН-01 - примопоказывающий дозиметр системы индивидуальной дозиметрии ДИН, модификация дозиметра ДКГ-05Д с торцевой индикацией используется в системе АСИДК, ** - доза непрерывного и импульсного фотонного излучения, *** - мощность дозы импульсного фотонного излучения, **** - ДКГ-02 - прямопоказывающий дозиметр системы ИДК гамма-излучения, новый сертификат СИ получен на первый отечественный прямопоказывающий сигнальный дозиметр

ДКС-04, не вошедший в таблицу и измеряющий величины X_γ и $\dot{X}_\gamma$

ных, память дозиметра очищается, и он, после зарядки источника питания, может быть выдан другому лицу. Группы касс устанавливаются в саншлюзах, на постах дежурных дозиметристов и, посредством локальных сетей ПЭВМ, объединяются в единую дозиметрическую базу данных.

На основе модификации дозиметра **ДКГ-05Д** с торцевой индикацией построена **Автоматизированная система индивидуального дозиметрического контроля предприятия (АСИДК)**. Она состоит из считывающего устройства, зарядного устройства кассетного типа на 16 дозиметров и программного обеспечения.

Связь считывающего устройства с ПЭВМ осуществляется по каналу RS232. Обмен информацией дозиметра со считывающим устройством обеспечивается инфракрасным каналом. Дозиметр имеет звуковую и световую сигнализации.

На основе цифровых «интеллектуальных» дозиметров гамма-излучения разработана и находится в стадии сертификации **Система индивидуального дозиметрического контроля с дозиметрами «Лотос-6» и «Лотос-7»**. В данную систему, как и в систему «Козодой», входят «слепые» дозиметры ДКГ-01 («Лотос-6») и прямопоказывающие цифровые дозиметры ДКГ-02 («Лотос-7») с энергонезависимой памятью, количество которых в комплекте определяется потребителем, считывающее устройство, устройство обработки и хранения дозиметрической информации (ПЭВМ) и программное обеспечение.

Характеристики прямопоказывающего дозиметра гамма-излучения ДКГ-02 приведены в табл. 7. «Слепой» дозиметр ДКГ-01 имеет 2 режима работы: с выводом измеренных значений мощности дозы и дозы по вызову. Диапазоны измерения мощности дозы от 1 до $3 \cdot 10^4$ мкЗв/ч и накопленной дозы от 10 до $1{,}5 \cdot 10^6$ мкЗв. Энергетический диапазон от 0,06 до 3,0 МэВ. Детектор - счетчик СБМ-10. В дозиметре предусмотрена установка порогов по мощности дозы и накопленной дозе. Хранение информации осуществляется в энергонезависимой памяти. Считывание информации проводится через устройство считывания. Диапазон температур –10 - +35 ^{0}С. Габаритные размеры 90x55x20 мм, масса 100 г.

Разработка прямопоказывающего дозиметра нейтронов ДКБН-01 находится в стадии завершения.

Актуальной является разработка портативного прямопоказывающего дозиметра для определения индивидуального эквивалента дозы и мощности дозы облучения кожи лица и хрусталика глаза.

На основе отечественной ТЛД дозиметрической системы АК ИДК-201 с ТЛ-дозиметрами ДТЛ-01 и считывателями СТЛ-200 и прямопоказывающих дозиметров RAD 52S и считывателей ADR-25 фирмы RADOS Technology Oy(Финляндия) построена **Автоматизированная система ИДК фотонного излучения персонала первого блока Волгодонской АЭС**. Система обеспечивает автоматический контроль за внешним облучением персонала, автоматический процесс считывания и записи доз, оперативное отображение дозовой нагрузки, автоматический расчет эффективной дозы облучения, принятие решения по использованию персонала в зоне облучения, формирование вывода на экран выборочной информации, автоматически форматирует вывод отчетной документации из базы данных и т.д.. В дальнейшем к этой системе будет подключен комплекс АК ИДК-301, позволяющий обеспечить контроль облучения персонала нейтронным излучением.

Примечание. **Бытовые дозиметры в Рекомендациях не рассматриваются, поскольку они являются индикаторными приборами, а не средствами измерений, и предназначены для выявления населением радиоактивных загрязнений в быту.**

Носимые портативные дозиметры и многофункциональные дозиметры-радиометры для оперативного дозиметрического контроля. В табл.8 приведены основные характеристики этих приборов [39,42,55,56]. В этих приборах применяют малогабаритные детекторы. В результате этого масса таких приборов не превышает 0,6 кг. Они используются для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы, а также для измерения (оценки) амбиентного эквивалента дозы, знание которой необходимо персоналу для выработки оптимального режима работы при выполнении определенной операции.

Кроме того, дополнительно эти приборы позволяют измерять плотность потока бета-частиц и, в ряде случаев, измерять (индицировать) плотность потока альфа-частиц (**ИРД-02, МКС-08П, МКС-09**). Поисковые дозиметры-радиометры часто комплектуются телескопической штангой, на которую устанавливается блок детектирования или только детектор.

На основе прибора **ИРД-02** разработана его модификация - поисковый радиометр-дозиметр **МКС-10П**, в котором в отличие от ИРД-02 детектор-счетчик СБТ-10А установлен на шарнире на конце раздвижной штанги, а измерительный пульт установлен на основании штанги. Измерительный пульт имеет разъем для подключения наушников, которые позволяют определять по частоте звуковых сигналов тенденцию изменения уровня радиационного поля

Поисковый дозиметр ДПГ-02СБ, в котором в качестве детектора используется счётчик СБТ-10, имеет диапазон измерений 10 - 10^4 мкР/ч, комплектуется солнечной батареей для подзарядки аккумуляторов и телескопической штангой. Температурный диапазон прибора - 40 - +50 ^{0}С. Прибор сертифицирован.

Прибор ДКГ-01Д имеет стандартный интерфейс связи с ПК. Он может накапливать до 1000 результатов измерений, проводимых через установленное время.

Прибор ДКГ-02У («Арбитр») – более современная модель широко используемого дозиметра ДРГ-01Т1. В обеих моделях в качестве детекторов применены одинаковые типы и количество газоразрядных счетчиков. Поэтому они имеют близкие технические характеристики.

Прибор МКС-09 за счет своих малых габаритных размеров может носиться в нагрудном кармане спецодежды и после дополнительных испытаний может использоваться для измерения индивидуального эквивалента дозы.

Примечание. Из-за ограниченного объема представленных характеристик прибор ДПГ-02СБ и ряд других приборов в таблицах не представлены.

Для приборов (МКС-08П и МКС-09) предполагается измерение удельной активности воды, пищевых продуктов, материалов и т.д.

В табл 8 не внесен портативный гамма-бета-радиометр ДРГБ-01 «ЭКО-1», поскольку он не соответствует ГОСТ 27451-87, предъявляемым к профессиональным радиометрам. Применение этого прибора в качестве штатного средства измерения объемной активности гамма-бета-излучающих радионуклидов в Центрах ГСЭН и лабораториях радиационного контроля недопустимо, т.к. это приводит к нарушению достоверности радиационного контроля (письмо Федерального центра Госсанэпиднадзора Минздрава России, Центра метрологии ИИ ГП «ВНИИФТРИ» Госстандарта России АНРИ, №3, 1998, с.48).

Носимые дозиметры и многофункциональные дозиметры-радиометры для оперативного радиационного контроля. В табл. 9 приведены основные характеристики этих приборов [39,42,56]. Они характеризуются применением более сложных детекторов. В их состав входят наборы различных газоразрядных счетчиков, различные виды сцинтилляционных счетчиков, ионизационные камеры и др. В связи с этим их масса находится в пределах от 0,6 до 15 кг Как правило, эти приборы обладают более широкими функциональными возможностями, содержат память и имеют канал связи с ПЭВМ.

Радиометры-дозиметры типа МКС-01С, МКС-03С, модификации прибора РЗС, МКС-07П, ДКС-96 и МКС-А02 предназначены для комплексного радиационного контроля производственных помещений, рабочих мест, установок и окружающей среды. Они содержат модификации или набор блоков детектирования гамма-, рентгеновского-, бета-, альфа- и нейтронного излучения, позволяющих выполнять основные задачи оперативного радиационного контроля Приборы могут обеспечивать хранение в памяти результатов измерения, передачу через стандартный канал (например, RS-232С) хранимой информации в ПЭВМ, запоминать информацию при работе в «дежурном» режиме. Для удобства работы приборь могут быть обеспечены наушниками.

Приборы РЗС-10НР и РЗС-10НРЗ и ДКС-96Г предназначены для измерения импульсно го фотонного, в том числе мягкого рентгеновского излучения.

Приборы РЗС-10НР и РЗС-10НРЗ обеспечивают измерение дозы импульсного фотонно

Таблица 8. *Носимые портативные дозиметры и многофункциональные дозиметры-радиометры для оперативного радиационного контроля*

Наименование прибора / Основные характеристики	ДРГ-01Т (ДРГ-01Т1)	ДБГ-06Т	ДРГ-01М	ДКГ-02У («Арбитр»)
Измеряемые величины	$\dot{X}_\gamma$	$\dot{X}_\gamma$	$\dot{H}_P(10)$	$\dot{H}^*(10)$, $H^*(10)$
Диапазон измерения мощности дозы, мкЗв/ч	0,1(0,01) -10^5 (10^4)* поиск (измер)	0,1(0,01) -10^5 (10^4)* поиск (измер)	0,1 – 10**	0,1 - 3 10^6
Диапазон измерения дозы, мкЗв				1 - 1·10^8
Энергия фотонов, МэВ	0,05 - 3,0	0,05 - 3,0	0,05 - 3,0	0,05 - 3,0
Энергетическая зависимость чувствительности, %				
Диапазон измерения плотности потока бета-частиц/см^2·мин				
Энергия бета-частиц, МэВ				
Основная погрешность, %				≥25
Диапазон измерения плотности потока, альфа-частиц/см^2 мин				
Минимальная энергия альфа-частиц, МэВ				
Диапазон измерения удельной активности, кБк/кг				
Время измерения, с	2,5 – поиск, 25 – измер	2,5 – поиск, 25 – измер.		1 - 35
Тип детектора	4 сч -СБМ-20 1(2)сч -СИ-34Г	4 сч - СБМ-20	газораз счетчик на выносной штанге	4 сч.-СБМ-20 1 сч.-СИ-34Г
Индикация	цифровая	цифровая	цифро-аналог. ****	цифро-аналог.****
Масса, кг	0,6	0,6	0,3	0,3
Сигнализация порогов				звуковая
Температура, ^{0}C	-10 - +40		-10 - +40	-20 - +50
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -

Продолжение таблицы 8.

Наименование прибора / Основные характеристики	ДРБП-01А	ДКГ-01Д («Гарант»)	ИРД-02 (МКС-10П)	МКС-08П («Навигатор»)	МКС-09
Измеряемые величины	$\dot{H}^*(10)$, $H^*(10)$, φ_α, φ_β	$\dot{H}^*(10)$, $H^*(10)$	$\dot{H}^*(10)$, φ_β, φ_α	$\dot{H}^*(10)$, $H^*(10)$, φ_β, φ_α, УА	$\dot{H}_P(10)$, $H_P(10)$ φ_β, φ_α, УА
Диапазон измерения мощности дозы, мкЗв/ч	0,1 - 100	$0,1\text{-}3\cdot10^6$	0,1 - 20	0,1 - 100	$0,05 - 10^3$
Диапазон измерения дозы, мкЗв		$1 - 3\ 10^6$		$1 - 10^6$	$1(10) - 10^6$
Энергия фотонов, МэВ	0,05 – 3,0	0,05 – 3,0	0,06 – 1,25	0,04 – 3,0	0,05 – 1,25
Энергетическая зависимость чувствительности, %			30	30	30
Диапазон измерения плотности потока бета-частиц/см^2 мин	$6 - 6\ 10^3$		3 - 2000	$3 - 10^4$ $^{90}Sr - {}^{90}Y$	$0,6 - 6\cdot10^4$ $^{90}Sr - {}^{90}Y$
Энергия бета-частиц, МэВ	0,15 – 3,5		>0,05	>0,05	>0,15
Основная погрешность, %			25	25	25-30
Диапазон измерения плотности потока, альфа-частиц/см^2.мин	$30 - 6\cdot10^3$		10^3–10^8 *** по ^{239}Pu	$2\cdot10^3 - 2\cdot10^5$ ($20\text{-}2\cdot10^4$ по ^{239}Pu)	$0,6\text{-}6\cdot10^4$ ***
Минимальная энергия альфа-частиц, МэВ			3,0	3,0	2,5
Диапазон измерения удельной активности, кБк/кг				$^{137}Cs\cdot10\text{-}2.10^4$ $^{90}Sr+{}^{90}Y$: $2,5\text{-}5\cdot10^3$	$0,1 - 10^3$
Время измерения, с	15	1-9999 (уст.)	2(40)	2(40)	≥1(измен. автом.)
Тип детектора	сч. СИ-8Б	Счетчики	сч. СБТ-10А со съемным фильтром	сч. СБТ-10А со съемным фильтром	сч. Бета-1 со съемным фильтром
Индикация	цифровая	цифровая****	цифровая	цифро-аналог	цифро-аналог.
Масса, кг	0,6	0,4	0,5	0,5	0,28
Сигнализация порогов		Звуковая	звуковая	звуковая	звуковая
Температура, ^{0}С		-20 - +50	-30 - +40	0 - +40	-20 - +40
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	- - -	+ - -	+ + -	- - -	- - -

Примечание * - мощность дозы в мР/ч, ** - по документации прибор измеряет мощность эквивалентной дозы; *** - режим индикации , **** - в приборах ДРГ-01М, ДКГ-01Д и модифицированном варианте ДКГ-02У «Арбитр-М» имеется память и интерфейс связи с ПЭВМ

го излучения, а прибор ДКС-96Г - измерение мощности дозы одиночных импульсов фотонного излучения (при мощности дозы до 1,5 Зв/с длительностью от 0,3 мкс до 18,5 мс) и измерение мощности эквивалентной дозы периодически следующих импульсов (если усредненная мощность дозы не превышает 1 Зв/ч, длительность импульса не менее 0,3 мкс, доза в импульсе не более 0,1 Зв, а пиковое значение мощности дозы в импульсе не превышает 1,5 Зв/с). Эта характеристика приборов является важной при радиационном контроле рабочих мест и помещений, когда вблизи работают медицинские и промышленные аппараты, создающие импульсные поля фотонного излучения.

Радиометр **РПН-12П** предназначен для измерения плотности потока тепловых и быстрых нейтронов (E_n=0,5-5 МэВ, φ_n = 1-10^4 нейтр./с $см^2$ - быстрые нейтроны, φ_n = 0,5-5 10^3 нейтр./с·$см^2$ - тепловые нейтроны).

Универсальный радиометр-спектометр МКС-АО2 предназначен для локализации радиоактивных источников, измерения количественных характеристик альфа-, бета-, гамма- и нейтронного излучения, идентификации гамма-излучающих радионуклидов, хранения измеренных гамма-спектров для их возможной обработки на ПЭВМ. Прибор используется для радиоэкологического мониторинга территорий Он предназначен для работы в лабораторных и в полевых условиях.

Радиометр-спектрометр МКС-АО2 представляет собой переносной прибор, имеющий встроенный сцинтилляционный детектор гамма-излучения, два нейтронных детектора и внешний детектор альфа- и бета-излучения. Нейтронные детекторы выполнены в виде трубок с газом ^{3}He под давлением 8 атм., помещенных в замедлитель из полиэтилена. Детекторы работают в пропорциональном режиме. В комплект поставки входит детектор альфа- и бета-излучения БДС-АБ1.

Предусмотрена работа прибора в двух режимах: оперативном и экспертном. Он выполняет четыре основные функции: поискового прибора, дозиметра, радиометра и спектрометра. В качестве спектрометра прибор позволяет накапливать гамма-спектры, выводить их на дисплей и проводить идентификацию изотопов. В памяти прибора может храниться до 30-ти спектров.

Выпускаются 4 модификации прибора: МКС-АО2-1М (α,β,γ,n), МКС-АО2-2М (α,β,γ), МКС-АО2-3 (γ,n), МКС-АО2-4 (γ), масса которых составляет 4,8; 4,1, 3,6; 2,9 кг соответственно Масса блока детектирования БДС-АБ1 - 1,2 кг.

Значения минимальных обнаруживаемых активностей источников гамма-излучения в поисковом режиме (с вероятностью 0,5 при доверительной вероятности 95 % при гамма-фоне не более 25 мкР/ч, на расстоянии 0,2 м при движении прибора со скоростью ~0,5 м/с с погрешностью 20 %) составляют для ^{133}Ba - 55 кБк, для ^{137}Cs - 100 кБк, для ^{60}Co - 50 кБк. Значение минимально обнаруживаемого потока нейтронов от источника ^{252}Cf в тех же условиях составляет 6,0·10^3 нейтр/с

Диапазон регистрируемых энергий гамма-спектра 0,005-3 МэВ, относительное энергетическое разрешение по линии ^{137}Cs 662 кэВ не более 8 %, интегральная нелинейность 1 %, максимальная входная загрузка гамма-канала 5·10^4 имп/с. Число каналов АЦП - 1024, временная нестабильность - 1 %, температурная нестабильность не более 0,1 % / ^{0}C.

Среди носимых портативных дозиметров и многофункциональных дозиметров-радиометров, в которых в качестве детекторов использованы газоразрядные счетчики, следует выделить приборы ДКГ-02У («Арбитр»), ДРБП-01А, ИРД-02, МКС-08П («Навигатор») и МКС-09, среди носимых дозиметров и многофункциональных дозиметров-радиометров со сцинтилляционными детекторами - ИМЭД-1, МКС-06НМ («Инспектор»), разновидности прибора РЗС-10Н, а также приборы МКС-07П, МКС-АО2.

Применение в приборах ДРБП-01А, ИРД-02(МКС-10П), МКС-08П, МКС-09 торцевых газоразрядных счетчиков СБТ-10А, СИ-8Б, «Бета-1» с большим по площади и тонким входным окном обеспечивает высокую чувствительность этих приборов, позволяет оперативно контролировать радиоактивное загрязнение большой поверхности. По сравнению со стальными цилиндрическими счетчиками, торцевые счетчики обеспечивают регистрацию бета-частиц в более широком энергетическом диапазоне за счет детектирования частиц с малы-

Таблица 9. Носимые дозиметры и многофункциональные дозиметры-радиометры для оперативного радиационного контроля

Наименование прибора / Основные характеристики	ИМД-2Н	ДРБП-03	МКС-02СМ	МКС-03С	ИМЭД-1 *
Измеряемые величины	$\dot{X}_\gamma$	$\dot{H}(10)$, $H(10)$, φ_β , φ_α	Мощность поглощенной дозы фотонного, мощность эквивалентной дозы нейтронного излучения, φ_β, φ_α,	Мощность поглощенной дозы фотонного, мощность эквивалентной дозы нейтронного излучения φ_n	$\dot{H}^*(0,07)$, $H^*(0,07)$ $\dot{H}^*(3)$, $H^*(3)$, $\dot{H}^*(10)$, $H^*(10)$, φ_β
Диапазон измерения мощности дозы фотонного излучения, мкЗв/ч(фот /см^2-с)	10-10^9 **	0,1-3 10^6	0,1-10^7 *** 10^6-10^8	10^3-10^7 ****	0,01-100
Диапазон измерения дозы фотонного излучения, мкЗв		10-1 10^7			0,01-10^4
Энергия фотонов, МэВ	0,08-3,0	0,05-3,0	0,1-3,0	0,1-3,0	0,006-0,12
Диапазон измерения плотности потока, β-част /см^2 мин		6-6 10^4	10-10^5		6-6 10^6
Энергия бета-частиц, МэВ		0,2-3,5	0,3-3,0		0,04-4,0
Основная погрешность, %	30		15	15	20
Диапазон измерения плотности потока, α-част /см^2 мин		6-6 10^4	0,1-10^4		
Минимальная энергия альфа-частиц, МэВ		^{239}Pu	4,15-5,15		
Диапазон измерения удельной активности, кБк/кг					
Диапазон измерения мощности дозы нейтронов, мбэр/ч (нейтр /см^2 с)			10-10^4 1-10^3 индик	1-10^4 (20-2·10^4)	
Измеряемая доза импульсного фотонного излучения					
Энергия нейтронов, МэВ			2,5 10^{-8}-14	2,5 10^{-8}-14	
Время измерения, с	4-40	7-40	1-50		2-15
Тип детектора	газоразрядные счетчики СБМ-20(3 шт), СИ-3БГ, СИ-38Г	газоразр счетчик СИ-8Б, детектор на выдвиж штанге и детектор, встроенный в пульт	газоразр счетч СИ-13Б, СИ-3БГ, СИ-38Г, СНМ-16, сцинт дет , иониз камера	газоразр. счетчики. СНМ-16, СНМ-17, СИ-3БГ в шаровом замедлителе	сцинтилляционный детектор
Вывод информации	логарифм светдиодн	цифровая с подсветкой	цифровая	цифровая	цифровая
Масса, кг	2,0	3,0	11,4д, 2,5 - п	11,5-д; 2,6-п	0,7
Память	нет			есть	
Сигнализация	нет	звуковая			световая, звуковая
Температура, ^{0}С	-50 -+55	-20 -+40	-40 -+50	-40 -+50	-10 -+40
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -	- - -

Продолжение таблицы 9.

Основные характеристики \ Наименование прибора	МКС-06НМ («Инспектор»)	РЗС-10Н	РЗС-10Н3*	РЗС-10НР3	МКС-07П
Измеряемые величины	$\dot{H}^*(10)$, $H^*(10)$, φ_β, φ_α, УА	$\dot{H}^*(10)$, φ_γ, φ_β, φ_α, УА	$\dot{H}^*(0{,}07)$, $H^*(0{,}07)$, $\dot{H}^*(3)$, $H^*(3)$, $\dot{H}^*(10)$, $H^*(10)$	$\dot{H}^*(10)$, $H^*(10)$	$\dot{H}^*(10)$, $H^*(10)$, φ_β, φ_α, УА
Диапазон измерения мощности дозы фотонного излучения, мкЗв/ч(фот./см^2·с)	0,01-1·10^3	0,01-5.10^2 (0,1-1·10^3)	0,05-60	0,1-180	0,01-500
Диапазон измерения дозы фотонного излучения, мкЗв	0,1-10^6		3·10^{-3}-5·10^3	3·10^{-3}-5·10^3	0,01-10^6
Энергия фотонов, МэВ	0,02-3,0	0,06-3,0	0,006-3,0	0,02-3,0	0,02-3,0
Диапазон измерения плотности потока, β-част./см^2·мин	1-1·10^5	4-2·10^4			1-10^5
Энергия бета-частиц, МэВ	0,05-3,5	0,15-3,5			0,05-3,5
Основная погрешность, %	10-20	40	20	20	20
Диапазон измерения плотности потока, α-част./см^2·мин	1-10^5	0,5-1·10^4			1-10^5
Минимальная энергия альфа-частиц, МэВ	^{239}Pu	4,0			2,0
Диапазон измерения удельной активности, кБк/кг	0,05-3·10^4 (бета)	4·10^{-2}-40 (бета), 0,4-40			0,05-3·10^4
Диап.измер.мощн.дозы нейтронов, мбэр/ч (нейтр./см^2·с)					
Измеряемая доза импульсного фотонного излучения			есть	есть	
Энергия нейтронов, МэВ					
Время измерения, с	5-8 γ; 30 β;60 α; 300 уд. акт.	1 - 2000	1	1; 4; 32	2-5 γ;1-25 β; 1- 50 α
Тип детектора	сцинтилляц. фосвич-детектор	сцинтилляц. пленочный фосвич-детектор	сцинтилляционный комбинированный детектор	сцинтилляционный комбинированный детектор	сцинтилляционный фосвич-детектор
Вывод информации	цифровая	цифровая	цифровая	цифровая	цифро-аналоговая
Масса, кг	0,9	1,0–д; 0,5-п	1,5 – д; 0,5 - п	1,3	0,9
Память		есть	есть	есть	есть
Сигнализация	световая, звуковая		световая, звуковая		световая, звуковая
Температура, ^{0}C	-10 -+40	-30 -+50	-30 -+40	-30 - +40	-20 -+50
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	- - -	+ - -	+ - -	+ - -	- - -

Примечание. * - приборы ИМЭД-1 и РЗС-10Н3 без специальной методики измеряют мощность дозы или дозу, которые являются сочетанием указанных в таблице величин, в рекламных материалах на прибор РЗС-10НР3 указано, что он проводит измерение эффективной дозы; ** - мощность дозы в мкР/ч; *** - мощность дозы в мкГр/ч для блоков БДЗС-02С1 и БДРГ-27,соответственно; **** - мощность поглощенной дозы в мкрад/ч.

Продолжение таблицы 9.

Наименование прибора / Основные характеристики	РГА-96	Дозиметр- радиометр ДКС-96 с набором блоков детектирования *		
		ДКС-96Г	ДКС-96П (поисковый, высокочувствительный)	ДКС-96В (поисковый)
Измеряемые величины	φ_α	$\dot{H}^*(10)$, $H^*(10)$	$\dot{H}^*(10)$, φ_β	$\dot{H}^*(10)$, φ_γ
Диапазон измерения мощности дозы фотонного излучения, мкЗв/ч		0,1-1·10^6 **	0,05-100 (^{137}Cs) 10-8·10^3 ***	0,03 – 15(^{137}Cs) 4- 2000 ***
Диапазон измерения дозы, мкЗв		1 – 1·10^8		
Энергия фотонов, МэВ		0,015-10,0	≥0,05	≥0,02
Диапазон измерения плотности потока, бета-частиц/см^2·мин				
Энергия бета-частиц, МэВ				
Основная погрешность, %		≥15		
Диапазон измерения плотности потока, альфа-частиц/см^2·мин	1 - 10^4			
Минимальная энергия альфа-частиц, МэВ	(^{239}Pu)			
Измерение мощности дозы импульсного фотонного излучения		есть		
Диапазон измерения мощности дозы нейтронов, мкЗв/ч				
Диапазон измерения дозы нейтронов, мкЗв				
Энергия нейтронов, МэВ				
Время измерения, с	2; 20; 200			
Вывод информации, сигнализация	цифровая, стрелочная	цифровая, стрелочная, звуковая	цифровая, стрелочная, звуковая	цифровой, стрелочный, звуковая (или наушники)
Тип детектора		БДКС-96 сцинтилляционный с пластиковым детектором	БДПГ-96 сцинтилляционный NaI(Tl) Ø25х40 мм, раздвижной до 1м	БДВГ-96 сцинтилляционный NaI(Tl) Ø63х63 мм, со штангой 1,7 м
Масса, кг	3,0 – д +п	1,5- д; 1,1 - п	0,9- д; 1,1 - п	2,0- д; 1,1 - п
Память		есть	есть	есть
Температура, ^{0}С	-10 - +40	-20 - +50 (-40 - +50)	-20 - +50 (-40 - +50)	-20 - +50 (-40 - +50)
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -

Продолжение таблицы 9.

Наименование прибора / Основные характеристики	Дозиметр-радиометр ДКС-96 с набором блоков детектирования *			
	ДКС-96М (поисковый. ДКС-96М4 со штангой до 4 м)	ДКС-96А	ДКС-96Б (ДКС-96Б1)	ДКС-96Н
Измеряемые величины	$\dot{H}^*(10)$, $H^*(10)$	φ_α	φ_β	$\dot{H}^*(10)$, $H^*(10)$
Диапазон измерения мощности дозы фотонного излучения, мкЗв/ч	0,1 – 1 10^7		0,1-10^4 $\dot{H}_P(10)$ оценка	
Диапазон измерения дозы, мкЗв	1 – 1 10^6			
Энергия фотонов, МэВ	0,05 – 3,0			
Диапазон измерения плотности потока, β-частиц/см^2 мин			10 – 1 10^5 (10-1 10^4)	
Энергия бета-частиц, МэВ			0,3-3 (0,12-3)	
Основная погрешность, %	≥20	≥20 (^{239}Pu)	(≥20)	≥25
Диапазон измерения плотности потока, α-частиц/см^2 мин		0,1 – 1 10^4		
Минимальная энергия альфа-частиц, МэВ				
Измерение мощности дозы импульсного фотонного излучения				
Диапазон измерения мощности дозы нейтронов, мкЗв/ч				0,1 – 1 10^4
Диапазон измерения дозы нейтронов, мкЗв				1 - 10^6
Энергия нейтронов, МэВ				2,5 10^{-8} - 10
Время измерения, с				
Вывод информации, сигнализация	цифровая, стрелочная, звуковая	цифровая, стрелочная, звуковая	цифровая, стрелочная, звуковая	цифровая, стрелочная, звуковая
Тип детектора	БДМГ-96 газоразрядные счетчики, со штангой 1,2 м (по заказу 4 м)	БДЗА-96 сцинтилляционный ZnS	БДЗБ-96 сцинтилляционный (торцевой газоразрядный со штангой 1 м БДЗБ-99)	БДМН-96 сцинтилляционный с полиэтиленовым замедлителем
Масса, кг	0,35- д, 1,1 - п	1,3- д, 1,1 - п	0,6- д, 1,1-п	10,1- д, 1,1 - п
Память	есть	есть	есть	есть
Температура, ^{0}C	-20 - +50 (-40 - +50)	-20 - +50 (-40 - +50)	-20 - +50 (-40 - +50)	-20 - +50 (-40 - +50)
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -

Примечание * - прибор ДКС-96 имеет память на 1000 результатов измерений и интерфейс связи с ПЭВМ, ** - проводит измерение импульсного излучения при частоте следования импульсов ≤ 10 Гц в режиме измерения мощности дозы, а в режиме измерения дозы с любой частотой, в т ч и единичных, *** - плотность потока, фот/с см^2

Продолжение таблицы 9.

Наименование прибора / *Основные характеристики*	СРП-98 (поисковый)	ДКС-90	МКГ-01	МКС-АО2
Измеряемые характеристики	$\dot{H}^*(10)$, φ_β φ_α	$\dot{H}^*(10)$, $H^*(10)$	$\dot{H}^*(10)$, $H^*(10)$, φ_β	$\dot{H}^*(10)$, φ_β, φ_α
Диапазон измерения мощности дозы фотонного излучения, мкЗв/ч	1 – 10 СБДГ-02 * 1 – 10^6 БДБГА-01	0,1 - 10^6	0,1 – 500 501 – 10^4 **	0,1 – 10 (0,1 – 100)
Диапазон измерения дозы, мкЗв		1 - 10^6	0,1 - 10^6	
Энергия фотонов, МэВ	0,05 – 3,0	0,015 – 10,0	0,015 – 3,0	0,05 – 0,3 (0,3 - 3)
Диапазон измерения плотности потока, бета-частиц, част /$см^2$ мин			6 – 1,2 10^4 при фоне <0,25 мкЗв/ч	2 – 20 *** 20 – 5·10^3
Энергия бета-частиц, МэВ	0,1 – 3,0		>0,25	0,3 – 3,0
Основная погрешность, %				20
Диапазон измерения плотности потока, альфа-частиц, част /$см^2$ мин				1 – 10 *** 10 – 5 10^3
Минимальная энергия альфа-частиц, МэВ	^{239}Pu			3
Измерение мощности дозы импульсного фотонного излучения				
Диапазон измерения мощности дозы нейтронов, мкЗв/ч				1 - 10^3
Измеряемая доза нейтронов, мкЗв				
Энергия нейтронов, МэВ				^{239}Pu – Be ***
Время измерения, с	1 - 60			
Вывод информации, *сигнализация*	ЖКИ с подсвет , светов , *звуковая* ****	цифровая, стрелочная		ЖКИ ****
Тип детектора	сцинтилляционный СБДГ-02 CsI(Tl) 45х50мм, БДБГА-01 газоразр счетчики СБМ-20, СИ-34Г, Бета-2	*сцинтилляционный с* пластиковым детектором		γ - сцинтил. NaI(Tl)- ∅34х47 мм, β - сцинтил. полистир. пласт. α - сцинтил.ZnS; n – ^3H детек
Масса, кг	3,5	2,6		2,9 – 4,8
Память	энергонезависимое ОЗУ			есть
Температура, ^0C	-20 - +40	-10 - +40		-20 - +60
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	+ - -	- - -	+ - -

Примечание * - по рекламным материалам прибор измеряет мощность эквивалентной дозы, **- при энергии фотонов 0,065-3,0 МэВ; *** - при погрешности 40 %; **** - имеется интерфейс RS-232 для связи с ПЭВМ

ми энергиями. Эти счетчики после отбора по специальной методике обеспечивают регистрацию альфа-излучения.

Использование приборов со счетчиками, имеющими прямоугольное входное окно, например, со счетчиками СБТ-10А, позволяет более эффективно обнаруживать радиоактивные загрязнения, особенно по краям исследуемых прямоугольных поверхностей предметов, материалов и др. (столов, оборудования, листов металла, пластмассы, денежных билетов и т.д.).

Еще одно преимущество дозиметрических и радиометрических приборов с газоразрядными счетчиками - их относительно невысокая стоимость.

Приборы ИРД-02, МКС-08П, МКС-09 имеют очень удобный для оперативного поиска и измерений радиоактивных источников, загрязнений и аномалий режим, при котором смена показаний осуществляется через каждые 2 с (практически непрерывно) при времени установления показаний около 40 с, а также имеют звуковую сигнализацию. Они содержат минимальное число органов управления. Для проверки работоспособности приборы ИРД-02 и МКС-08П снабжены контрольным источником излучения ^{90}Sr - ^{90}Y, активность которого меньше минимально значимой удельной активности, и на которые не распространяются требования Норм и Правил.

В качестве источников питания в приборах применены малогабаритные батареи и аккумуляторы. К аккумуляторам придается зарядное устройство Кроме того, к приборам ИРД-02 и МКС-08П придается сетевой адаптер, что обеспечивает возможность длительной непрерывной работы.

Дозиметр-радиометр ИРД-02 имеет сертификат средства измерения СИ и санитарно-эпидемиологическое заключение. Он является в настоящее время наиболее массовым оперативным носимым многофункциональным дозиметром-радиометром. На конец 2001 г. в эксплуатации в России и за рубежом находится около 10000 этих приборов. Они успешно применяются на производстве и в службах РБ предприятий Минатома, Минсельхозпрода, МПО и СК «Радон», полигонах захоронения, Центрального, Сберегательного и многих коммерческих банков, органах госсанэпиднадзора Минздрава России, ГИБДД, службах безопасности высших органов власти и др.

Интеллектуальный микропроцессорный радиометр-дозиметр МКС-08П («Навигатор») является новейшей модификацией приборов типа ИРД-02. Государственные приемочные испытания по прибору МКС-08П должны завершиться во второй половине 2003 г.

По сравнению с радиометром-дозиметром ИРД-02 МКС-08П обеспечивает измерение мощности амбиентного эквивалента дозы в более широком диапазоне, измерение амбиентного эквивалента дозы, что очень удобно пользователю для оценки набираемой или набранной дозы, имеет расширенный энергетический диапазон регистрируемых фотонов, расширенный диапазон измерения плотности потока бета-частиц, обеспечивает измерение объемной активности проб окружающей среды с помощью прилагаемой кюветы, а также измерение плотности потока альфа-частиц. С помощью микропроцессора в приборе проводится автоматическая обработка и усреднение результатов измерений и их цифровое и аналоговое представление на матричном дисплее.

В портативном интеллектуальном дозиметре-радиометре МКС-09 в качестве детектора применен торцевой газоразрядный счетчик с тонким входным окном «Бета-1». Как уже отмечалось, прибор, благодаря своим малым габаритным размерам и массе, может носиться в нагрудном кармане спецодежды и использоваться как индивидуальный дозиметр. Для удобства пользования измерение мощности дозы может осуществляться в режиме интенсиметра со сменой показаний через 1 с. Предусмотрена возможность установления времени снятия показаний оператором от нескольких секунд до 30 мин При обеспечении заданной погрешности время установления показаний автоматическое В приборе предусмотрена пороговая сигнализация по мощности дозы и дозе. Отображение результатов измерений осуществляется с помощью матричного цифро-аналогового жидкокристаллического дисплея.

Сцинтилляционные носимые дозиметры и многофункциональные дозиметры-радиометры

ИМЭД-1, МКС-06НМ, модификации прибора РЗС-10Н, а также дозиметры-радиометры МКС-07П, МКС-АО2 и др. обладают высокой чувствительностью при измерении мощности дозы, плотности потока и объемной активности, а также высоким быстродействием. Другой особенностью, как уже отмечалось, является возможность проведения измерений в рентгеновской области спектра непрерывного и импульсного фотонного излучения - приборы РЗС-10Н3, РЗС-10НР3 и ДКС-96Г. Однако по стоимости приборы со сцинтилляционными детекторами дороже приборов с газоразрядными счетчиками.

К этой группе также относится Радиометр-дозиметр МКС-04Н. Диапазон измерения прибора по мощности дозы от 0,1 до 10^3 мкЗв/ч, по плотности потока бета-частиц от 1 до 10^4 част/см^2·мин. Диапазон энергии гамма-излучения 0,1-3,0 МэВ, бета-излучения 0,05-3,0 МэВ. Время измерения 1-25 с в режиме «гамма» и 3,5-50 с в режиме «бета». Масса прибора 1,1 кг. На основе этого прибора был разработан более современный и универсальный прибор МКС-06НМ («Инспектор»).

Многофункциональные дозиметры-радиометры по количеству измеряемых параметров в рекламных целях часто называют «Два (три или четыре) прибора в одном».

К многофункциональным дозиметрам-радиометрам следует отнести группу специализированных приборов, предназначенных для работы в условиях жестких полевых или морских климатических и механических нагрузок. К ним относятся (табл.10) **Радиометрические приборы контроля плотности потока нейтронного и гамма-излучения СРПС2 и СРПС7, Радиометрические приборы контроля плотности потока нейтронного излучения СРПН3 и СРПН6МА**. Эти приборы предназначены для обнаружения источников нейтронного и гамма-излучения или нейтронного излучения, создающих в точке наблюдения плотность потока частиц, сравнимую с уровнем естественного фона (приборы СРПС2, СРПС7, СРПН3 и СРПН6 МА), оценки мощности эквивалентной дозы нейтронного и гамма-излучения (прибор СРПС2), картографирования полей нейтронного и гамма-излучения (прибор СРПС7), оценки мощности эквивалентной дозы нейтронного излучения, измерения загрязнения поверхности нейтронно-активными веществами, оценки спектрального состава нейтронного излучения (прибор СРПН3), картографирования полей нейтронного излучения, измерение загрязнения поверхности нейтронно-активными веществами, пространственной селекцией источников нейтронного излучения (СРПН6МА).

Приборы отличаются многофункциональностью, возможностью независимого использования различных детекторов, питание приборов автономное или сетевое

Приборы не имеют сертификатов об утверждении типа средства измерений.

Кроме того были разработаны, получили сертификат СИ и имели различный объем выпуска такие приборы, как дозиметры **ДРГ-11Т** («Рудник») и **ДБГ-12Т** («Гудфил»), дозиметры-радиометры **ДРБ-5** («Эко-7»), бета-гамма-радиометры-дозиметры **ЭКОЮНИКС**, дозиметры-радиометры **ДРГБ-04**, приборы комбинированные **РКСБ-06** («Викон»), спектометры-дозиметры гамма и рентгеновского излучения **МКС-СК1** («Скиф»), приборы геологоразведочные сцинтилляционные **СРП-97**, дозиметры рентгеновского излучения клинические ДРК-1, установки дозиметрические **ДКГ-01Т** и др., краткие характеристики которых приведены в работе [38].

Дозиметры ДРГ-11Т («Рудник») и **ДБГ-12Т** («Гудфил») предназначены для определения мощности экспозиционной дозы фотонного излучения в горных выработках шахт.

Дозиметры-радиометры ДРГ-5 («Эко-7») предназначены для дозиметрических и радиометрических измерений основных параметров полей гамма- и бета-излучающих радионуклидов, измерения уровня радиоактивных загрязнений.

Бета-гамма радиометры-дозиметры ЭКОЮНИКС предназначены для измерения эквивалентной дозы и мощности эквивалентной дозы фотонного излучения, а также плотности потока бета-излучения. Диапазоны измерения по мощности дозы от 0,1 до 100 мкЗв/ч, по дозе от 0,001 до 10 мкЗв, по удельной, объемной активности от 0,3 до 1000 кБк/л.

Дозиметры-радиометры ДРГБ-04 предназначены для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы фотонного излучения, плотности потока бета-частиц и средней скорости счета импульсов. Диапазоны измерений по мощности дозы от 0,2 до 100 мкЗв/ч и по

Таблица 10. *Специализированные многофункциональные дозиметры-радиометры*

Наименование прибора / Наименование блока и основные хартики	СРПС2	СРПС7	СРПН3		СРПН6МА	
Детектор нейтронов	15 счетч на основе Не-3 СИ-19Н	8 счетч на основе Не-3 СИ-19Н	детектор тепло-вых нейтронов	детектор нейтронов	направл. детектор нейтронов, 5 счетч на основе Не-3 СИ-14Н	детектор быстрых нейтронов, 8 счетч на основе Не-3 СИ-19Н
Чувствительность к нейтронам, $см^2$	~100 с Е<100 кэВ, 100 50 с Е< 5 МэВ	50 ± 5 с Е>100кэВ	15 ± 5 с Е<100 кэВ ~0 с Е>100 кэВ	15 ± 5 с Е<5 МэВ	5 ± 2 с Е>100 кэВ	50 ± 0,5 с Е>100 кэВ
Направленность (на уровне 50 % чувствит), град					30	
Мертвое время, мкс	~15	~30	~6	~6	~30	~30
Габаритные размеры, мм	620x500x110	350x130x70	300x200x40	300x200x120	650x230x210	370x350x130
Масса, кг	20	15	3	6	18	15
Детектор гамма-излучения	сцинтилляц с кристалл NaI(Tl) ∅63x63 мм	сцинтилляц с кристалл NaI(Tl) ∅40x40 мм				
Чувствительность к фотонам с E_γ=0,1-1,2 МэВ, $см^2$	25	10 ± 3				
Мертвое время, мкс	~15	~15				
Габаритные размеры, мм	550x120	320x70				
Масса, кг	3,5	1,5				
Регистратор экспозиция, с	0,5, 5, 50	1 - 1999	1, 10, 100, 1000		1 - 9999	
Порог обнаружения, станд отклонение	4, 8					
Число каналов регистрации	2					
Задержка регистра-ции после облучения	-	1-999 мс			1 – 999 с	
Амплитуда входных сигналов (TTL), В	5 ± 10 %	5 ± 10 %	5 ± 10 %		5 ± 10 %	
Входное сопротив-ление, кОм	75	0,3	10		300	
Максимальная загрузка, имп/с	$8\ 10^5$	$5\ 10^5$	$1\ 10^5$		$1\ 10^5$	
Питание, В	=24-27	=10-12, 220, 110	=10-12 220 (с зар устр)		=10-12 220(с зар устр)	
Габаритные размеры, мм		320x260x90			320x260x90	
Масса, кг		6			6	

плотности потока от 0,2 до 100 част/см^2·с.

Приборы комбинированные для измерения ионизирующих излучений РКСБ-06 («Викон») предназначены для измерения мощности эквивалентной дозы в диапазонах от 0,1 до 100 мкЗв/ч и от 10 до 10000 мкЗв/ч.

Приборы геологоразведочные сцинтилляционные СРП-97 предназначены для поиска радиоактивных руд по их гамма-излучению, для радиометрической съемки местности и обнаружения зон радиоактивного загрязнения. Диапазон измерения мощности экспозиционной дозы от 30 до 3000 мкР/ч при погрешности 15 %. Для использования его с целью измерения мощности амбиентного эквивалента дозы необходима переградуировка прибора.

Установки дозиметрические ДКГ-01Т предназначены для измерения мощности эквивалентной дозы и мощности поглощенной дозы фотонного излучения в ткани при проведении экспрессной гамма-съемки. Диапазоны измерения мощности эквивалентной дозы от 0,1 мкЗв/ч до 10 мЗв/ч и мощности поглощенной дозы от 10 до 1000 мГр/ч.

Зарубежная дозиметрическая аппаратура.

В настоящее время у российских пользователей имеется значительный парк зарубежной аппаратуры. В основном это аппаратура стран Европы (Франции, Германии, Финляндии, Швеции и др.), США и Японии, аппаратура стран СНГ - Беларуси, Украины, Казахстана, а также Литвы и Эстонии. Аппаратура могла быть закуплена на выделенные государством валютные средства для выполнения важнейших государственных программ (ликвидация последствий аварии на ЧАЭС, ликвидация оружия массового поражения, контроль и учет ядерных материалов, контроль отработанного ядерного топлива (ОЯТ) при его хранении и перевозке, контроль ядерных испытательных полигонов и т.д.), получена или закуплена на средства, выделенные отдельными зарубежными государствами и Европейским экономическим сообществом для выполнения различных проектов, в том числе и совместимых, по радиоэкологическому мониторингу человека, промышленных объектов и окружающей среды.

Часть этой аппаратуры, в основном дозиметры-радиометры, допущена Госстандартом России к применению в РФ [38].

К приборам, поставляемым Беларусью относятся дозиметры **ДВГ-РМ 1103, ДКГ-РМ 1203, ДКГ-105, ДКГ-РМ 1603, EL1101, МКС-РМ 1501, ДРС-РМ 1401, МКС-1117 (EL1117), ДКС-1119 (EL1119), ДКС-1119С (EL1119С), МКС-РМ 1402М, ДКГ-АТ 2503, ДКС-АТ 3509** и приборы комбинированные **РКС-107**.

Дозиметры ДВГ-РМ 1103 предназначены для измерения мощности полевой эквивалентной дозы фотонного излучения в диапазоне от 1 до 3000 мкЗв/ч.

Дозиметры микропроцессорные ДКГ-РМ 1203 предназначены для измерения мощности эквивалентной дозы фотонного излучения и показания времени. Диапазоны измерения от 0,1 до 23 мкЗв/ч, от 0,1 до 10 мкЗв/ч с шагом 0,1; при энергии фотонов от 0,06 до 1,5 МэВ.

Дозиметры ДКГ-05 предназначены для измерения мощности эквивалентной дозы и эквивалентной дозы фотонного излучения в диапазонах от 0,1 до 100 мкЗв/ч и от 0 до 1000 мкЗв при энергии фотонов от 0,06 до 1,25 МэВ.

Дозиметры гамма-излучения наручные ДКГ-РМ 1603 предназначены для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы фотонного излучения, амбиентного эквивалента дозы и использования в качестве наручных часов Диапазоны измерения от 0,001 до 5000 мкЗв/ч и от 0,001 до 10^4 мЗв.

Дозиметры EL1101 предназначены для поиска ИИИ, радиоактивных материалов, измерения мощности эквивалентной дозы фотонного излучения, средней энергии спектра регистрируемого фотонного излучения. Диапазон измерения от 0,05 до 1000 мкЗв/ч при погрешности не более 15 %. Энергетический диапазон фотонов от 0,04 до 3,0 МэВ. Масса около 3 кг.

Радиометры-дозиметры универсальные МКС-РМ 1501 предназначены для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы фотонного излучения, плотности потока альфа- и бета-излучения, индикации нейтронного излучения, оценки радионуклидного состава

по накопленным спектрам. Диапазон измерения от 0,1 до 10^5 мкЗв/ч при погрешности $(20 + 0{,}4/\dot{H}^*)$.

Дозиметры поисковые микропроцессорные ДРС-РМ 1401 предназначены для таможенного контроля за делящимися и радиоактивными материалами по гамма- и рентгеновскому излучению, поиска ИИИ. Диапазон измерения мощности эквивалентной дозы от 0,05 до 40 мкЗв/ч. Энергетический диапазон 0,06-1,25 МэВ.

Дозиметры-радиометры бета-гамма-излучения МКС-1117 (EL1117) предназначены для оперативного поиска ИИИ фотонного излучения, а также для измерения мощности эквивалентной дозы и мощности поглощенной в воздухе дозы фотонного излучения, средней скорости счета зарегистрированных фотонов и средней энергии спектра регистрируемого фотонного излучения, плотности потока бета-частиц. Диапазоны измерения мощности дозы от 0,05 до 1000 мкЗв/ч и от 0,05 до 1000 мкГр/ч при погрешности 15 %

Дозиметры рентгеновского и гамма-излучения ДКС-1119 (EL1119), ДКС-1119С (EL1119C) предназначены для измерения мощности поглощенной в воздухе и эквивалентной дозы, а также поглощенной и эквивалентной дозы рентгеновского и гамма-излучения в диапазонах от 0,05 мкГр/ч до 10 Гр/ч, от 0,05 мкЗв/ч до 10 Зв/ч, от 0,05 мкГр до 10 Гр и от 0,05 мкЗв до 10 Зв, соответственно, при погрешности 20 % Энергетический диапазон от 0,02 до 3,0 МэВ. Масса около 3 кг.

Дозиметры-радиометры поисковые МКС-РМ 1402М предназначены для поиска, локализации и экспресс-идентификации ядерных и радиоактивных материалов. Имеют встроенный анализатор с запоминанием спектров и возможность их передачи на ПЭВМ. Диапазон измерения мощности эквивалентной дозы фотонного излучения от 0,05 до 10^5 мкЗв/ч (с разными детекторами) при энергии фотонного излучения 0,06 - 1,5 МэВ. Приборы позволяют проводить измерение плотности потока альфа- и бета-излучения, оценку мощности эквивалентной дозы нейтронного излучения.

Индивидуальный цифровой дозиметр ДКГ-АТ 2503 предназначен для измерения индивидуального эквивалента дозы и мощности дозы рентгеновского и гамма-излучения в диапазоне энергий фотонов от 0,05 до 1,5 МэВ. В качестве детектора в приборе применен счетчик Гейгера СБМ-21 с энергокомпенсирующим фильтром. Учет собственного фона и микропроцессорная обработка обеспечивают высокую точность в широком (6,5 порядков) диапазоне мощностей доз Диапазон измерения дозы 1 мкЗв - 10 Зв с шагом 0,1 мкЗв, мощности дозы от 0,1 мкЗв/ч до 0,5 Зв/ч. Показания выводятся на ЖКИ с подсветкой. Основная погрешность измерения дозы 15 %. Основная погрешность измерения мощности дозы от 0,1 до 1 мкЗв/ч 25 %, свыше 1 мкЗв/ч - 15 %. Энергетическая зависимость 30 %. Сигнализация звуковая и светодиодная при превышении диапазона измерения по дозе и мощности дозы, порога по дозе и мощности дозы и др. Диапазон рабочих температур -10 - +40 ^{0}С. Габаритные размеры 85x46x16 мм, масса 70 г. Прибор имеет энергонезависимую память, сохраняющую накопленную дозу и историю накопления дозы. Прибор можно использовать автономно или в составе системы дозиметрического контроля, состоящей из набора дозиметров, устройства считывания с интерфейсом RS232 и ПЭВМ

Индивидуальный цифровой дозиметр ДКС-АТ 3509 (ДКС-АТ 3510) с кремниевым детектором предназначен для измерения индивидуального эквивалента дозы и мощности дозы рентгеновского и гамма-излучения с энергией фотонов от 0,015 до 10 МэВ. Диапазон измерения дозы от 1 мкЗв до 10 Зв, мощности дозы от 0,1 мкЗв/ч до 1 Зв/ч (ДКС-АТ 3510 - от 0,1 мкЗв/ч до 0,5 Зв/ч). Показания выводятся на ЖКИ с подсветкой. Основная погрешность измерения дозы - 15 %. Основная погрешность измерения мощности дозы от 0,1 до 1 мкЗв/ч - 30 %, свыше 1 мкЗв/ч - 15 %. Энергетическая зависимость в диапазоне 15 кэВ - 1,5 МэВ - 25 %, в диапазоне 1,5 - 10 МэВ - 50 %. Сигнализация звуковая и светодиодная при превышении диапазона измерения по дозе и мощности дозы, порога по дозе и мощности дозы и др Диапазон рабочих температур -10 - +40 ^{0}С. Габаритные размеры 104x58x23 мм. Масса 100 г. Остальные характеристики и возможности как у прибора ДКГ-АТ 2503.

Приборы комбинированные РКС-107 предназначены для измерения мощности полевой эквивалентной дозы фотонного излучения, плотности потока бета-излучения, удельной

активности ^{137}Cs в водных растворах, а также сигнализации о превышении измеряемой мощности дозы пороговых значений 0,6 и 1,2 мкЗв/ч. Диапазоны измерения по мощности дозы от 0,1 до 1000 мкЗв/ч, по плотности потока бета-излучения от 0,1 до 1000 част/см^2·с и удельной активности от 2 до 9990 Бк/кг.

Из приборов, поставляемых **Германией**, к рассматриваемой группе относятся **Измерители мощности эквивалентной дозы гамма-излучения Gamma TRACER**. Они предназначены для измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения, записи измеренных значений в память прибора и передачи их в ПК для последующей обработки в ПК. Диапазон измерения от 0,1 мкЗв/ч до 10 мЗв/ч при погрешности от 20 %.

К аппаратуре, поставляемой **Латвией**, относится **Комплект индивидуального дозиметрического контроля ДТУ-01**. Комплект поставляется со стандартным интерфейсом связи с ПЭВМ и программным обеспечением для обработки результатов измерения и создания базы дозиметрического контроля. В состав Комплекта входят пульт управления с блоком высвечивания, блок термообработки детекторов, дозиметры с термолюминесцентными детекторами и ПЭВМ с принтером. В Комплекте предусмотрена возможность работы в режиме ручной обработки данных (без ПЭВМ). Диапазон измерения индивидуального эквивалента дозы с детекторами ТЛД-500К от 0,5 до 10^6 мкЗв, с детекторами ТЛД-1011 от 5 до $1{\cdot}10^7$ мкЗв, с детекторами ДТГ-4 от 50 до $1{\cdot}10^8$ мкЗв. Погрешность измерений в диапазоне доз до 10 мЗв - 30 %, более 10 мЗв - 15 %. Феднинг в год не более 3 %. Число циклов использования детекторов не менее 500. Масса Комплекта 25 кг.

К приборам, поставляемым **Литвой**, относятся **Дозиметры рентгеновские селективные S2010 («SPECTR»)**, предназначенные для измерения мощности экспозиционной дозы и экспозиционной дозы рентгеновского излучения в диапазоне энергий фотонов от 4 до 140 кэВ.

К приборам, поставляемым **Эстонией**, относятся **Радиометры-дозиметры МКС-04Н («Марс»)**, предназначенные для измерения рентгеновского и гамма-излучения, плотности потока бета-частиц и удельной, объемной активности в пробах.

К приборам, поставляемым **Украиной**, относятся **Дозиметры ДКС-90У, ДКС-90Н** и новый **Радиометр-дозиметр МКС-05 («Терра»)**, предназначенные для измерения амбиентного эквивалента дозы и мощности амбиентного эквивалента дозы фотонного излучения. Прибор МКС-05 измеряет также плотность потока бета-частиц.

К системам и приборам, поставляемым **Финляндией**, относятся **Дозиметры RAD-51S, RAD-52S, RAD-62 и системы дозиметрические ДОЗАКУС**.

Дозиметры программируемые персональные RAD-51S, RAD-52S (RAD-62) предназначены для измерения индивидуального эквивалента дозы и мощности индивидуального эквивалента дозы фотонного излучения. Диапазоны измерения от 1 мкЗв до 1000 мЗв и от 50 мкЗв/ч до 3 Зв/ч (5 мкЗв/ч - 3 Зв/ч). В качестве детектора в этих приборах использованы кремниевые ППД.

Системы дозиметрические термолюминесцентные ДОЗАКУС предназначены для измерения индивидуального эквивалента дозы фотонного и нейтронного излучений и направленной эквивалентной дозы бета-излучения Диапазон измерения от 0,15 до 10000 мЗв при погрешности 40 %.

США поставляет **Счетчик бета-частиц ВС-4**, предназначенный для измерения плотности потока бета-частиц. Диапазон измерения от 60 до 10^6 част /мин при погрешности 15 %.

Необходимо отметить, что перечень аппаратуры и отдельных приборов, прошедших сертификацию в органах Госстандарта и получивших санитарно-эпидемиологическое заключение в Государственной санитарно-эпидемиологической службе, непрерывно обновляется

2.2. Радиометры

Согласно МУ 2.6 1.14-2001 «Контроль радиационной обстановки. Общие требования» и установившейся практике наиболее важными направлениями радиометрии при классификации по контролируемому радиационному параметру являются [6,19,34,41,42]:

• контроль объемной активности (ОА) радиоактивных аэрозолей (паров),
• контроль объемной активности альфа-активных газов;
• контроль объемной активности бета-активных газов, в том числе ^{3}H и ^{14}C;
• контроль удельной или объемной активности радионуклидов в жидкостях и пробах окружающей среды;
• контроль поверхностного загрязнения радионуклидами.

В радиометрических измерениях находят применение носимые, переносные и стационарные радиометры. Первые два типа в основном применяют для оперативного (инспекционного) контроля. Стационарные радиометры используют для контроля отдельных точек (в том числе для аварийного контроля) или с блоками детектирования со стандартным интерфейсом в составе систем радиационного контроля.

2.2.1. Радиометры объемной активности аэрозолей

Радиометры аэрозолей позволяют решить следующие основные задачи [1,18,40,57]:
• контроль объемной активности радиоактивного аэрозоля в рабочих помещениях радиационно-опасных объектов;
• контроль выброса радиоактивного аэрозоля в окружающую среду.

Измеряемой физической величиной для данного класса приборов является объемная активность (ОА) радиоактивного аэрозоля в Бк/м^3 (ранее Ки/л, Ки/м^3). Эта величина, с учетом других характеристик радиоактивного аэрозоля, которые дополнительно определяются, как правило, периодически для конкретных объектов и технологий лабораторными методами (дисперсность, растворимость, нуклидный состав), позволяет определить поступление радионуклидов в организм человека с учетом объема вдыхаемого им воздуха и времени пребывания в рабочем помещении и вклад от этого поступления в ожидаемую дозу внутреннего облучения человека [58,59].

Контроль выброса радиоактивных аэрозолей в атмосферу важен также для технологического контроля и для прогнозирования загрязнения объектов окружающей среды.

Специфика и сложность решения перечисленных выше задач позволяет рассматривать их как отдельное направление ядерного приборостроения, тем более, что традиционно к радиометрии аэрозолей всегда относили и задачи по контролю радиоактивного иода, в том числе и паров иода, а нередко и еще более сложных газоаэрозольных соединений и смесей

Приоритетными направлениями отечественного аэрозольного приборостроения всегда считались работы по созданию стационарных радиометров, а также блоков и устройств детектирования аэрозолей для различного рода информационно-измерительных систем радиационного контроля, для установок контроля газоаэрозольных выбросов АЭС и других радиационно-опасных объектов.

Природная нестабильность контролируемой среды, сложная цепочка измерительных преобразований определяют трудоемкость методической проработки аппаратурных решений для получения достоверных результатов измерений (основная погрешность рабочих средств измерений остается на уровне 50 %).

Основным методом для подготовки измеряемой аэрозольной пробы является аспирационный метод - метод прокачки загрязненного радиоактивными частицами воздуха с использованием высокоэффективных фильтрующих материалов Петрянова (фильтры АФА, ленты НЭЛ, ЛФС и СФЛ).

Самая большая потребность сформировалась в стационарных радиометрах аэрозолей для непрерывного мониторинга воздушной среды в рабочих помещениях При этом их технические характеристики носили и носят объектовую ориентацию (АЭС, радиохимические производства и т д). Технические характеристики наиболее распространенных аэрозольных радиометров приведены в табл.11. Одновременно разрабатывались переносные и носимые приборы и пробоотборники для лабораторного контроля проб аэрозоля, инспекционного контроля и индивидуального контроля воздуха в зоне дыхания Однако изготавливались приборы и пробоотборники небольшими партиями или единичными образцами.

С учетом требований НРБ-99 актуальной задачей остается выпуск пробоотборников для

индивидуального контроля воздуха в зоне дыхания персонала. Для персонала, работающего в наиболее загрязненных зонах и в аварийных ситуациях, наличие индивидуального пробоотборника аэрозолей позволяет получить более достоверные данные о дозах внутреннего облучения.

Для контроля радиоактивных газоаэрозольных выбросов были разработаны радиометры семейства РК - **«Калина»** и **установки типа РКС**. Они нашли широкое применение на отечественных и построенных нашей страной за рубежом АЭС (страны бывшего СЭВ и Финляндия), промышленных реакторах. Эта аппаратура определила идеологию и практику организации непрерывного автоматизированного контроля радиоактивных выбросов на АЭС, закрепленных в нормативных документах. Обновленные и многократно модернизированные радиометрические установки типа РКС в настоящее время функционируют на многих АЭС.

Установки РКС, имевшие несколько модификаций - **РКС-02, РКС-03** выпускались серийно [60]

Новые блоки и устройства детектирования аэрозолей и паров иода в составе КАТСРК «Орешник» стали основой проектирования более совершенных приборов и установок контроля радиационной обстановки, включая и контроль радиоактивных выбросов в атмосферу, на различных предприятиях ЯТЦ [61]. По существу была разработана и внедрена новая технология создания объекто-ориентированной аппаратуры. В соответствии с ней созданы **Блоки и устройства детектирования БДАА-01, БДАС-03П семейства УДА**. Блок БДАС-03П является одним из самых легких УД с лентопротяжным механизмом, обеспечивающим регистрацию на уровне требований НРБ. В этом классе он, пожалуй, самый массовый

Новая аппаратура обеспечивает контроль.

- ОА аэрозолей альфа-излучающих радионуклидов;
- ОА бета-гамма-активных аэрозолей;
- ОА аэрозолей и паров иода-131.

В это же время была разработана последняя модификация установки из семейства **РКС-РКС-07П и РКС-07П1** для контроля выбросов на АЭС, создан аппаратурно-методический комплекс для контроля гексафторида урана.

Дальнейшая работа по усовершенствованию аппаратурно-методической базы аэрозольного приборостроения и установок контроля газоаэрозольных выбросов проходит в рамках создания и промышленного освоения автоматизированных комплексов КТС КРБ (система АСКРБ) и КТС КРО («Орешник-Т»). Новые типы блоков детектирования аэрозолей представлены в разделе 2.5 [62].

Представляет интерес новая разработка **Радиометрической установки объемной активности альфа- и бета-активных аэрозолей УДА-1АБ** [39]

УДА-1АБ является функционально законченным прибором, в состав которого включены устройство детектирования аэрозолей (блоки детектирования, лентопротяжный механизм, лента типа ЛФС-2-5, электронные блоки), воздуходувка и другое оборудование. Режим работы непрерывный стационарный с возможностью передачи информации в локальную сеть (интерфейс-связь RS-232, RS-485, Ethernet), а также мобильный с насосным блоком на тележке.

В приборе используются два кремниевых спектрометрических детектора (табл 11)

Диапазон измерения·

ОА альфа-излучателей - 10^{-2} - 10^{5} Бк/м^3,

ОА бета-излучателей - 10^{-1} - 10^{6} Бк/м^3

Обеспечивается компенсация ОА дочерних продуктов радона и внешнего гамма-фона Скорость прокачки воздуха из рабочих помещений или вентилляционных систем с собствен ным насосом 60 л/мин.

Объем архива рассчитан на сбор данных за один месяц измерения, средний расход ленты при непрерывной работе - 1 м за 130 ч. Масса прибора 12 кг и 42 кг без насосного блока или с насосным блоком, соответственно.

Таблица 11. *Средства измерения объемной активности радиоактивных аэрозолей и паров в воздухе рабочих помещений и в выбросах в атмосферу*

Измеряемая величина / Радионуклид, Вид излучения	Допустимый уровень по НРБ-99 (диапазон измерения в НРО), Бк/м^3	Наименование средства измерения, детектор	Основные характеристики					
			Диапазон измерений, Бк/м^3	Основная погрешность, %	Диапазон энергий, МэВ	Температура, ^{0}С	Масса, кг	Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ
Объемная активность		Блок детектирования **БДАС-03П-01**				+5 +50	16	+ - -
альфа-активные аэрозоли	1,7 ($1\ 10^{-1} - 1\ 10^{1}$)	ППД	$8\ 10^{-2}$-$3\ 10^{4}$ (α)		2,5-4,85			
бета-активные аэрозоли	$3{,}3\ 10^{1}$ ($1{,}5\ 10^{1}$-$1{,}5\ 10^{4}$)	ППД	$2{,}5\ 10^{1}$-$1\ 10^{5}$ (β)		0,3-2,25			
Объемная активность		Установка **РКС-07П**						
бета-активные аэрозоли	$3{,}3\ 10^{1}$ ($1{,}5\ 10^{1}$-$1{,}5\ 10^{4}$)	**УДАП-03П** сцинт , стильбен	$3\ 10^{-1} - 8\ 10^{7}$			+5 +50	78	+ - -
бета-гамма-активные пары радиоактивного иода	$1{,}1\ 10^{3}$ ($4\ 10^{1}$-$4\ 10^{4}$)	**УДАС-02П** сцинт NaI(Tl)	$3\ 10^{1}$-$2\ 10^{4}$ (по фотонному излучению), $3\ 10^{-1}$-10^{4} (по бета-излучению)		^{131}I	+5 +40		+ - -
		сцинт , стильбен			0,3-2,25		90	
бета-активные инертные газы	не нормируется ($4\ 10^{3} - 4\ 10^{7}$)	**БДГБ-02П** ионизац камера	$4\ 10^{4}$-10^{11}		^{41}Ar, ^{85}Kr, ^{133}Xe	+5 +40	6	+ - -
	- " -	Установка **УДА-1АБ**				-10 +50	12 (42)	- - -
бета-активные аэрозоли			10^{-1}-10^{6}		0,15-3,0			
альфа-активные аэрозоли			10^{-2}-10^{5}		3-10,0			

Примечание БДАС-03П-01 - блок детектирования для автоматизированных систем КАТСРК и АКРБ, готовится к выпуску радиометрическая установка объемной активности радиоактивного иода в воздухе УДИ-1Б

2.2.2. Радиометры объемной активности альфа-активных газов

Альфа-активные газы (эманации) радон и торон являются важнейшими составляющими природного радиационного фона. На долю радона и, прежде всего, его короткоживущих дочерних продуктов распада (ДПР) в эффективной дозе облучения населения приходится не менее половины общей дозы от всех природных источников ионизирующего излучения [6,44,63]. Однако долгое время вредное воздействие радона-222 и его короткоживущих дочерних продуктов на организм человека связывали, в основном, с профессиональными работниками, занятыми на предприятиях по добыче и переработке урана. Поэтому приборостроение не было ориентировано на разработку и изготовление средств измерения радона в зданиях жилищного и общественного назначения [64,65].

В принятом в 1996 г. Федеральном Законе «О радиационной безопасности населения» были закреплены основные положения о степени опасности природных источников излучения и защите населения и персонала. В НРБ-99 эти положения были развиты и уточнены.

Большое внимание к проблемам «радона» отразилось на развитии средств измерения Последнее десятилетие характеризуется разработкой большого количества типов аппаратуры для радиационного контроля радона, торона и их дочерних продуктов, ориентированных не только на удовлетворение потребностей атомной промышленности, но и предназначенных для контроля жилых зданий, различных строений, строительных площадок и т п С введением НРБ-99 установлены новые значения уровней содержания радона и торона в производственных и жилых помещениях. Определились и требования к метрологическому обеспечению радиометров. К настоящему времени сформулирован перечень рекомендуемых для различных целей радиометров [66,67,68].

Технические характеристики радиометров альфа-активных газов (радон и торон) и их дочерних продуктов приведены в табл.12.

При выборе типа прибора определяющим требованием является учет состояния воздуха в производственном помещении и требование к времени измерения. В воздухе различных обследуемых помещений, как правило, радон не находится в равновесии с дочерними продуктами Воздухообмен в помещениях различный, отсюда различие, характер и интенсивность осаждения аэрозольных частиц, содержащих присоединенные ДПР радона. В этом случае ОА радона не может полностью отражать радиационную опасность контролируемой атмосферы в помещениях.

На данном этапе радиометрии радона нормирование содержания радона в жилых и производственных помещениях допускает измерение следующих величин [69]:

- ОА радона;
- ОА дочерних продуктов радона (ДПР), соответствующей ЭРОА радона;
- величины скрытой энергии ДПР (метод Маркова-Рябова-Стася).

Значение ЭРОА радона связано с ОА радона следующим соотношением:

$$ЭРОА = k\ ОА,$$

где k - коэффицент равновесия, зависящий от сдвига равновесия ДПР радона, значения которого могут изменяться от 0,1 до 0,9.

Метрологами рекомендуется значение коэффициента 0,4. Непосредственное измерение ЭРОА радона и торона позволяет получить значение ЭРОА в полном соответствии с приведенным соотношением.

Погрешность измерения ОА и ЭРОА радона подавляющим большинством приборов составляет от 30 до 50 %.

В радиометрах используются как интегральные методы, требующие сравнительно длительное время измерения (электретные, трековые, адсорбция на угле и т.д), так и экспрессные методы (аспирационные по суммарной активности ДПР или с использованием избирательной радиометрии - альфа-спектрометрии).

В связи с этим представляют интерес данные о методах измерения, которые используются в приборах, особенно для приборов, включенных в Государственный реестр СИ (табл 13) [69].

Интегральные методы измерения ОА радона широко используются для радиационного

Таблица 12. *Технические средства измерения радона и дочерних продуктов распада*

Измеряемая величина / Вид излучения Радионуклид	Допустимый уровень по НРБ-99 (диапазоны измерения при нормальной радиционной обстановке), Бк/м^3	Наименование прибора	Основные характеристики					
			Диапазон измерения, Бк/м^3	Основная погрешность, %, не более	Время одного измерения	Температура ^{0}C	Масса прибора, кг	Наличие сертификата и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ
Эквивалентная равновесная объемная активность по альфа-, бета- или гамма-излучению		**РРА-01М-01 «АЛЬФАРАД»**	20-2 10^4 (ОАР)	30 (20 %, если более 100 Бк/м^3)	5 – 20 мин		3,5	+ - -
		РРА-01М-03	20-2 10^4 (ОАРТ)	30	5 – 20 мин	+5 - +35	4,0	+ - -
		ТРЭК-РЭИ-1	20-2 10^3 (ОАР)	50				+ - -
		RAMON-01M*	4-5 10^5 (ЭРОАРТ)	30	4 мин		4,5	+ - -
		ЭКРОН-ЭК	от 1		1,5 ч	+40	12,1	- - -
радон-222(ЭРОА)	310(50-5 10^4)	**РАА-10**	10-2 10^4 (ЭРОАРТ), экспр изм. ДПРРТ	30	2-5 мин (авт.) 1-10^4 с (ручн)		3,5	+ - -
		РАА-20П2 «ПОИСК»	1-1 10^5 (ЭРОАРТ) -экспр , ОАР-оценка	40	2 на уровне 100 Бк/м^3		2,5	+ - -
		РГА-04	2-6,5 10^4 (ОАР)	15			1,5	+ - -
торон-220 (ЭРОА)	68 (50-5 10^3)	**РГА-06П**	5-4 10^6 (ОАР)	30	10 – 2 10^3 с	-15 - +40	4	- - -
		РАА-2Н	5-1 10^4 (ЭРОА)	30	18 мин	-10 - +30	5,5	- - -
		«Камера»:						
		РРГ-20П1	10-1 10^6 (ОАР)	30				+ - -
		РРБ-20П1	4 - 4 10^5 (ОАР)	30				+ - -
		РГА-20П1	5 - 5 10^5 (ЭРОА)	30				+ - -

Примечание ОАР - объемная активность радона, ОАТ - объемная активность торона, ЭРОА - эквивалентная равновесная объемная активность, ДПРРТ - дочерние продукты распада радона и торона, * - изготовитель Казахстан

контроля жилых помещений, где необходимо по современным нормам измерять более низкие активности, а время измерения может быть достаточно продолжительным. Поэтому использование таких приборов как **ТРЭК-РЭИ-1, РРА-01М, КСИРА-2010, РРГ-20П1, РРБ-20П1** перспективно для этих целей, но не для для использования в рудниках и шахтах .

Трековые детекторы, угольные сорбенты, электроосаждение дочерних продуктов в радоновых измерениях применяются достаточно активно. Так твердотельные трековые детекторы обеспечивают возможность проведения широкомасштабных обследований одновременно по многим объектам измерения. Информация может интегрироваться в течение длительного промежутка времени (от нескольких дней до нескольких месяцев), что дает надежные средние значения измеряемых значений ОА радона и их дочерних продуктов. Проэкспонированные детекторы могут оперативно обрабатываться с помощью автоматических средств измерения.

Необходимо отметить новую разработку - **Носимый пробоотборник ИПА-1**, в котором используется трековый метод для определения интегральной объемной активности аэрозолей, располагаемого в зоне дыхания человека. Масса индивидуального пробоотборника - 0,4 кг, пороги регистрации ЭРОА радона - 5 Бк/м^3, ОА долгоживущих аэрозолей - 0,05 Бк/м^3 [39].

Состав ИПА-1:

- носимое пробоотборное устройство (1 л/мин);
- сменный блок детектирования (фильтр + трековый детектор площадью 1 см^2);
- автономный источник питания;
- зарядное устройство.

Таблица 13. *Основные методы измерения, используемые в приборах для измерения радона и дочерних продуктов распада.*

Тип средства измерения	Метод измерения	Измеряемая физическая величина	Диапазон измерения, Бк/м^3
РРА-01М	Электростатическое осаждение RaA на детектор, альфа-спектрометрический	ОА	$20 - 2\,10^4$
Alpha GUARD	Ионизационный	ОА	$10 - 2\,10^6$
RAMON-01M	Отбор на фильтр, альфа-спектрометрический	ЭРОА	$4 - 5{\cdot}10^5$
ТРЕК-РЭИ-1	Трековый	ОА	$20 - 2{\cdot}10^3$
КСИРА-2010	Трековый	ОА	$2 - 2{,}5{\cdot}10^4$
РРА-01М-01	Электростатическое осаждение RaA на детектор, альфа-спектрометрический	ОА	$20 - 2\,10^4$
РАА-20П2	Принудительное осаждение ДПРРТ на фильтр, альфа-спектрометрический	ЭРОА	$1 - 1{\cdot}10^5$
"Камера": РРГ-20П1	Радиометрический по гамма-излучению ДПР, находящихся в равновесии в угольном адсорбере	ОА	$10 - 1{\cdot}10^6$
РГА-20П1	Экспресс-метод	ЭРОА	$5 - 5{\cdot}10^5$
РАА-10	Отбор на фильтр, альфа-спектрометрический	ЭРОА	$10 - 2{\cdot}10^4$

Для обработки результатов измерения используют устройства из комплекта ТРЕК-РЭИ-1.

Таким образом, с использованием ИПА-1 может решаться проблема защиты персонала, работающего в условиях повышенных уровней содержания радона и торона.

Прибор РРА-01М-01 «Альфарад», измеряющий ОА радона, является наиболее массовым отечественным прибором в государственных органах контроля и надзора из-за возможности измерения ОА радона в воздухе, воде и подпочвенном воздухе [39].

Прибор РРА-01М-03 отличается от прибора РРА-01М-01 полной автоматизацией процесса измерения при непрерывном комплексном мониторинге окружающей среды.

Переносные приборы для измерения ЭРОА РАМОН-01 и РРА-10 рекомендуются специалистами для широкого использования, в т.ч. для производственных помещений. В этих приборах проводится осаждение дисперсной фазы радиоактивных аэрозолей на фильтр АФ-РСП-10, т.е. традиционно используется аспирационная методика, которая применялась в разработке первого и второго поколения приборов. С точки зрения эксплуатационных характеристик, каждому из этих приборов присущи свои особенности.

Прибор РАМОН-01 (табл.13) имеет достаточно интеллектуальные электронные устройства (память, выход на компьютер). Однако следует отметить, что Казахстан практически прекращает изготовление прибора РАМОН-01. В приборе РАА-10 полностью автоматизирован режим измерения, масса прибора всего 3,5 кг. Метрологические характеристики приборов, практически, идентичны.

Радиометр РАА-10 предназначен для контроля внутреннего облучения персонала по дочерним продуктам радона (торона), а также по долгоживущим радионуклидам в воздухе.

В настоящее время специалистами дается высокая оценка прибору РАА-10 как наиболее удобному современному измерительному техническому средству, при помощи которого непосредственно измеряют нормируемую величину ЭРОА [70].

К одной из новых разработок относится также **Радиометр ЭКРОН-ЭК**, в котором используются современные технические решения и комплектующие изделия. ЭКРОН-ЭК выполнен в виде единого переносного блока. Принцип действия основан на регистрации альфа-излучения продуктов распада радона и торона с использованием электростатического собирания ионов атомов продуктов распада на полупроводниковый кремниевый детектор. Измерения ОА радона и торона могут проводиться в статическом (без прокачки воздуха) и динамическом (с прокачкой воздуха) режимах. Нижний порог регистрации ОА радона в воздухе 1 Бк/м^3 за 1,5 ч (без прокачки) или 10 Бк/м^3 за 10 мин (с прокачкой); в воде - 0,1 Бк/л за 10 мин. Масса прибора - 12,1 кг. Однако эксплуатационные особенности ЭКРОН-ЭК еще мало исследованы.

Оригинальные решения используются в **Радиометре РГА-06П**, который наряду с измерением ОА радона измеряет ЭРОА радона. Этот прибор имеет преимущество перед другими приборами для проведения лабораторных измерений и научных исследований.

В новых разработках, например, в различных модификациях **Радиометра РАА-02Н** были развиты традиционные технические решения по измерению «скрытой» энергии Эти приборы рекомендуются ведущими специалистами для широкого использования при радиационном контроле в производственных помещениях и решении других задач.

Радиометр РАА-02Н обеспечивает измерение в автоматическом режиме равновесной эквивалентной концентрации радона (по величине «скрытой» энергии) в атмосфере в диапазоне от 5 до 10000 Бк/м^3. Блок ППД, используемый в приборе, разработан на базе поверхностно-барьерного полупроводникового детектора. Портативный воздушный насос обеспечивает отбор пробы воздуха на фильтр. Производительность насоса контролируется ротаметром поплавкового типа. В режиме «оператор» измерения концентрации радона и его дочерних продуктов распада могут проводиться по любой известной аспирационной методике, предполагающей измерение альфа-активности пробы.

Для удобства проведения комплексного радиоэкологического обследования производственных и жилых помещений радиометр РАА-02Н размещен в обычном кейсе одновременно с другими радиометрами (комплект «Альфа-3»), используемыми в комплекте [71].

В этом случае комплект приборов позволяет в режимах «поиск» и «измерение» дополнительно проводить измерения.

- мощности экспозиционной дозы в диапазоне 10.. 50000 мкР/ч;
- плотности потока бета-частиц в диапазоне 0,3.. 500 част/см^2 с;
- объемной активности аэрозолей долгоживущих альфа-активных нуклидов

Радиометр успешно эксплуатируется службами безопасности высших органов власти, в МосНПО «Радон», лабораториях госсанэпиднадзора.

Для контроля облучения персонала и населения от природных источников может быть использован Многофункциональный измерительный комплекс «Камера». Он предназначен для мониторинга естественных радионуклидов в производственных условиях, жилищах и окружающей среде [39].

Комплекс «Камера» может комплектоваться различной аппаратурой, в т.ч. радиометрами для измерения ОА радона и ЭРОА дочерних продуктов радона и торона в воздухе, определения содержания радона и радия-226 в пробах воды и эманирующей способности горных пород, строительных материалов.

В комплексе «Камера» используются приборы как для интегральных измерений с отбором проб до 100 ч, так и экспрессного контроля в полевых условиях, предназначенных для выполнения следующих задач:

- оценки радиационной обстановки в рудниках всех типов и любых помещениях;
- поиска глубокозалегающих месторождений урана;
- картирования тектонических разломов;
- локации эндогенных пожаров в шахтах.

В состав комплекса включен носимый аэрозольный радиометр «Поиск» (ОА радона и ЭРОА дочерних продуктов радона и торона) и сцинтилляционный альфа-радиометр РАА-40С (ОА дочерних продуктов радона по альфа-излучению).

Технические решения комплекса «Камера» обеспечивают автоматическую обработку и регистрацию результатов измерений и создание базы данных. Комплекс «Камера» по своим функциям удовлетворяет требованиям, предъявляемым к оснащению лаборатории радиационного контроля для проведения детального радиационного обследования выявленных объектов с повышенным природным фоном и для контроля облучения персонала и населения от природных радиоактивных источников

Следует также отметить, что последнее десятилетие во многих странах мира, в том числе в России и США, прошло под лозунгом - больше внимания контролю радона, торона и их дочерних продуктов (например, в США есть «День радона», в который о проблеме радона в стране выступает президент). В связи с этим увеличился спрос на приборы этого типа. Большое количество применяемых методов привело к созданию большой номенклатуры радиометров, интеллектуальные возможности которых привели к снижению затрат на измерения за счет улучшения таких потребительских характеристик как цена комплекта, многофункциональность, надежность, ремонтопригодность и взаимозаменяемость отдельных блоков, автоматизация проведения измерений, обработка их результатов и т.д

2.2.3. Радиометры объемной активности бета-активных газов

Технические средства измерения объемной активности (ОА) газообразных радионуклидов в воздухе используются для оперативного обнаружения нарушения герметичности технологического оборудования на АЭС и других объектах Минатома, а также для контроля выбросов этих радионуклидов в окружающую среду.

Цель такого контроля, во-первых, оперативное принятие мер по нормализации работы названного оборудования и, во-вторых, снижение радиационной нагрузки на персонал, окружающую среду и население.

В силу быстрого выделения и распространения газов и проведения, как правило, прямого контроля ОА газов этот метод наиболее оперативный и потому наиболее подходящий для реализации названных целей контроля.

Широко применяемые для этих целей радиометры приведены в табл.14. К ним относятся **Радиометры газов РГБ-06 и РГБ-07** на основе ионизационных камер. Преимущество радиометров газов на основе ионизационных камер - возможность измерения нормируемых значений ОА низкоэнергетичных радионуклидов - чистых бета-излучателей трития и углерода, чего практически не обеспечивают радиометры с другими типами детекторов [39,72,73].

Радиометр газов РГБ-06 широко применяется для радиационного и технологического контроля. Он выполнен в виде универсального измерительного пульта, блока сигнализации

и блока детектирования БДГБ-02П на основе ионизационной камеры. Длина соединительного кабеля пульта с БД и блоком сигнализации до 100 м. Блоки детектирования БДГБ-02П имеют 8 модификаций исполнения, различающихся объемом камеры (10, 1 и 0,1 л), а также чувствительностью преобразователя сигнала с камеры. В результате каждый блок БДГБ-02П перекрывает диапазон измерения в 5 десятичных порядков, а 2(3) модификации - диапазон в 8(10) десятичных порядков.

Блоки БДГБ-02П используются в составе других приборов, например, комбинированных приборов контроля газоаэрозольных выбросов на АЭС в составе многоканальных информационных измерительных систем радиационного контроля типа РКС-07П и РКС-07П1, а также системы «Орешник».

Как видно из табл.14, радиометры РГБ-06 и РГБ-07, а также блоки детектирования БДГБ-02П обеспечивают измерение долей нормируемых НРБ-99 значений допустимой объемной активности (ДОА) для лиц из персонала группы А (приблизительно от 0,1 ДОА паров трития и 0,3 ДОА углерода-14).

К числу последних разработок относится **Радиометр РБГ-08П**, предназначенный для измерения криптона-85. Контролируемый воздух прокачивается через измерительный объем (4,6 л), содержащий пленочный сцинтилляционный детектор с малой сорбцией, чувствительная поверхность детектора - 5200 см^2 и фотоэлектронный умножитель. Диапазон измерения объемной активности ^{85}Kr в воздухе от 1 до 3,7 10^4 Бк/л (свинцовая защита детектора имеет толщину 50 мм).

Для оперативного контроля трития разработан и изготавливается небольшими партиями **Интеллектуальный портативный радиометр РКБ-05П (ПРТ-1М)** [74] Принцип действия прибора основан на предварительном селективном отборе проб трития из воздуха - в специальные кюветы с пленочным сцинтиллятором или из воды - в сосуды с жидким сцинтиллятором с последующим измерением активности с помощью двух ФЭУ, включенных в схему совпадений Микропроцессорная схема измерения выбирает время измерения в соответствии с заданной погрешностью с представлением на табло результатов измерения через каждые 16 с и по окончании измерений:

- значения фона и погрешность его измерения (±5 %);
- значение активности радионуклида в пробе (с автоматическим вычитанием вклада фона) и погрешности ее измерения (±20 %);
- значение активности радионуклида в стандартной тестовой пробе с погрешностью ±5 %.

Результаты 32 измерений запоминаются и транслируются в ПК по интерфейсу RS-232 Основные характеристики прибора приведены в табл. 14. Прибор смонтирован в кейсе.

В настоящее время в рамках разработки комплекса технических средств контроля радиационной обстановки КТС КРО («Орешник-Т») проведена модернизация базовых блоков детектирования БДГБ-02П с созданием на их основе блоков детектирования БДГБ-42П - БДГБ-45П и устройств детектирования УДГБ-08П - УДГБ-11П [62].

Модернизированные УД обеспечивают использование их в приборах и системах с трансляцией сигнала на расстояние до 1,2 км в сетевом интерфейсе RS-485 (или до 100 м - в интерфейсе RS-232).

В рамках разработки «Орешник-Т» проработаны варианты создания на основе УД радиометров на базе персонального компьютера, а также приборов с настольным пультом или индикаторным табло.

На АЭС и предприятиях Минатома широко применяются БД и УД и радиометры на основе других детекторов (счетчиков Гейгера-Мюллера, сцинтилляционных детекторов и ППД). К сожалению, они не обеспечивают контроль низкоэнергетических и генетически значимых радионуклидов - трития и углерода-14, чрезвычайно важных для оценки радиационной нагрузки на персонал, население и окружающую среду в соответствии с требованиями НРБ-99 Контроль других радионуклидов необходим в основном для технологического контроля работы оборудования предприятий Минатома и АЭС

2.2.4. Радиометры объемной активности жидкости и удельной (объемной) активности проб объектов окружающей среды

В НРБ-99 установлены допустимые значения объемной и удельной активности наиболее радиационно-опасных бета-излучающих нуклидов в воде, почве, продуктах растениеводства и животноводства. Повышены в 2-3 раза требования к допустимой удельной активности для наиболее опасных бета-излучающих нуклидов (кроме стронция-90). Изменилось значение удельной активности альфа-излучающих нуклидов, которое уменьшилось в 30-40 раз.

Для измерения удельной и объемной активности проб воды, почвы, растительности, пищи и пищевых продуктов широкое распространение получил **Универсальный комплект приборов РУБ-01П**, технические характеристики которого отвечают требованиям НРБ-99 (табл.15) [39,60,75].

Радиометр РУБ-01П является универсальным комплектом приборов. Он широко распространен в практике радиоэкологического контроля в качестве штатного прибора.

В приборах этого комплекта используются сцинтилляционные детекторы различных модификаций, в т.ч. детекторы с развитой поверхностью на основе пластин-сцинтилляторов. Наиболее распространенные приборы из этого комплекта - промышленные **Радиометры РУБ-01П5** с блоками детектирования БДЖБ-05П1, БДЖБ-06П и БДЖБ-06П1, которые предназначены для измерения суммарной объемной активности бета- и бета-гамма активных радионуклидов [75].

Один из принципов регистрации радиоактивного загрязнения жидких проб получил дальнейшее развитие в приборе **РЖБ-11П** - радиометре контроля радиоактивного загрязнения жидкости (табл.15) [39,76]. Этот принцип основан на непосредственном измерении объемной активности пробы жидкости сцинтилляционным детектором, состоящим из пластин-сцинтилляторов, площадь которых может достигать больших значений За счет увеличения площади сцинтиллятора и объема измеряемой пробы этот метод обеспечивает возможность измерения низких уровней бета- и бета-гамма активных проб. Уменьшение габаритных размеров и массы прибора по сравнению с другими аналогичными приборами достигается в этом приборе за счет использования одного ФЭУ вместо двух, что упрощает и облегчает операции при измерении.

Для измерения более низких уровней активности традиционно применяются так называемые низкофоновые установки для лабораторного контроля проб, которые могут использовать пробы, полученные путем радиохимических и физико-химических методов концентрирования радиоактивных нуклидов.

Для измерения удельной активности альфа- и бета-излучающих проб окружающей среды могут быть использованы (модернизированный вариант) **низкофоновая установка типа УМФ-1500**, а также **Установка УМФ-2000** и прибор **УРФ-1** (табл.15) [39].

Низкофоновый радиометр для измерения активности альфа-, бета-излучающих радионуклидов УРФ-1 предназначен для одновременного и раздельного измерения суммарной альфа-активности и суммарной бета-активности проб.

Радиометр УРФ-1 представляет собой интеллектуальный многофункциональный прибор с микропроцессорным управлением и одним блоком детектирования на основе фосвич-детектора. Дискриминация импульсов по форме от каждого из сцинтилляторов, составляющих фосвич-детектор, позволяет проводить измерения альфа- и бета-излучающих нуклидов пробы одновременно и раздельно при сохранении высокой чувствительности по каждому виду измеряемого излучения.

Площадь детектора 20 см^2, устройство пробоподачи позволяет осуществлять замену проб без выключения радиометра и засветки фосвич-детектора. Все процессы измерения управляются встроенным микропроцессором.

Технические характеристики УРФ-1 практически не уступают низкофоновым установкам, построенным с использованием традиционных технических решений (использование пассивной и активной защит и т п.). При этом масса, габариты, размеры установки и предлагаемые удобства в обслуживании в процессе измерения проб позволяют оценить радио-

Таблица 14. *Технические средства измерений объемной активности радионуклидов в воздухе*

Радионуклид	Допустимая объемная активность по НРБ-99 для лиц из персонала группы А, Бк/м^3	Наименование прибора	Основные характеристики							
			Диапазон измерения, Бк/м^3	Погрешность измерения, %	Тип детектора	Объем пробы, дм^3	Время измерения (время отбора пробы), с	Температура, ^{0}C	Масса прибора (с защитой), кг	Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ
Тритий		**РГБ-06 (с набором БД) БДГБ-02П**		20-30	Ионизац камера	0,1,1, 10	Непрерывно	-10 +40(д); +5 +40 (п)	2,5(д), 2,5(д), 6,0(д); 7,0(п)	+ - -
пар,	4,4 10^5		5 10^4-5 10^9							
органика,	4,0 10^5		(ТПОГ)							
газ	4,4 10^9		-							
Углерод-14										
пар,	1,4 10^4		5 10^3-5 10^8							
органика,	1,6 10^4		(СПОГ)							
газ	1,2 10^6		-							
Аргон-41	не нормир		5 10^3-5 10^8 (ГА)							
Криптон-85	не нормир		5 10^3-5 10^8 (ГК)							
	не нормир		1 10^4-1 10^8 (ГХ)							
		РГБ-07	5 10^4-5 10^9 (ТПОГ) 5 10^3-5 10^{12} (ГА, ГК, ГХ и СПОГ)	5-15	Ионизац камера	5	3 – 1,2 10^3	+5 +40	33	+ - -
		РКБ-05П (ПРТ-1М)	1,5-1,5 10^4 Бк (ТП и ТГ)	5-20	Сцинтилл детектор	0,130	от 80 до 6 10^3 (от 3-5 до 1,8 10^3)	+5 +40	10	- - -
Аргон-41 Криптон-85		**УДГБ-02Р (БДГБ-02Р)**	2,5 10^4 – 8,1 10^9 (ГА, ГК, ГХ)	50	Счетчики СИ-8Б и СИ-19БГ	2	Непрерывно	+5 +50		- - -
Ксенон-133		**УДГБ-02Р1**	5 10^7 – 1 10^{13}	50	Счетчики	2	Непрерывно	+5 +50		- - -
		БДГБ-21С2	3,7 10^3 – 3,7 10^8	40	ППД-ДКГ			0 – 60	8,3 (200)	- - -
		БДГГ-02С	3,7 10^8 – 3,7 10^{13}	25				0 – 50	(125)	- - -
		УДГ-1Б*	10^4 – 2 10^8		ППД	1		-10 +50	20(52)	- - -

Примечание ТПОГ - тритий (пар, органика, газ), СПОГ - углерод-14 (пар, органика, газ), ГА - газ ^{41}Ar, ГК - газ ^{85}Kr, ГХ - газ ^{133}Xe, * - готовится к выпуску установка объемной активности газов и трития в воздухе УДГ-2Б

Таблица 15. *Установки для измерения активности проб объектов окружающей среды*

Наименование установки, прибора / Основные характеристики	Радиометр РУБ-01П5 с БДЖБ-05П1; БДЖБ-06П; БДЖБ-06П1	РЖБ-11П	УМФ-1500 (модернизация установки малого фона)	Альфа-бета-радиометр УМФ-2000 *	Низкофоновый радиометр УРФ-1
Диапазон измеряемых активностей, Бк/кг	0,2 – 3,7·10^6	3,7 – 3700 7 – 3700 (без защиты)		0,01 - 1000	0,01 – 1000 (α) 0,01 – 1000 (β)
Нижний предел измерения по β-излучению в диапазоне энергий 20-2000 кэВ за 1 ч,Бк	0,2	3,7	0,1	0,1 за 1000 с в диапазоне энергий 50-3000 кэВ	0,2 $E_β$= 70-3500 кэВ
Нижний предел по альфа-излучению для тонких проб за 1 ч, Бк	-	-	0,02	0,02 за 1000 с в диапазоне энергий 3-8,5 МэВ	0,02 $E_α$= 800-8000 кэВ
Фон по бета-каналу, не более, имп/с	0,1 – 4,5		0,01	0,025 (дет. 4,5 см^2); 0,05 (дет. 10 см^2)	
Фон по альфа-каналу, не более, имп/с	-		0,001	0,001	
Основная погрешность измерения, %	50; 20; 20	40			5-50
Тип детектора	сцинтилляционный		ППД на основе кремния, легированного алюминием	ППД на основе кремния, легированного алюминием	сцинтилляционный фосвич-детектор
Объем пробы, см^3	1000	1000			
Площадь (диаметр) детектора	1800 см^2; ∅40 мм; ∅60 мм			4,5 см^2 или 10 см^2	20 см^2
Время измерения по бета-каналу, с		10-2000, типовое 2000		1-10000 с прогр. 64535	3600
Время измерения по альфа-каналу, с	-			1-10000 с прогр. 64535	3600
Характеристика защиты	пассивная (50 мм свинца)	пассивная (50 мм свинца)	пассивная, защита от сетевых помех	пассивная (30 мм свинца), активная (сч. Г-М), метод совпадений, фильтрация сетевых помех	пассивная (сталь – 30 мм)
Питание	сетевое	сетевое. Автономное	сетевое	сетевое	сетевое
Количество проб	1	1	1	4-1(револьверный и ящичный механизмы пробоподачи)	1
Характеристика пробы	плоские – «тонкие», объемные-жидкие и сыпучие, кюветы с жидкими и твердыми пробами	объемная проба	плоские, подготовленные с использованием радиохимических методик	плоские, подготовленные с использованием радиохимических методик	плоский «толстый» источник
Характеристика измерительного устройства	УИ-38П2, узел вывода информации на ЭВМ, программное обеспечение	хранение результатов измерения, подключение к ЭВМ	пересчетное устройство УС-6	встроенное двухканальное устройство с таймером и цифровой индикацией	прибор с микропроцессорным управлением, интерфейс RS-232
Масса, кг	4,5; 5,5; 4,3; 4,3	0,5 - п; 4,0 - бд		26	28
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	- - -	+ + -	+ + -	+ - -

Примечание. * - имеется методика измерения активности α-излучающих радионуклидов спектрометрическим методом с помощью радиометра УМФ-2000.

метр УРФ-1 как перспективный, отвечающий современным требованиям инструмент для измерения проб объектов окружающей среды.

Технические характеристики радиометров и гамма-установок для радиометров и гамма-установок для измерения активности проб окружающей среды и жидких сбросов приведены в табл.16.

Заслуживает внимания новая разработка - **Радиометр низкофоновый многофункциональный РКС-18Р**, предназначенный для измерения активности α- и β-излучающих нуклидов в плоских источниках или пробах, в том числе в пробах аэрозоля. Радиометр РКС-18Р имеет микропроцессорное управление, блок детектирования на основе двух кремниевых полупроводниковых детекторов Диапазоны измерений·

- по альфа-излучающим нуклидам - от 0,1 до 10^4 Бк;
- по бета-излучающим нуклидам - от 1 до 10^5 Бк,
- по ОА аэрозолей бета-излучающих нуклидов - от 1 до 10^5 Бк.

Масса прибора - 20 кг

Радиометр РУБ-01П7 предназначен для контроля гамма-активности проб, обусловленных содержанием техногенных радионуклидов цезия-134, 137 на фоне значительной активности естественного радионуклида калия-40. Прибор РУБ-01П7, как и другие приборы, снабжен методикой измерения и при выпуске и поверке градуируется по объемным образцовым источникам-имитаторам проб объектов окружающей среды [39,75].

Близким по параметрам прибору РУБ-01П7, в котором также используется сцинтилляционный детектор в режиме избирательного радиометра (для цезия-137 и цезия-134) и учет влияния калия-40, является прибор **РКГ-02А**. Измерение проб проводится в том и другом приборах в геометрии «сосуда Маринелли» (для гамма-радиометров РУБ-01П7 и РКГ-02А объемом 1,0 и 0,5 л соответственно) [39] В приборах сцинтилляционые детекторы и сосуды с пробой защищены свинцом.

В **Спектрометре-радиометре для непрерывного контроля воды АНСИ-2** (гамма-монитор воды) измерения проводятся в «проточном» режиме в 40-литровом измерительном контейнере при помощи сцинтилляционного детектора NaI(Tl) со встроенной системой стабилизации [39].

Контейнер с пробой жидкости прибора АНСИ-02 защищен свинцовым экраном. В состав радиометра входит: спектрометрический амплитудно-цифровой преобразователь со встроенным источником питания, персональный компьютер с программным обеспечением. В приборе осуществляется автоматическая калибровка и обработка спектров, включая идентификацию радионуклидов и вычисление их активности.

Нижний предел измеряемой удельной активности по цезию-137 за время 1 ч при уровне внешнего гамма-фона 16 мкР/ч - 0,5 Бк/л.

Для решения задачи измерения проб со сложным составом радионуклидов целесообразно использовать современные спектрометры (см. раздел 2.3).

Актуальной остается задача контроля жидких сбросов на АЭС и других объектах атомной промышленности. Для этой цели применяются приборы с устройствами детектирования, позволяющие измерять активность сбросных вод в проточном режиме

В связи с разработкой новых систем специально для АЭС эти задачи решались и решаются блоками детектирования, непосредственно входящими в состав этих систем (см раздел 2.5). Причем современные системы позволяют проектным путем создавать радиометры для контроля сбросных вод, используемых в составе систем, а так же как автономные приборы Этот принцип используется во всех современных системах, а интеллектуальные БД и УД позволяют осуществлять передачу результатов измерения контроля жидких сбросов при любом отдельном их размещении в постах радиационного контроля в АСКРО. Например, в составе КАТСРК («Орешник») имеются блоки детектирования и устройства детектирования для контроля жидкости БДЖА-02П, БДЖБ-01П, БДЖБ-02П, УОК-12П и УОК-13П [61].

В блоках детектирования (проточных, защищенных от возможной сорбции радиоактивных веществ) используются сцинтилляционные детекторы Также широко используются

Таблица 16. *Гамма-установки для измерения активности проб окружающей среды и жидких сбросов*

Наименование установки, прибора / Основные характеристики	Радиометр РУБ-01П7	Гамма-радиометр РКГ-02А	Спектрометр-радиометр АНСИ-02
Диапазон измеряемых активностей, Бк/кг	5 – 2 10^5	18,5 - 10^4	
Нижний предел измерения за 1 ч, Бк			0,5
Фон, не более	6 (по гамма-каналу)		16
Погрешность измерения, %	50, 25 (>100 Бк/кг)	25-30	<10 % энерг. разреш
Тип детектора	Сцинтилляционный NaI(Tl) Ø63x63 мм	Сцинтилляционный NaI(Tl) Ø25x40 мм	NaI(Tl) со встроен. стабил. Ø50x250 мм
Объем пробы, $см^3$	75 - 1000	75 - 1500	40000
Характеристика защиты	Пассивная (50 мм свинца)	Пассивная свинцовая защита	Пассивная свинцовая защита
Источник питания	Сетевой	Сетевой, автономный	Сетевой
Радионуклид	Цезий-134, 137	Цезий-134, 137	Цезий-137, йод-131, кобальт-60
Характеристика пробы	Прямое измерение отобранных проб, чашка Петри, сосуд Маринелли (0,2, 0,5 и 1 л) Масса 0,2-1,5 кг	Прямое измерение отобранных проб, чашка Петри, сосуд Маринелли (0,2 и 0,5 л)	Жидкие проточные среды, одноразовые пробы (40 л)
Характеристика измерительного устройства	УИ-38П2, узел вывода информации на ЭВМ, ПО, интерфейс RS-232	Автоматическое вычитание фона, память на 100 измерений	Спектрометр АНСИ-02+УД+ПК, ПО
Масса, кг	4,5/130+2,5	2/16	600 (УД)
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	+ + -	- - -

погружные сцинтилляционные БД, в том числе на основе сцинтилляторов в виде «длинных» цилиндров

Все БД и УД имеют стандартизованные параметры выходных сигналов, питающих напряжений и сигналов управления, что позволяет их использовать в универсальной многоканальной системе или в радиометрах целевого назначения, а также использовать совместно с ними вспомогательные регистрирующие устройства КАТСРК («Орешник»).

В современных комплексах КРО АЭС и «Орешник-Т» также предлагается достаточная номенклатура БД и УД для контроля сбросных вод Предлагаются для этой цели как традиционные, так и новые методические решения, что позволяет сохранить это направление радиационного контроля на современном уровне [62].

Метрология радиоактивных жидкостей основывается на использовании образцовых растворов с нуклидами ^{32}P, ^{51}Cr, ^{60}Co, ^{90}Sr, ^{90}Y, ^{137}Cs; ^{239}Pu, поставляемыми метрологическими службами.

Градуировка радиометров для измерения удельной активности проб окружающей среды: почвы, пищевых продуктов и т д проводится по специально разработанным источникам - имитаторам проб окружающей среды.

Особенных успехов это направление достигло после аварии на ЧАЭС. Оно обеспечило единообразие измерений в условиях массового измерения проб и использования разных приборов, которые не были отградуированы по единым методикам и радиоактивным источникам.

Были изготовлены, в частности, образцовые источники - имитаторы проб окружающей среды с радионуклидами ^{90}Sr, ^{90}Y, ^{106}Ru, ^{106}Rh, ^{144}Ce, ^{144}Pr и ^{134}Cs, ^{137}Cs, которые были использованы при градуировании радиометров для измерения объемной и удельной активности проб окружающей среды.

Нормативно-технические документы, формулирующие требования к радиометрам жидкости, способствовали разработке и изготовлению радиометров на уровне современных технических требований.

2.2.5. Радиометры поверхностной активности радионуклидов

Контроль радиоактивного загрязнения поверхностей позволяет выявить факт переноса радиоактивных веществ из рабочих помещений и технологического оборудования за их пределы. Он обеспечивается радиометрами поверхностной активности радионуклидов [39,75].

Задача контроля загрязнения поверхностей в рабочих помещениях и загрязнения рук, ног, одежды персонала состоит в получении информации с целью защиты персонала и планировании мероприятий по ликвидации и/или уменьшению поверхностных загрязнений.

Согласно рекомендациям ТК 45 МЭК выделяют следующие типы аппаратуры для контроля поверхностного загрязнения персонала [77]:

- приборы и установки для предупреждения загрязнения по альфа-излучению;
- приборы и установки для предупреждения загрязнения по бета-излучению;
- приборы и установки для предупреждения загрязнения только по гамма-излучению;
- приборы и установки для предупреждения загрязнения по альфа-, бета-излучению;
- приборы и установки для предупреждения загрязнения по бета-, гамма-излучению, где гамма-излучение индицируется отдельно;
- приборы и установки для предупреждения загрязнения по альфа-, бета-, гамма-излучению, где гамма-излучение индицируется отдельно.

По виду контролируемой поверхности аппаратура делится на следующие типы:

- установки для контроля загрязнения всего тела, в том числе лица;
- установки для контроля загрязнения рук;
- установки для контроля загрязнения ног;
- установки для контроля загрязнения рук и ног.

Применяемые установки могут быть как с вычитанием, так и без вычитания радиационного фона.

Критерий оценки степени загрязнения поверхностей устанавливается в НРБ-99 в виде значений допустимых уровней загрязнения радиоактивными веществами. Единица измерения (удельной) поверхностной активности по ГОСТ 29074-91 радионуклида - Бк/см^2. Применяемые ранее приборы градуировались по плотности потока част/см^2·с. Среди многообразия типов радиометров радиометры поверхностной активности радионуклидов являются сравнительно «простыми» приборами по использованию методических решений, конструктивному исполнению и метрологическому обеспечению.

По конструктивному исполнению они делятся на три группы:

- носимые;
- переносные;
- стационарные.

Из ранних приборов, которые широко использовались на предприятиях атомной промышленности, следует упомянуть переносной радиометр поверхностного загрязнения ТИСС, который был самым массовым прибором первого поколения. Он предназначался для контроля загрязнения поверхности рук, одежды и пр.

Прототипом портальных радиационных мониторов-арок является шестиканальное стационарное сигнальное устройство первого поколения типа СУ-1, предназначенное для автоматической сигнализации в случае, когда загрязненние тела и одежды бета-активными нуклидами превышали предельно-допустимые уровни.

Из последующих разработок следует отметить **Универсальный радиометр РУП-1**. Он предназначался для измерения степени загрязнения поверхностей альфа- и бета-активными веществами, для определения мощности дозы гамма-излучения и плотности потоков быстрых и тепловых нейтронов. Другим массовым прибором последующего поколения являлся **Универсальный носимый прибор МКС-01Р** [39].

К приборам этого типа следует отнести носимые и переносные многофункциональные дозиметры-радиометры: **ДРБП-03** (α, β, γ), **ДКС-09 СБ** (β), **ДКС-96А** (α), **ДКС-96Б** (β), **ДКС-96Г** (γ), **МКС-02С** (α, β, γ), **ИРД-02** (β, γ) или **МКС-10П, МКС-08П** («Навигатор») (α, β, γ), **МКС-09** (α, β, γ), **РЗС-10Н** (α, β, γ), **МКС-06НМ** («Инспектор»), **МКС-07П** (α, β, γ) и др., характеристики которых рассмотрены в разделе 2.1.2 данного отчета, а также прибор МКС-04Н (β, γ).

Широкое применение нашел модернизированный стационарный радиометр СУ-1М, предназначенный для автоматической сигнализации превышения норм загрязнений бета- и гамма-активными веществами поверхности тела и одежды у контролируемого персонала. СУ-1М включал 12 измерительных каналов со счетчиками Гейгера-Мюллера типа СТС-6.

В конце 70-х годов было разработано новое поколение приборов для контроля загрязнения поверхностей. Это приборы, разработанные по темам «Актиния» (СПСС2-1еМ, УИМ2-1еМ, СЗБ2-2еМ) и «Катран» (РЗБ2-03) [39].

Приборы, разработанные по теме «Актиния», характеризуются следующими возможностями:

- СПСС2-1Ем - пороговый измеритель средней скорости счета с диапазоном 10^{-5}-10^{3} имп/с;
- УИМ2-1Ем - измеритель средней скорости счета с восемью диапазонами от 0,3 до 10^{4} имп/с;
- СЗБ2-1еМ, СЗБ2-2Ем - сигнализаторы загрязнения поверхности рук бета-активными веществами с плавной регулировкой диапазонов по плотности потока от 30 до 600 бета-частиц/ $см^2$·мин.

В приборе СЗБ2-1еМ используется счетчик Гейгера-Мюллера типа СТС-5, а в приборе СЗБ2-2Ем счетчик СИ-8Б.

Прибор РЗБ2-03 («КАТРАН») - стационарная установка, состоящая из пяти, объединенных в общей стойке, радиометрических каналов. Установка РЗБ2-03 предназначена для контроля степени загрязнения поверхностей (рук, ног, одежды и пр) бета-активными веществами в санпропускниках и радиохимических лабораториях промышленных предприятий. Установка позволяет проводить измерения уровня бета-излучения с выводом информации о степени загрязнения на световое табло - «Чисто» и «Грязно». Два канала используются для контроля загрязнения рук, два - для ног и один - для контроля других поверхностей тела и одежды. Диапазон плавной регулировки порога сигнализации по плотности потока - от 30 до 600 бета-частиц/$см^2$·мин.

Потребителю также предлагаются **Сигнализаторы превышения пороговой скорости счета импульсов СПСС-02, Измерители скорости счета импульсов УИМ-2, Сигнализаторы загрязнения поверхности СЗБ-03 и СЗБ-04, Контрольные установки РЗГ-05, РЗГ-04-01 и их модернизированные аналоги, Установка интегрального альфа-, бета-счета УИС-01** с кремниевым ППД.

В табл.17 и табл.18 приводятся характеристики блоков детектирования и устройств детектирования для измерения загрязнения поверхности радиоактивными веществами и контрольных настольных (щитовых) и стационарных многоканальных арок и отдельных приборов.

В настоящее время потребность в контрольных установках для измерения радиоактивного загрязнения тела, рук и ног персонала и транспортных средств остается неизменно высокой. Эти потребности могут быть удовлетворены частично старыми разработками и частично новыми разработками. Например, такими как стационарная **Установка РЗБ-05Д, Установка контрольная РЗА-05Д** (табл.18) или использованием новых типов блоков детектирования и новых измерительных устройств [39].

Для этой цели также возможно использовать технические средства из универсальных комплексов радиационного контроля. Из технических средств комплексов можно создавать одноканальные и многоканальные устройства. Примером такого пути развития технических средств могут служить комплексы КТС КРБ для АЭС, КТС КРО («Орешник-Т»), АСДК-02 (БДА-01+БЛК-01) и др. (см. раздел 2.5).

В новых разработках используются не только газоразрядные счетчики, но широко используются сцинтилляционные (в том числе пластмассовые) детекторы больших размеров.

Можно отметить также факт появления новых типов арок, которые предназначены для контроля несанкционированного перемещения радиоактивных материалов [39]:

- **Портальный монитор гамма-излучения СМГИ3.01;**

• **Пешеходные портальные мониторы KCAPIV.031 и KCAPIV.032 («Дозор»);**

• **Транспортный портальный монитор KCAPIV.41 («Рубеж»);**

• **Стационарный металлодетектор с детекторами радиоактивного излучения «Поиск-3М-РН» и пешеходный радиационный монитор «Вымпел»;**

• **Пешеходный портальный монитор АРКА - ИНТРА.**

До настоящего времени недостаточное внимание уделялось массовым измерениям различных по габаритным размерам изделий, предметов, материалов и т.д., загрязненных радиоактивными веществами. В этом случае может оказаться достаточным использование приборов-индикаторов уровня радиоактивного загрязнения.

К таким приборам относится **Индикатор РЗС-06П** для обследования упаковочной тары, почтовых отправлений, одежды, обуви и т.д. на складах, почте, прачечных, химчистках, а также банках и таможенных пунктах. Максимальные габаритные размеры обследуемых предметов могут достигать 600x400x200 мм; диапазон регистрируемого излучения 0,05 - 3,0 МэВ (БДЛГ-10); вид регистрируемого излучения: бета- и гамма-излучение. Индикатор обеспечивает также непрерывный контроль радиационной обстановки в месте его расположения. В процессе работы индикатора в случае появления загрязненных изделий автоматически формируется звуковой и световой сигналы. К таким приборам-индикаторам также относится сигнализатор денежных билетов, загрязненных радиоактивными веществами **«ИРИДА»** [39].

Для метрологического обеспечения радиометров поверхностной активности радионуклида на различных стадиях разработки, испытаний и поверки используются образцовые твердые источники альфа-излучения (^{239}Pu, ^{238}U) и бета- и гамма-излучения (^{90}Sr - ^{90}Y, ^{204}Tl, ^{60}Co, ^{137}Cs и др.). Образцовые источники в форме круга имеют размеры 1 см^2; 4 см^2; 10 см^2; 40 см^2; 100 см^2 (кроме источников с площадью активной поверхности 160 см^2). Из образцовых источников трех разрядов (1,2 и 3) в процессе эксплуатации используются источники 3-го разряда, в соответствии с рекомендацией ГОСТ 8.033-84.

2.3. Спектрометрическая аппаратура

Из-за своей высокой информативности спектрометрические комплексы и отдельные спектрометры гамма-, бета- и альфа-излучений (наряду с дозиметрической и радиометрической аппаратурой) достаточно широко используются в настоящее время в дозиметрическом контроле внешнего и внутреннего облучения.

В качестве детекторов в спектрометрах применяются различные типы сцинтилляционных, пропорциональных газонаполненных (пропорциональные счетчики, ксеноновые гамма-камеры) и полупроводниковых детекторов (ППД).

В связи с улучшением параметров спектрометрических детекторов ионизирующих излучений, внедрением прогрессивных схемотехнических решений спектрометрического тракта обработки сигналов детектора, использованием новых электронных компонентов и средств вычислительной техники в последние годы была создана более совершенная аппаратура для спектрометрии ионизирующих излучений [39, 78-89].

Примечание. В этом разделе частично использован без изменений текстовой материал из цитируемых работ.

В подавляющем большинстве случаев для исследований и контроля используют информацию об энергетическом распределении частиц. Информация же о распределении частиц во времени используется реже и находит практическое применение, например, в нейтронной спектрометрии (изменение энергии нейтронов по времени пролета).

При обработке аппаратурных спектров, отображающих энергетическое распределение зарегистрированных частиц, решают две основные задачи по обработке аппаратурных спектров, которые в научно-технической литературе именуются качественным и количественным анализом спектров. Они сводятся к тому, что нужно:

1. Выявить в аппаратурном спектре по заданным признакам наличие характерных участков спектра, которые могут представлять непосредственный интерес для интерпретации результатов измерений. В большинстве случаев прикладной спектрометрии такими участками являются пики распределения, обычно сопутствующие процессу полного поглощения

Таблица 17. Блоки детектирования и устройства детектирования для измерения загрязнения поверхности радиоактивными веществами

Наименование БД и УД	УДЗА-09 УДЗА-10П	БДБ2-01И1 БДБ2-01И2	БДА-01	БДЗА2-01 БДЗА-96	БДЗБ-96
Регистрирующая аппаратура / Основные характеристики БД и УД	УИМ-2 двухканальный	УИМ-2, УОЦ-01-2 и др	Контроллер БЛК-01 в системе АСДК-02	УИМ2-2Д двухканальный	УИМ2-2Д
Плотность потока, бета-частиц/см^2 мин		15 – 30000 4,8 – 4800	2 - 500		$10 – 1 \cdot 10^5$
Диапазон энергии, МэВ		0,5 – 2,87 0,15 – 2,87	0,3 - 3		
Уровень собственного фона, с$^{-1}$		5 - 8			
Основная погрешность, %		~20			
Плотность потока, альфа-частиц/см^2 мин	$1 – 5\ 10^4$ $0,25 – 1\ 10^4$		1 – 500	$0,1 – 1\ 10^4$	
Диапазон энергий, МэВ	4,13 – 5,15 не менее 14 и 2,5		3 - 10		
Уровень собственного фона, не более, с$^{-1}$	0,02 или 0,08				
Основная погрешность, %	20 - 25		20		
Габаритные размеры, мм	150x110x180, 265x190x230	140x235x110			
Диапазон измерения средней скорости счета, имп/с	0,3 – 30000 5 поддиапазонов	0,3-30000 5 поддиапазонов		0,3-30000	0,3-3000
Чувствительная поверхность размер, мм площадь, см^2	∅72 и 40 200x120x240				
Питание, В	+(12±0,12)	400		сетевое	сетевое
Сигнализация	внешняя	внешняя		световая, звуковая	световая, звуковая
Количество модификаций БД	2 сцинтилляц. БД	БДБ2-01И БДБ2-01И2 БДБ2-02И1 БДБД-01И2	1	2 сцинтилляц. БД	1 сцинтилляц. БД
Масса, кг	1,6, 2,5	1,9		1	1
Конструктивное исполнение	настольный	настольный, стойка		настольный, щитовой	настольный, щитовой
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	+ - -	- - -	+ + -	+ + -

Таблица 18. *Стационарные контрольные установки и приборы для измерения загрязнения поверхностей радиоактивными веществами.*

Наименование прибора / Основные характеристики	РЗБ-04-04	РЗГ-05	РЗБ-05Д -01; -02; -03; -04	РЗС-09С	РЗА-05Д
Мощность дозы фотонного излучения, мкР/ч		100 - 1000			
Чувствительность по ^{137}Cs, 1/Р		$4 \cdot 10^{-9}$			
Плотность потока, бета-частиц/ $см^2 \cdot мин$	10-2000		10-10000	$1 - 10^7$	
Энергия бета-частиц, МэВ или нуклид			$^{90}Sr - ^{90}Y$ (^{204}Tl)	0,1 – 3,0	
Эффективность регистрации, %			40-60 (20-30)		
Основная погрешность, %	20		≥20	15	
Плотность потока, альфа-частиц/$см^2 \cdot мин$			1-1000	$1 - 10^4$	0,5-9999
Энергия альфа-частиц, МэВ или нуклид			^{239}Pu	4,15 – 5,15	^{239}Pu, ^{237}U, ^{238}U
Эффективность регистрации, %			30-50		≥30,20,10
Основная погрешность, %			≥20	20	≤25
Установка порога сигнализации			β - 10 - 9900 α - 1 - 990	есть	есть во всем диапазоне
Питание	сетевое	сетевое	сетевое	сетевое	сетевое
Время измерения, с	5	2 ±1	4 (30)		
Тип детектора	СИ-22Г	СИ-22Г	газораз. сч., сцинт. с ZnS(Ag)	сцинт., газораз. сч.	сцинт. с ZnS(Ag)
Площадь детектора, $см^2$			β - 160 (320) α - 75		300
Сигнализация	да	да	да	да	да
Температура, °С	+5 - +35 +5 - +50		-10 - +50		-10 - +50
Состав прибора	УОЦ-01-02, УДЗБ-01И	УОК-02Р, ПДЗГ-01Р, ПДЗГ-02Р, БСР-06Б	01 - с вын. БД α 02 - с БД β 03 - с вын. БД α 04 - с БД β	Пульт и блоки детектирования	Пульт и 2 БД
Тип прибора, монтаж	стацио-нарн.	стационарн., щитовой	стационарн., -01,-02 напольн.; -03, -04 настольн. (настенный)	стационарн., настенный	стационарн. напольный или настенный
Масса, кг	220+80	17+10(x2)+3			
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -	

энергии частицы или кванта в чувствительной области детектора. Существенно реже в практике спектрометрических измерений этими участками могут быть высокоэнергетические края комптоновского распределения, пики вылета, пики или края распределений рассеяния, пики Ландау, обусловленные удельными потерями энергии и т.п.

2. Приписать найденным участкам спектра количественные характеристики, к которым относятся их положение в шкале спектрометра и площадь этих участков.

Использование данных качественного и количественного анализа аппаратурных спектров позволяет перейти к решению последующих подзадач спектрометрии, которые формулируются следующим образом:

- определить энергетический спектр зарегистрированных детектором частиц, т.е. перейти от аппаратурного спектра к спектру энергий частиц, падающих на детектор (обратная задача спектрометрии). Результаты решения этой подзадачи используются, например, для определения параметров поля ионизирующих излучений в фундаментальных и прикладных исследованиях, в том числе в дозиметрии;
- определить энергетический спектр частиц, испущенных исследуемым объектом. Результаты решения этой подзадачи в основном используются для определения параметров

объекта измерения, находящегося в условиях либо заданной (или известной), либо фиксируемой геометрии. Реализация этой подзадачи находит применение в практике определения количеств радионуклидов или возбужденных атомов при радионуклидном, изотопном или элементном количественном анализе, в фундаментальных и прикладных исследованиях, в технологическом контроле;

• определить отношение площадей выделенных или заданных участков аппаратурного спектра (энергетических окнах). Решение этой подзадачи позволяет определить относительные интенсивности линий аппаратурного спектра. Обычно решение этой подзадачи широко применяется при обработке однотипных детерминированных спектров. Типичный пример применения такого технического решения - это массовый или рутинный анализ однотипных образцов или объектов, например, при контроле биологических образцов и проб окружающей среды. В этом случае нет необходимости накапливать весь спектр излучения, а достаточно регистрировать распределение информационных сигналов в выделенных энергетических интервалах, которые представляют интерес для выполнения анализа. Обработка данных тогда сводится к операциям с числами, характеризующими количество импульсов в этих интервалах, что является одним из способов сжатия информации в спектрометрических измерениях.

На ранних этапах развития спектрометрического метода качественный и количественный анализ измеренных спектров был только прерогативой пользователя спектрометра, который при обработке спектра полагался в основном на свои опыт и знания. В этом случае интерпретация спектра в существенной мере определялась субъективным фактором.

В период широкого применения сцинтилляционной спектрометрии достигнутые погрешности в определении энергии частиц составляли 0,05-0,5 %, а неопределенности интенсивностей спектральных линий - около 1 %. Внедрение в практику спектрометров с ППД, средств вычислительной техники и совершенствование методик измерений позволяет определять значения энергии частиц с погрешностями 10^{-2} - 10^{-4} %, а интенсивностей линий - с неопределенностью около 1 % и менее. В обоих случаях относительные интенсивности линий в основном определяются статистикой отсчетов. Эти факторы, с одной стороны, привели к ужесточению требований к таким параметрам спектрометров с ППД как интегральная нелинейность (основная погрешность) и стабильность характеристики преобразования, а с другой стороны потребовали уменьшить до возможного минимума субъективный фактор при интерпретации спектров, в которых интенсивности пиков, нередко перекрывающихся, различаются на несколько порядков. Все это привело к созданию надежных алгоритмов обработки спектров, а возрастающий поток информации потребовал создания экспрессных методов ее обработки. Следствием этого явилась разработка специализированных измерительных установок, использование средств вычислительной техники для обработки большого объема спектрометрической информации и создание различных программ обработки измерительной информации, а также новых подходов и методов метрологического обеспечения спектрометрических измерений.

Современная спектрометрическая аппаратура позволяет осуществить автоматизацию большинства этапов процесса измерения, а также создавать завершенные информационно-измерительные и информационно-управляющие установки различной категории сложности, т.е. такие установки, которые в итоге измерения представляют пользователю готовую конечную информацию об объекте измерения.

Из современного арсенала спектрометрической аппаратуры можно выделить четыре основных структурных варианта построения спектрометров.

Первый вариант представляет собой хорошо известную, исторически сформировавшуюся традиационную цепочечную структуру, в которой составные части спектрометра образуют последовательность функциональных блоков или узлов, поочередно, по мере поступления преобразующие и обрабатывающие сигнал детектора. Выходная информация таких приборов представляет собой накопленный в течение времени измерения аппаратурный спектр или участки этого спектра. Модульный принцип построения такого спектрометра создает определенную гибкость его структуры, позволяющую изменять и дополнять конфигу-

рацию аппаратуры отдельными блоками или узлами. Преимущества такого построения проявляются наиболее значительно в прикладных и фундаментальных исследованиях, когда требуется оперативно реализовывать определенную структуру спектрометра в зависимости от решаемой задачи.

Второй вариант аппаратурного построения спектрометра представляет собой практически первый, оснащенный дополнительным узлом в виде таймера-контроллера, выполняющего функции управления всем спектрометром и отдельными его составными частями. В этом случае по существу спектрометр представляет собой автомат с жесткой программой. Если по своей структуре второй вариант мало отличается от первого, то по своей сути здесь наблюдается переход количества в качество - переход от управляемой оператором системы к автоматической. Чаще всего в приборах такого строения используется жесткая программа:

- доставка образца на позицию измерения;
- набор спектра (или его участков) за заданное время или с заданной статистической неопределенностью;
- обработка результатов по определенному алгоритму;
- представление данных измерений и/или результатов их обработки (например, распечатка принтера, вывод на дисплей или запись этой информации в память прибора);
- удаление измеренного образца из зоны измерения;
- сигнализация об окончании измерения.

Характерными примерами, соответствующими второму варианту построения спектрометров, являются автоматические анализаторы проб, используемые в биологии, контроле окружающей среды, радиохимии и медицине.

Спектрометры первых двух вариантов могут быть скомпонованы в виде набора блоков и модулей системно-унифицированной конструкции или же в виде так называемого моноприбора с единой лицевой панелью, содержащего функционально связанные узлы. Проектирование спектрометра в виде моноприбора позволяет исключить некоторую избыточность, свойственную блочной системе.

Третий вариант структурной реализации спектрометра базируется на применении ЭВМ (например, IBM совместимой персональной ЭВМ), которая помимо функций управления спектрометром проводит накопление измерительной информации и её обработку.

Благодаря совершенствованию схемных решений спектрометрического тракта, исключению избыточности, свойственной модульной системе, широкому применению новейших интегральных микросхем и достижениям технологии стала возможной компоновка на одной встраиваемой в ПЭВМ плате всего спектрометрического тракта, амплитудно-цифрового преобразователя, высоковольтного источника питания детектора, низковольтного источника питания предусилителя и согласующих каскадов связи с внутренним каналом ПЭВМ. Специально разработанное программное обеспечение для таких одноплатных спектрометров позволяет управлять ими непосредственно с клавиатуры ПЭВМ, обеспечивая задание коэффициента усиления, высокого напряжения, подаваемого на детектор и времени его установления, текущего и живого времени измерения, цифрового смещения начального уровня шкалы преобразования («нулевого» канала), порогов нижнего и верхнего пропускающих дискриминаторов и др. Помимо калибровки шкалы спектрометр может рассчитать интегральную нелинейность и разрешение пиков спектра, проводить деконволюцию (разложение на составляющие) перекрывающихся пиков, рассчитывает положение и площадь пиков с их неопределенностями. Контроль работы спектрометра и его управление осуществляется оператором с помощью клавиатуры ПЭВМ, «мыши» и дисплея, на котором отображается необходимая информация. Диалоговый интерактивный режим с применением «меню» позволяет легко управлять спектрометром.

Большой объем памяти ПЭВМ обеспечивает хранение и использование не только программ управления и обработки, но также банка справочных данных. Это позволяет проводить полную обработку спектра, которая необходима при выполнении элементного или радионуклидного анализа. Все результаты измерений и их обработки могут храниться в ПЭВМ,

а при необходимости выдаваться оператору или передаваться в информационную сеть.

Благодаря различным вариантам исполнения ПЭВМ (Desktop, Laptop, Notebook) сами спектрометры на их базе могут быть соответственно стационарными, передвижными или носимыми. В зависимости от типа монитора или дисплея «картинка» на нем может быть либо цветной, либо монохромной (черно-белой).

За счет соответствующего программного обеспечения можно в одну ПЭВМ встраивать несколько одноплатных спектрометрических устройств. В этом случае на базе одной ПЭВМ можно создавать спектрометрические системы с несколькими измерительными каналами как по видам излучения (альфа-, бета- и гамма-), так и по применяемым детекторам (например, для гамма-излучения - сцинтилляционные и полупроводниковые детекторы). Благодаря возможности полной обработки информации, поступающей от различных измерительных каналов, такие системы могут использоваться в качестве информационно-измерительных и информационно-управляющих.

Четвертый вариант построения спектрометров основан на расширении функций носимого многоканального анализатора амплитуд импульсов за счет использования микропроцессоров с различными видами запоминающих устройств, совместное применение которых осуществляет функции не только управления анализатором-спектрометром, но и обработку результатов измерений и хранение измерительной информации. Компактность этой структуры, ее небольшая масса и энергетическая автономность обусловили ее применение для инспекционных и полевых измерений, в составе передвижных лабораторий и т.п. Особо перспективно использование таких спектрометров для оперативных измерений в сложных производственных условиях, например, для измерения параметров окружающей среды, на рудниках, для оперативного контроля радиоактивных выпадений и др.

Помимо основных функциональных узлов анализатора и процессора обработки информации в корпусе прибора размещены спектрометрический усилитель и источники питания блока детектирования и предусилителя. Изменение программ обработки спектров осуществляется либо сменой ПЗУ, которое хранит как саму программу, так и все необходимые для обработки справочные данные, либо «перекачкой» программ с мини-дисковода. Такие спектрометры имеют, как правило, канал внешней связи с ЭВМ для трансляции в нее накопленной информации. Практически многие вспомогательные операции и программы, упомянутые для третьего варианта, реализуются и в четвертом.

Приведенные варианты аппаратурной реализации спектрометров в приборостроении получили наименование [80]:

I - «вне линии» (off line);

II - «на линии» (on line);

III и IV - «в линии» (in line),

фактически оговаривая статус ПЭВМ или микропроцессорной техники, используемой для обработки результатов измерения и управления спектрометром.

Конкретная структура спектрометра определяется следующими особенностями их состава, а также регламентами измерения, условиями эксплуатации и применения:

- типом спектрометрического детектора (сцинтилляционный, полупроводниквый, газонаполненный);
- видом регистрируемого излучения (альфа-, бета-, гамма- и рентгеновское);
- оперативностью (быстрая обработка большого объема измерительной информации непосредственно на месте измерения, циклическая непрерывная работа в автоматическом и полуавтоматическом режимах, возможность работы в информационных сетях);
- режимами работы (длительная автономная работа, в некоторых случаях без присмотра оператора);
- условиями эксплуатации (работа как в лаборатории, так и в производственных и полевых условиях для обеспечения многофункциональности применения - научные исследования, технологический контроль, оперативный и инспекционный контроль, работа в чрезвычайных условиях и т.п.).

Современные спектрометры одновременно должны быть просты в эксплуатации, ото-

бражать буквенно-цифровую и графическую информацию и обеспечивать интерактивный режим работы. Они также должны сопрягаться с IBM-совместимыми ПЭВМ как для отладки программного обеспечения, так и для трансляции накопленной информации для дальнейшей обработки и приема сигналов управления

Кроме того, спектрометры должны полностью соответствовать требованиям Документа МЭК 61276 «Руководство по выбору метрологически обеспеченных спектрометрических систем для регистрации ядерных излучений», обеспечивать крайне широкий динамический диапазон значений измеряемых величин, разнообразие входных сигналов по форме и длительности, а также обеспечивать возможность оптимизации регистрирующего тракта для различных информационных сигналов [78].

Для обеспечения единства различных спектрометров часть разработчиков пошла по пути создания одноплатных спектрометрических устройств, устанавливаемых непосредственно в IBM-совместимые ПЭВМ и базирующихся на унифицированных схемотехнических решениях, легко перестраиваемых для наивысшей адаптации и гибкости применения.

Изложенная философия была реализована, например, в **Спектрометрическом комплексе СКС-07П-Г (СКС-50)** Аппаратурным ядром спектрометра является **Спектрометрическое устройство SBS-50**, устанавливаемое в IBM-совместимую ПЭВМ Все спектрометры этого комплекса построены по единой архитектуре и предназначены для регистрации энергетических распределений альфа-, бета-, гамма- и рентгеновских излучений. В зависимости от специфики применения спектрометры комплектуются блоками детектирования как собственного производства, так и изготавливаемые другими отечественными и зарубежными фирмами

Интегрированный пакет программ, поставляемый со спектрометрами, позволяет управлять работой спектрометров в интерактивном режиме, задавать различные режимы работы, производить полную обработку спектра и предоставлять пользователю результаты количественного анализа об активности радионуклидов и об элементном составе. При необходимости оператору могут даваться непосредственные указания о последующих действиях в зависимости от результатов измерений. По требованию заказчика может быть разработано программное обеспечение для решения конкретной задачи, либо адаптирована программа Заказчика к спектрометру

В настоящее время поставляются и находят применение различные типы стационарной, переносной и носимой спектрометрической аппаратуры и их модификации (табл.19 и 20)

В стационарном однодетекторном спектрометре на базе IBM - совместимых ПЭВМ с процессорами типов 8086, 80286, 80386, 80486, Pentium и их модификациями (5x86 и 6x86) при установке в ПЭВМ платы SBS-50 и присоединения к ней блока детектирования пользователь сразу получает в свое распоряжение современный автоматизированный спектрометр, полностью управляемый либо клавиатурой ПЭВМ, либо манипулятором «мышь». С платы SBS-50 на блок детектирования подается низковольтное и высоковольтное питание для предусилителя и детектора. С помощью клавиатуры можно установить рабочее напряжение детектора, задать различные уставки (время набора, пороги, режимы измерений и т п), просмотреть весь спектр или его части как в процессе работы, так и после него, задать энергетические интервалы, просуммировать в них отчеты и многое другое. Программное обеспечение спектрометра имеет в своем составе библиотеку радионуклидов с энергиями их гамма-линий, библиотеку рентгеновских характеристических линий элементов и другую справочную информацию Оно осуществляет калибровку спектрометров по энергии и эффективности, проводит разложение мультиплетов на составляющие пики и идентификацию пиков Программы позволяют в процессе набора оценивать активность измеряемого источника, по окончании измерения сообщают об активности источника и отдельных радионуклидов.

Подробное меню, комментарии, подсказки и картинки, выводимые на дисплей ЭВМ, упрощают общение со спектрометром, что особенно важно на этапе обучения. Потребитель может использовать ПЭВМ по прямому назначению пока спектрометр набирает спектр, не влияя на его работу. В целом спектрометр рассчитан на работу в тех же условиях, что и ПЭВМ.

Таблица 19. Стационарные спектрометрические комплексы и спектрометры

Наименование комплекса, спектрометра / Основные характеристики	Спектрометрический комплекс СКС-07П (спектрометрические платы SBS-50M, SBS-57, встраиваемые в ПЭВМ + принтер+пакет программ), СКС-50 и другие модификации	Спектрометрический комплекс «Прогресс» (АЦП +ПЭВМ с принтером + программное обеспечение в составе поз I и III – переносной «Прогресс-БГ», альфа-радиометр «Прогресс-АР»)	Универсальный спектрометрический комплекс УКС «Гамма Плюс»
Тип, основной состав	I Лабораторный спектрометрический комплекс на основе ППД СКС-07П-Г-Л II Сцинтилляционная спектрометрическая установка СКС-07П-Г-Сц III Лабораторный альфа-спектрометр СКС-07П-А «Кондор» IV Лабораторный бета-спектрометр СКС-08П-Б	I Гамма-спектрометр сцинтилляционный «Прогресс-гамма» II Гамма-спектрометр полупроводниковый «Прогресс-гамма (ППД)» III Бета-спектрометр сцинтилляционный «Прогресс-Бета» IV Альфа-спектрометр «Прогресс-альфа»	Базовый спектрометрический комплекс для оснащения лабораторий радиационного контроля (5 модификаций) Вид контролируемого излучения гамма, бета, альфа
Блоки детектирования (БД)	I Ge(Li)ППД (СНИИП) или ППД из особо чистого германия в свинцовой защите производства фирм США EG&G ORTEC или CANBERRA - серии GEM, GC (E_γ=0,04-10 МэВ), - серии GMX, GR, GX (E_γ=0,03-10 МэВ), - серии LoAX, ACT (E_γ = 3-400 кэВ); II БД с кристаллом CsI(Tl) разм ∅50х50 мм III БД с кремниевым ППД (S=30 см^2) в вакуумной камере IV Сцинтилляционный фосвич-детектор (S до 250 см^2)	I БД NaI(Tl), ∅63х63 мм или ∅150х100 мм II ОЧГ фирм EG&G «ORTEC» или «Canberra» III БД сцинтилляционный (пластик ∅70х8 мм), масса пробы 5-15 г, IV Ионно-имплантированный кремниевый ППД, S = 400-3000 мм^2, ∅ образца до 60 мм	СБДГ- 01 сцинтилляционный, NaI(Tl) ∅63х63 мм, СДБД-01 сцинтилляционный (пластик), СБДА-01 сцинтилляционный (ZnS), Кремниевый ППД, ДГДК-63-140, ОЧГ.
Порог чувствительности, Бк (Бк/кг)	II. (3 по ^{137}Cs), (6 по ^{232}Th, ^{226}Ra), (20 по ^{40}K) III 0,01 IV (7)	I. 3 (^{137}Cs), 7(^{232}Th),(^{226}Ra), 40 (^{40}K) II 0,5, III (0,1 – 50 в зав от методик) (^{90}Sr), IV 0,1 (^{238}Pu ,^{239}Pu, ^{240}Pu) на сырую пробу	2(^{137}Cs); 5(^{232}Th), 10(^{226}Ra); 80(^{40}K); 0,5(^{90}Sr – ^{90}Y) 0,01(^{239}Pu); 600(^{137}Cs реж СИЧ); 200(^{137}Cs и др.); 50(^{131}I)
Диапазон регистрации энергий, МэВ	I 0,003 (0,04) – 10 (400) в зависиомости от типа ППД из ОЧГ	I 0,2 – 3,0, II 0,05 – 3,0, IV 2,0 – 8,0	0,5-3,0 (гамма-тракт); 1,0-3,0 (бета-тракт); 4,0-9,0 (альфа-тракт)
Энергетическое разрешение, %	II 7,0 по линии 662 кэВ ^{137}Cs для CsI(Tl)	I не более 8,5 на линии 662 кэВ, II 2,0 на линии 1332 кэВ, IV 30 кэВ на линии 5304 кэВ (^{210}Po)	
Интегральная нелинейность, %	< 0,05	II 0,1	0,1
Основная погрешность определения активности, %	II не более 30	I не более 30, II не более 10 III не более 300	
Температура, ^{0}C	II –20 - +40	I +10 - +40, II +10 - +40; III +10 - +40	+10 ... +40
Масса, кг	I защита 400 или 800, II 80, IV БД – 3, защита 70	I 150, II 300-700, III 50; IV 12	260 (базов компл.)
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ + -	+ - -	+ - -

Продолжение табл. 19. *Стационарные спектрометрические комплексы и спектрометры*

Наименование комплекса, спектрометра / Основные характеристики	Радиометр-спектрометр универсальный РСУ-01 «Сигнал»	Спектрометр энергии гамма- и нейтронного излучения СГНИ-01 «Север»	Спектрометр энергии гамма-излучения сцинтиляционный «Гамма-1С»
Тип, основной состав	Базовый радиометрический комплекс для оснащения лабораторий радиационного контроля Вид контролируемого излучения гамма, бета, альфа, нейтронное	Спектрометр для определения энергетического распределения плотности потока и мощности эквивалентной дозы смешанного поля гамма- и нейтронного излучения	Сцинтилляционный спектрометр Состав сцинтилляционный блок детектирования, двухвходовая плата АЦП-1К-2М с буферной памятью и таймером в конструктиве IBM PC, свинцовый экран – защита, ПЭВМ, ПО Windows
Блоки детектирования (БД)	СБДГ-02 сцинтилляционный CsI(Tl) ∅45х50 мм, СБДБ-01 сцинтилляционный (пластик), СБДА-01 сцинтилляционный (ZnS), БДБГА-01 на основе газоразрядных счетчиков СБМ-20, СИ-34 и Бета-2 с выносной штангой, СБДН-01 с замедл и защитой	Выносные сцинтилляционные БД (до 100 м) на основе кристаллов стильбена и NaI(Tl) ∅40х40 мм	БД спектрометрический сцинтилляцион БДС-Г с кристаллом NaI(Tl) ∅63х63 мм со встроенным усилителем, высоковольтным источником питания, системой стабилизации и термокомпенсации характеристики преобразования (1024 канала, 16777215- емкость канала, 5 10^4 имп/с- загрузка)
Порог чувствительности, Бк (Бк/кг)	3 (^{137}Cs), 8 (^{232}Th), 10 (^{226}Ra), 80 (^{40}K), 30 (^{90}Sr – ^{90}Y), 600 (^{137}Cs реж СИЧ)	9,0 – гамма-излучение, * 4,6 - нейтроны	1,5 (^{137}Cs), 3,0 (^{232}Th, ^{226}Ra), 25 (^{40}K)
Диапазон регистрируемых энергий, МэВ	0,05-3,0 (гамма-тракт), 0,2-3,0 (бета-тракт), 1,0-90,0(альфа-тракт), ≤0,0004, 0,001-14,0 (нейтр -тракт)	0,05 – 8,0 – гамма-излучение, 0,4 – 16,0 - нейтроны	0,05 – 3,0
Энергетическое разрешение, %		8,5 по линии 662 кэВ (^{137}Cs), 12 % для нейтронов с энергией 2 МэВ	8 по линии 662 кэВ (^{137}Cs)
Интегральная нелинейность, %	≤ 0,1	1	1
Основная погрешность определения активности, %		15 – гамма, 20 - нейтроны	10-50 (10 % при градуировке по образцовым источникам)
Температура, ^{0}C	-10 - +40 (полев испол), +10 - +30 (лаб испол)	-15 - +50 (БД), -10 - +35 (П)	+10 -35
Масса, кг	от 8 до 240 в зависимости от комплектации	16	0,3 (АЦП), 2,0 (БД), 180 (защита)
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	+ - -	+ - -

Примечание * - чувствительность спектрометра 9 имп/квант см^2 при регистрации гамма-излучения с энергией 662 кэВ и 4,6 имп/нейтрон см^2 при регистрации нейтронного излучения с энергий 2 МэВ

Продолжение табл. 19. *Стационарные спектрометрические комплексы и спектрометры*

Наименование компплекса, спектрометра / Основные характеристики	Спектрометр энергии гамма-излучения полупроводниковый «Гамма-1П»	Спектрометр энергии гамма- и бета-излучения сцинтилляционный «Гамма-Бета-1С»
Тип, основной состав	Полупроводниковый спектрометр Состав ППД, предусил , спектром тракт(спектром устройства СУ-03П,СУ-04П,СУ-05П в различном исполнении), анализатор многокан на базе IBM PC со встроен двухвх платой АЦП-8К-2М с буф памятью, низкофон свинц экран-защита, ПО	Сцинтилляционный спектрометр Состав сцинтилляц блок детект , двухвходовая плата АЦП-1К-2М с буф памятью и таймером в конструктиве IBM PC, 2 свинцовые экран-защиты, ПЭВМ, ПО Windows
Блоки детектирования (БД)	ППД Ge(Li) или 0ЧГ (число каналов 2х8192, загрузка 5 10^4 имп/с)	Спектрометрические сцинтил.БД БДС-Г с кристал.NaI(Tl) Ø63х63 мм (гамма-тракт); БДС-Б с пласт сцинтил (бета-тракт); число каналов 2х1024, емкость канала 16777215, макс. загрузка 5 10^4 имп/с.
Порог чувствительности, Бк (Бк/кг)	2,0 (^{137}Cs)	1,5(^{137}Cs, γ+β), 3,0(^{232}Th, ^{226}Ra,γ), 17(^{90}Sr, γ+β); 25(^{40}K, γ+β)
Диапазон регистрируемых энергий, МэВ	0,05 – 10,0	0,05 – 3,0
Энергетическое разрешение, %	0,8 - 1,4 кэВ по линии 122 кэВ (^{57}Co), 1,8-3,5 кэВ по линии 1332 кэВ (^{60}Co)	8(γ) по линии 662 кэВ (^{137}Cs); 15(β) по пику конв электр 664 кэВ ^{137}Cs
Интегральная нелинейность, %	0,05	1
Основная погрешность определения активности, %		10 – 50 (10 % при градуировании по образцовому источнику)
Температура, ^{0}C	+10 - +35	+10 - +35
Масса, кг	0,35 (предус), 4,6-8,9 (СУ), 15 (ППД+охл), 500 (защита)	0,3 (АЦП); 2+1,3 (2БД), 180+90 (2 защиты)
Наличие сертификатов и заключения: СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	+ - -

Продолжение табл. 19. *Стационарные спектрометрические комплексы и спектрометры*

Наименование комплекса, спектрометра / Основные характеристики	Спектрометр энергии бета-излучения сцинтилляционный «Бета-1С»	Спектрометр энергии альфа-излучения полупроводниковый «СЭА-13П»
Тип, основной состав	Сцинтилляционный спектрометр Состав сцинтилляционный блок детектирования, двухвходовая плата АЦП-1К-2М с буферной памятью и таймером в конструктиве IBM PC, свинцовый экран – защита, кюветы для проб с приспособлениями, ПЭВМ, ПО Windows	Полупроводниковый спектрометр Состав устройство измерения с вакуумированной камерой и Si ППД, спектрометрический измерительный тракт, блок питания, двухвходовая плата АЦП-8К-2М с буферной памятью и таймером в конструктиве IBM PC, IBM PC с принтером, ПО Windows, вакуумный насос
Блоки детектирования (БД)	Спектрометрический сцинтил БД БДС-Б с пластич сцинтилл ∅70х20 мм со встроенным усилителем, высоковольтным источником питания и сист стабилиз по реперному пику светодиода (число каналов 16777215, макс загрузка 5 10^4 имп/с)	Кремниевый детектор с площадью 400, 1000, 2000, 3000 мм^2 (выбирается при заказе). Число каналов 4096, емкость канала 16777215, макс загрузка 10^4 имп/с, макс ∅ измер образца 70 мм, расстояние от пробы до детектора 5-45 мм
Порог чувствительности, Бк (Бк/кг)	30 (^{90}Sr), 90 (^{137}Cs), 100 (^{40}K)	
Диапазон регистрируемых энергий, МэВ	0,05 – 3,0	3,0 – 9,0
Энергетическое разрешение, %	15 по пику конверс электр 664 кэВ ^{137}Cs	40 *($S_{дет}$=400 мм^2), 60 * ($S_{дет}$=1000 мм^2), 75 * ($S_{дет}$=2000 мм^2), 90 * ($S_{дет}$=3000 мм^2),
Интегральная нелинейность, %	1	≤10 **
Основная погрешность определения активности, %	10 – 50 (10 % при градуировании по образцовому источнику)	
Температура, ^{0}C	+10 - +35	
Масса, кг	0,3 (АЦП), 1,3 (БД), 90 (защита)	0,3 (АЦП), 7,5 (устр изм), 10 (вак нас)
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	+ - -

Примечание. * - энергия в кэВ, ** - разрешение по линии 5,15 МэВ, характеристики стационарной модели спектрометра-дозиметра СПЕДОГ приведены в табл 21.

Табл. 20. *Переносные и носимые спектрометры*

Наименование спектрометра / Основные характеристики	Переносной спектрометрический комплекс СКС-07Г (Сц)-М «Кондор»	Портативные спектрометры «Прогресс-спектр» *
Тип, основной состав	Переносной спектрометрический комплекс на базе процессора импульсных сигналов SBS-60, встраиваемого в компьютер типа Note Book	Спектрометрический комплекс для работы в лабораторных и полевых условиях Гамма-спектрометр «Спектр-гамма», Бета-спектрометр «Спектр-бета», Альфа-радиометр «Спектр-альфа»
Блоки детектирования (БД)	Переносной БД с ППД из сверхчистого германия в свинцовой защите производства фирм США EG & G ORTEC или CANBERRA • серии GEM,DG(0,04-10 МэВ), • серии GMX,GR,GX(0,03-10 МэВ), • серии LoAX, GL(3-400 кэВ) БД с кристаллами CsI(Tl), NaI(Tl) любых размеров и конфигураций	I «Спектр-гамма», сцинтилляционный БД, CsI Ø40x40мм II «Спектр-бета», сцинтилляционный БД, пластик 70x10 мм III «Спектр-альфа», сцинтилляционный БД, ZnS Ø60 мм (проба с осажденным люминофором СФ-4)
Порог чувствительности, Бк (Бк/кг)		I 10 (^{137}Cs), 18 (^{226}Ra, ^{232}Th), 100 (^{40}K), II 1(^{90}Sr), III 9 10^{-3} (180) в зависимости от пробы
Число каналов	16384, 8192, 4096, 2048, 1024, 512	II 1024
Энергетическое разрешение, %, не более	Зависит от типа детектора для ППД~1,7 кэВ на линии 1,33 МэВ	I 9 по линии 662 кэВ (^{137}Cs)
Интегральная нелинейность, %	0,025 % на 98 % амплитудного диапазона 0,005	
Диапазон регистрируемых энергий, МэВ		I 0,2-3, II ^{90}Sr, III от 1,5
Температура, ^{0}C	-20 - +40	
Питание	Сеть ~220 В Аккумуляторы 12 В (на 20 ч)	
Масса, кг (с защитой)	0,2 (плата СКС-50)	I 50,0 (с защитой) и 2,0 (без защиты), II 3,0, III 3,4
Программное обеспечение	Обработка спектров с получением данных об объемной, удельной или поверхностной активности радионуклидов, мощности дозы, измерения степени обогащения урана и др	ПО «Прогресс»
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	+ - -

Продолжение табл. 20. *Переносные и носимые спектрометры*

Наименование спектрометра / Основные характеристики	Портативные спектрометры СКС-99 «Спутник» (портативный альфа-радиометр «Спутник-АР»)	Портативный спектрометр Гамма-1С/NB1
Тип, основной состав	Портативные универсальные спектрометры для измерения альфа-, бета- и гамма-излучающих радионуклидов в объектах внешней среды в лабораторных и полевых условиях Измерительный пульт "Спутник" и различные БД	Портативный полевой гамма-спектрометр БД с системой стабилизации, портативный многоканальный амплитудный анализатор АИ-8К/NB, ПЭВМ типа Note Book,ПО
Блоки детектирования (БД)	I «Спутник -гамма», сцинтилляционный БД, CsI Ø45х50мм II «Спутник-бета», сцинтилляционный БД, пластик 70х10 мм, масса пробы 5-10 г III «Спутник-АР», сцинтилляционный БД, ZnS Ø60 мм	Сцинтилляционный БД с кристаллом NaI(Tl) Ø35х50 мм с коллиматором
Порог чувствительности, Бк (Бк/кг)	I (2-10) ^{137}Cs, (4-16) ^{226}Ra, (3-16) ^{232}Th, (30-100) ^{40}K**, II (0,1-1) р/х мет ; (10) физ мет , (100) сыр пробы, III 9 10^{-3} тонкие пробы, (180) толстые пробы	8(по ^{137}Cs), $t_{изм}$= 1ч
Число каналов		1024
Энергетическое разрешение, %, не более	I 9 по линии 662 кэВ	8 по линии 662 кэВ
Интегральная нелинейность, %		
Диапазон регистрируемых энергий, МэВ	I 0,2-3, II ^{90}Cs, III от 1,5	0,05 – 3,0
Температура, ^{0}С		-20 - +50
Питание	автономное "Спутник-АР" – сеть 220 В	аккумулятор и сетевой адаптер
Масса, кг (с защитой)	«Спутник -гамма» - 2 (30), «Спутник-бета» - 2 (45), «Спутник-АР» - 3,4	2 (АИ), 1,5 (БД), 10 (коллим)
Программное обеспечение	Встроенный процессор, ОЗУ для запоминания спектров, канал подключения к ПЭВМ	
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	+ - -

Примечание * - портативные спектрометры «Прогресс-спектр» в настоящее время не выпускаются, ** - первое значение - сосуд Маринелли 0,5 л, второе - геометрия 4π

Продолжение таблицы 20. *Переносные и носимые спектрометры*

Наименование спектрометра / Основные характеристики	Портативный спектрометр УДС-Г1 *	Карманный спектрометр «Колибри»	Базовый радиометр спектрометрический для полевых измерений «РПГ-09П»	Носимый спектрометр «Прогресс-Гамма-П»
Тип, основной состав	Портативный спектрометр гамма-излучения, БД с АЦП, буферной памятью и контроллером, IBM совместимая ПЭВМ, ПО	Миниатюрное спектрометрическое устройство Клавиатура – 16 функциональных клавиш ЖКИ дисплей с подсветской Интерфейс RS-232	Миниатюрный прибор для работы в производственных лабораторных и полевых условиях Клавиатура – 5 клавиш Дисплей Интерфейс RS-232	Носимый гамма-спектрометр
Блоки детектирования (БД)	Сцинтилляционный БД *с кристаллом NaI(Tl)* Ø 40x40 мм	Сцинтиляционные, газоразрядные и полупроводниковые детекторы невысокого разрешения (например,CdTe, CdZnTe, HgIr, Si)	Сцинтилляционный БД с кристаллами NaI(Tl), CsI(Tl) Ø25x25 мм	Сцинтилляционный БД
Порог чувствительности, Бк (Бк/кг)				3(по ^{137}Cs) на пробу *в геометрии 4π*
Число каналов	992	256, 1024	256 канальный амплитудный анализатор	
Энергетическое разрешение, %	*8 по линии* 662 кэВ			
Интегральная нелинейность, %			1 %	
Диапазон регистрируемых энергий, МэВ	0,05 – 3,0		0,03 – 3,0	
Температура, ^0C	5 - +50	-20 - +40	-5(-10) - +50	
Питание	9 – 18 В	Аккумуляторы 12В (на 24 ч)	Сеть ~220В или аккумуляторы 12 В (на 24 ч)	
Масса, кг	1	0,453 (пульт, корпус брызгозащищенный)	<0,9 вместе с аккумуляторами и блоком детектирования	
Программное обеспечение		*Определение обогащения урана*, загрязнение территорий, определение дозовых нагрузок и др	Калибровка, выделение энергетических окон, определение изотопного состава, мощности дозы, степени обогащения урана и др	
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -

Примечание * - спектрометр с каналом связи с ПЭВМ RS-232 (УДС-Г1-232), с каналом связи RS-485 (УДС-Г1-485), характеристики переносного спектрометра дозиметра СПЕДОГ приведены в табл 21

Стационарный многотрактный спектрометр на базе IBM – совместимой ПЭВМ. За счет установки в одну ПЭВМ нескольких плат SBS-50 (до 4-х) можно одновременно проводить измерения нескольких образцов или объектов, либо нескольких видов излучений (например, одновременно альфа-, бета- и гамма-). В некоторых случаях технологического контроля для повышения достоверности измерений два тракта включаются в параллель в одной ПЭВМ при измерении проб. Использование таких спектрометров на практике обеспечивает явную экономию средств за счет сокращения числа используемых ПЭВМ.

Одноплатный спектрометр SBS-50M (процессор импульсных сигналов) является базовой моделью и самым массовым отечественным спектрометром. Технические решения, использованные при разработке SBS-50M, обеспечили возможность размещения на одной плате конструктива IBM – совместимой ПЭВМ усилительного тракта, преобразователя заряда импульсных сигналов в цифровой код, источника питания для предусилителя и источника высокого напряжения для блока детектирования. Установив эту плату в ПЭВМ и подключив необходимый блок детектирования, пользователь получает современный спектрометр на рабочем столе.

Одноплатный спектрометр для NaI(Cs) SBS-57 является оптимизированным вариантом базовой модели SBS-50M для сцинтилляционных трактов. Обладает всеми эксплуатационными, функциональными и сервисными возможностями SBS-50M.

Одноплатное спектрометрическое устройство SBS-60, также являющееся процессором импульсных сигналов, специально разработано для измерений спектров ядерных излучений при высоких загрузках. От предыдущих типов подобных устройств SBS-60 отличается существенно более высокой пропускной способностью. После установки устройства SBS-60 в IBM – совместимую ПЭВМ типа Desktop или Notebook пользователь получает в свое распоряжение современный спектрометр с наивысшими метрологическими характеристиками.

В зависимости от особенностей измерительной задачи устройство SBS-60 обеспечивает совместимую работу со сцинтилляционными детекторами NaI(Tl), CsI(Tl), фосвичами, газонаполненными пропорциональными счетчиками и ионизационными камерами, а также ППД (германиевыми, кремниевыми и теллуридкадмиевыми)

Устройство SBS-60 комплектуется пакетом прикладных программ для управления и задания режимов работы, энергетической калибровки шкалы и эффективности, обработки данных, а также справочными данными по радионуклидам (энергии линий, их интенсивность, выход, период полураспада и т п).

Устройство SBS-60 представляет собой стандартную ISA – плату половинного размера, которая содержит все необходимые схемотехнические решения для выполнения прецизионных спектрометрических задач Число каналов 16k, 8k, 4k, 2k, 1k, 0,5k, время преобразования 3,8 мкс

Спектрометры на основе устройства SBS-60 соответствуют Публикации МЭК 61276.

Аналогичную задачу решают **Спектрометрические амплитудно-цифровые преобразователи АЦП-1К, АЦП-4К, АЦП-8К и АЦП-8К-LT** Они выполнены в конструктиве IBM-PC и предназначены для преобразования амплитуд импульсов в двоичный код и регистрации их в буферной памяти. ПЭВМ типа IBM PC со встроенным АЦП, снабженная необходимым программным обеспечением и соответствующим блоком детектирования, становится спектрометром ядерных излучений

В состав входят собственно плата АЦП, программа-драйвер на дискете и прикладное ПО.

Характеристики АЦП:

рабочий диапазон амплитуд, В	0,05 - 10
интегральная нелинейность, %, не более	0,03
емкость канала буферной памяти	2^{24}
время регистрации цифрового кода в буферной памяти, мкс	0,5

Модификация плат АЦП	АЦП-1К	АЦП-4К	АЦП-8К	АЦП-8К LT
разрешение, бит	10	10-12	10-13	10-13
буферная память, К	1	4	8	отсутствует
таймер «живого» времени	есть	есть	есть	отсутствует
дифференциальная нелинейность, %	0,4	0,7	0,7	0,5
тактовая частота, МГц	50,80,100	80,100	80,100	50

Платы АЦП-1К и АЦП-4К имеют модификации АЦП-1К-2, АЦП-4К-2, соответственно, со встроенным мультиплексором на два входа с независимым управлением и таймером по каждому входу. АЦП-8К – универсальная плата, может поставляться в варианте с двумя входами (2*1К, 2*2К или 2*4К) и с восемью входами – АЦП-1К8. Число каналов программно устанавливается от 1К до 8К. Имеется программное управление усилителем (1-8) и порогом дискриминации нижнего уровня (ДНУ). Выпускается также АЦП с внешней шиной ISA.

Характеристики АЦП:

рабочий диапазон амплитуд, В ..... 0,05 - 10
интегральная нелинейность, %, не более 0,03
емкость канала буферной памяти ..... 2^{24}
объем буферной памяти, К 2x8x3
время регистрации цифрового кода в буферной памяти, мкс 2
время считывания всей буферной памяти в память PC, мс 40
число аналоговых входов 2
число одновременно регистрируемых 8К спектров 2
тактовая частота, МГц 100
дифференциальная нелинейность, %, не более 1
разрешение, бит 10-13

Накопители спектрометрической информации. Автономный накопитель спектрометрической информации АНСИ-02 представляет собой спектрометрический амплитудно-цифровой преобразователь с буферной памятью и контроллером, выполненный в отдельном корпусе со своим блоком питания Накопитель предназначен для измерения амплитуд импульсных сигналов путем аналого-цифрового преобразования с последующей регистрацией полученного цифрового кода в буферной памяти и позволяет проводить накопление и выдачу на последовательный интерфейс информации о распределении по амплитуде импульсов, поступающих от детекторов ионизирующих излучений или от других источников статистически распределенных сигналов.

Основное применение – использование в составе спектрометров для регистрации ионизирующих излучений в качестве спектрометрического АЦП вместо часто используемого варианта АЦП в конструктиве IBM PC, устанавливаемых в компьютер.

Характеристики АНСИ-02:

Параметры входных импульсов (полярность положительная или двухполярная с положительной рабочей частью):
- рабочий диапазон амплитуд, В ..... 0,05. .10
- максимально допустимый диапазон амплитуд, В ..... -12...+12
- длительность фронта, не менее, мкс 0,25
- длительность спада, не более, мкс 50

входное сопротивление, кОм 2
дифференциальная нелинейность, не более, % 1
интегральная нелинейность, не более, % 0,05

частота генератора кодовой серии, МГц 100
максимальная загрузка, при которой смещение пика
не превышает 0,1%, имп/с 100000
емкость канала 16777215
диапазон регулировки порогов дискриминации (с шагом 5 мВ), В ..... 0,02...10
погрешность задания порога дискриминации, не более, % 10
диапазон регулировки ширины канала (с шагом 5 мкВ), мВ ..... 1,2...10
погрешность задания ширины канала, не более, % 5
диапазон задания экспозиции по «живому» времени ..... от 100 мс до 1000 ч
габаритные размеры, не более, мм 30x130x190

Использование АНСИ-2 обеспечивает независимость от конструктивных особенностей используемого компьютера, что важно из-за существенно более быстрого морального старения используемых компьютеров по сравнению со спектрометрической аппаратурой. В случае применения накопителя типа АНСИ-02 можно использовать любой компьютер в составе спектрометрической системы, не вскрывая его и не нарушая пломб и не теряя гарантий.

В качестве последовательного интерфейса в АНСИ-02 предусмотрено использование RS-232 или RS-485. Выбор конкретного типа интерфейса проводится путем перестановки перемычек на плате.

Питание АНСИ-02 производится от настенного сетевого адаптера, выдающего нестабилизированное напряжение 9...15 В.

Переносные однодетекторные спектрометры на базе ПЭВМ типа Notebook обладают возможностями функционирования в автономном режиме до 10 ч за счет собственных источников питания. Эти приборы можно использовать как мобильный спектрометр для оперативного и инспекционного контроля, проведения измерений, где отсутствует электрическая сеть. Общение со спектрометром интерактивное и проводится через дисплей и клавиатуру.

Условия эксплуатации спектрометра определяются типом ПЭВМ.

Носимые полевые спектрометры выполнены в виде моноприбора и рассчитаны на эксплуатацию в жестких механических и климатических (-30...+50 °С) условиях. Компактная пыле- и брызгозащищенная конструкция (ориентировочные размеры 250x115x260 мм), автономность, малая масса спектрометра (с аккумуляторами на 10 ч автономной работы – до 5 кг) делают их незаменимым всепогодным инструментом при проведении измерений в горячих цехах, в экстремальных ситуациях, при проведении изысканий в карьерах, в шахтах. Встроенный в спектрометр компьютер (IBM - совместимый) обеспечивает выполнение большинства программ предшествующих спектрометров. Вся измеренная информация хранится в памяти прибора и по окончании кампании измерения может выводиться на принтер, мини-дисковод или транслироваться по стандартизованному интерфейсу на ПЭВМ.

В состав спектрометров входит усилитель с времязависящим формированием информационного сигнала с регулируемой по длительности весовой функцией. Усилитель обычно имеет ключевой восстановитель базовой линии. Коэффициент превышения шума усилительного тракта составляет около 1,03. Время занятости усилителя превышает время формирования не более, чем в 2-3 раза.

Встроенный источник высоковольтного питания позволяет подавать на детектор напряжение любой полярности до 1,5 кВ (500 мкА), либо до 4,5 кВ (1 мкА). Низковольтный источник питания обеспечивает подачу напряжения для питания предусилителя ±24 В или ±12 В.

Спектрометры имеют следующие типовые значения измерительных характеристик:

- частота преобразования, МГц ..... 60 - 100
- число каналов (определяется при заказе) ..... от 512 до 8192;
- емкость канала ..... $2^{24} - 1$;
- интегральная нелинейность,% 0,05 (0,02);
- дифференциальная нелинейность, % 1 (0,5);

• коэффициент усиления ..... 5 – 1280;
• постоянная времени дифференцирования, мкс 1,0; 2,0; 4,0; 8,0
• температурная нестабильность характеристики преобразования, %/С
для ППД-спектрометров 0,005 (0,001);
для сцинтилляционных спектрометров 0,05 (0,1);
• входная загрузка ..... 100000-200000/Т импульсов в секунду, где Т – постоянная времени формирования

Примечание. В скобках приведены средние типовые значения.

Для ликвидации последствий аварии на ЧАЭС был разработан и широко использован ***Носимый полевой коллимированный сцинтилляционный радиометр-спектрометр*** **«КАРАТ»**. Он позволял проводить картографирование радиоактивного загрязнения местности с запоминанием результатов измерения с помощью 256-канального анализатора, а также запоминанием точек, где проводились эти измерения. После проведения обследования местности путем подключения прибора через канал связи к ПК, установленному в радиологической лаборатории по результатам измерений определялось содержание ^{137}Cs в почве в Бк/км^2.

Всепогодный спектрометрический комплекс СКС-06П поставляется в 4-х модификациях

Основные технические характеристики комплекса СКС-06-П

Наименование модификаций / Основные характеристики	СКС-06-П-Р1 с пропорциональным счетчиком	СКС-06-П-Р2 с БД на основе кремниевого ППД с охлаждением	СКС-06-П-Г1 .Г73 с ППД на основе ОЧГ с охлаждением	СКС-06-П-Г74 Г80 со сцинтилляционными БД на основе кристалла NaI или CsI
Диапазон энергий регистрации γ-спектров, кэВ	3,3 - 30	3,3 - 60	50 – 3 10^3	50 – 3 10^3
Энергетическое разрешение, %	18,0 по линии 5,9 кэВ	5,0 по линии 5,9 кэВ	0,16-0,23 по линии 1,33 МэВ	8,5 по линии 662 кэВ
Интегральная нелинейность, %	0,35	0,25	0,05	1,00

Комплекс содержит спектрометрический пульт УНО-203П со встроенной ЭВМ и возможностью автономного питания. Число каналов – 512, 1024, 2048, 4096, емкость каналов $2^{24} – 1$, интерфейс RS-232. Условия эксплуатации –30 - +50 °С. Комплекс имеет сертификат СИ и санитарно-гигиенический сертификат.

Портативный универсальный спектрометр СКС-99 «Спутник» предназначен для сертификации пищевой продукции, питьевой воды, строительных материалов и др., а также для решения различных исследовательских задач, связанных с измерениями радиоактивности. *СКС-99 «Спутник» состоит из микропроцессорного устройства для накопления и* обработки аппаратурных спектров, набора блоков детектирования. Звуковой сигнал и аналоговая шкала позволяют использовать прибор в качестве поискового. Встроенный в прибор дозиметр позволяет проводить предварительную оценку радиоактивного загрязнения местности и исследуемых объектов. Прибор имеет энергонезависимый таймер и ОЗУ для запоминания от 14 до 80 спектров. Отображение набираемого спектра проводится на дисплее с ЖКИ.

Имеется возможность подключения прибора к ПК с использованием программного обеспечения «Прогресс».

Диапазоны измерения при статистической составляющей относительной погрешности не более 50 % (Р=0,95) за время измерения 1 час:

• суммарной удельной активности альфа-излучающих радионуклидов
в «толстослойных» образцах 0,02 – 10^4 Бк/кг;
в «тонкослойных» образцах 0,01 – 10^4 Бк/кг;
• удельной активности бета-излучающих радионуклидов

в счетных образцах 0,5 – 10^4 Бк (по ^{90}Y);

• удельной активности гамма-излучающих радионуклидов
в счетных образцах 3 – 10^4 Бк (по ^{137}Cs).

Портативные спектрометры «Прогресс-спектр» - новое поколение приборов, в котором использована микропроцессорная техника для управления аппаратурой и обработки спектра. Приборы основаны на методическом подходе, отлаженном и используемом в спектрометрических комплексах «Прогресс» [88].

Аппаратурное, методическое и программное обеспечение этих приборов предназначено для решения задач радиационного контроля объектов внешней среды, пищевых продуктов и др. на основе спектрометрических методов измерения активности альфа-, бета- и гамма-излучающих радионуклидов.

В приборах обеспечивается автоматизация процессов измерения и обработки спектра, автоматический контроль за достоверностью результатов, возможность сохранения во внутренней памяти (встроенном ОЗУ) до 15 спектров для последующей обработки их на ПК, возможность подключения различных блоков детектирования к одному прибору. Разрядность АЦП гамма-спектрометра «Спектр-гамма» - 1024 канала. Масса пробы бета-спектрометра «Спектр-бета» - 5-15 г. Площадь поверхности измеряемых проб альфа-радиометра «Спектр-альфа» - 110-160 $см^2$

Для решения широкого круга практических задач гамма-спектрометрии в области радиоэкологии разработан (переносной и стационарный варианты) **Спектрометр-дозиметр гамма-излучения СПЕДОГ** на основе Si(Li) детектора, который можно эксплуатировать без охлаждения при комнатной температуре [89].

Спектрометр-дозиметр аттестован как спектрометр и как дозиметр гамма-излучения. Основное назначение приборов – экспрессное определение спектрального состава источников гамма-излучения, идентификация радионуклидов с одновременным определением их активности и мощности дозы.

Основные характеристики приборов приведены в табл 21.

Переносной вариант спектрометра-дозиметра СПЕДОГ-01 после окончания измерений может быть подключен к компьютеру, где при помощи специальных программ определяется радионуклидный состав излучателей и их активность.

Спектрометрические качества приборов СПЕДОГ можно существенно улучшить, используя охлаждение детектора с помощью специальных холодильников. При охлаждении детектора до –20 °С энергетическое разрешение прибора при энергии 1 МэВ составляет 12 кэВ и 15 кэВ для стационарного и переносного приборов соответственно. При температуре –40 °С, которую обеспечивают электронные холодильники, энергетическое разрешение приборов составляет 6-8 кэВ при энергии гамма-излучения 1 МэВ.

К специализированным спектрометрам относятся **Спектрометрический прибор контроля плотности потока и энергетического состава гамма-излучения ССГИ2 и Спектрометрический прибор контроля энергетического состава гамма-излучения СМГИ2**. Особенность этих приборов – многофункциональность, возможность оперативного обслуживания значительных территорий и работы в условиях жестких (полевых) климатических и механических нагрузок. Приборы имеют систему автономного и сетевого питания и зарядное устройство

Прибор ССГИ2 предназначен для обнаружения источников гамма-излучения, создающих в точке наблюдения плотность потока частиц, сравнимую с уровнем естественного фона с сигнализацией о превышении порогового уровня, картографирования полей гамма-излучения, определения энергетического состава гамма-излучения, автоматической идентификации ряда медицинских изотопов и других радиоактивных нуклидов по энергии их гамма-излучения, а также для оценки активности нуклидов по гамма-излучению.

В приборе предусмотрена возможность использования различных по объему кристаллов сцинтилляционного детектора Он обеспечивает возможность проведения поисковых мероприятий в режиме непрерывного перемещения. Прибор имеет интерфейс для координатного графопостроителя, интерфейс кассетного магнитофона, в нем обеспечена программная совместимость с операционной системой RT-11 (DEC).

Таблица 21. *Основные характеристики переносного и стационарного спектрометров-дозиметров СПЕДОГ*

Характеристики приборов	Переносной	Стационарный
Энергетический диапазон, МэВ	0,05 - 3	0,05 - 3
Диапазон измерений мощности дозы, мкЗв/ч	0,1 – 10^4 *	0,1 – 10^4
Чувствительность к γ-излучению ^{137}Cs (0,662 МэВ), имп.см^2/фотон	0,12	0,12
Относительное энергетическое разрешение при t = 20 ^{0}C, %		
по гамма-линии 0,60 МэВ	25	20
по гамма-линии 0,662 МэВ	5,0	4,0
по гамма-линии 1,33 МэВ	2,5	2,0
Абсолютное энергетическое разрешение, не более, кэВ	35	25
Систематическая погрешность определения плотности потока гамма-квантов по пикам, не более, %	10	10
Число каналов АЦП	256	≥1024
Число энергетических групп в энергетическом диапазоне 0,05-3 МэВ	14 - 16	14 - 16
Число архивируемых спектров	99	произвольно
Систематическая погрешность в определении мощности дозы, %	10	10
Время заданных экспозиций, с	1 - 9999	произвольно
Максимальная входная статистическая загрузка, имп/с	10^5	10^5
Напряжение питания, В	12	12
Время установления рабочего режима, мин	1	1
Время непрерывной работы, ч	8	произвольно
Назначенный срок службы, лет	5	
Температурные условия, ^{0}C		
для основного блока	-10 ÷ +35	ПЭВМ
для выносного блока	-40 – +35	-40 ÷ +35
Масса прибора, кг	3,0	ПЭВМ
Габариты прибора, см		
основного блока	18x16x12	ПЭВМ
выносного блока	18 x Ø3,8	18 x Ø3,8
Максимальное расстояние между детектором и основным блоком, м	50	50

Примечание * 0,1-10^4 мкЗв/ч при отсутствии защиты зонда прибора, до 10^5 мкЗв/ч – при помещении зонда в чехол из свинца и до 10^6 – 10^7 мкЗв/ч – при помещении зонда в коллиматор из свинца или железа.

Прибор СМГИ2 предназначен для картографирования полей гамма-излучения, определения энергетического состава гамма-излучения и поиска источников гамма-излучения, находящихся внутри крупногабаритных объектов. Он обеспечивает возможность организации квазистационарных пунктов радиологического контроля. Прибор имеет память на 15 спектров для последующей передачи и обработки в ЭВМ, интерфейс RS-232, в нем обеспечена программная совместимость с операционной системой MS-DOS версии 6 00 и выше

Спектрометрические приборы ССГИ2 и СМГИ2 сертификатов СИ и санитарно-эпидемиологического (гигиенического) заключения не имеют

Основные характеристики приборов ССГИ2 и СМГИ2 приведены в табл.22.

Спектрометры могут быть основой для построения различных информационно-измерительных и информационно-управляющих систем радиационного контроля. Благодаря развитому интерфейсу спектрометры легко объединять в информационные сети, либо подключать к уже существующим сетям. Развитие смежных областей техники позволяет объединять несколько установок с другими измерительными приборами в измерительные комплексы. На базе этих приборов можно построить стационарные и передвижные станции радиоэкологического мониторинга и контроля среды обитания человека.

Спектрометры могут использоваться для оперативного контроля радиационной обстановки на предприятиях атомной промышленности и энергетики, а также на всех стадиях

Таблица 22. *Основные характеристики специализированных спектрометрических приборов*

Наименование прибора / Основные характеристики	ССГИ2	СМГИ2
Тип детектора	Сцинтилляционный детектор гамма-излучения на основе кристалла NaI(Tl) Ø40x40 мм	Сцинтилляционный детектор гамма-излучения на основе кристалла NaI(Tl) Ø63x63 мм
Чувствительность к гамма-излучению в диапазоне энергий 0,1 – 1,2 МэВ, $см^2$	10	24
Разрядность АЦП	8	10
Емкость канала		$2^{16} - 1$
Время преобразования, мкс	30	40
Экспозиция, с	1 - 999	1 - 9999
Максимальная загрузка, имп/с	$3 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$
Питание, В	20-24 или 220 с зарядным устройством	10-12 или 220 с зарядным устройством
Габаритные размеры, мм	330x290x140	300x300x190
Масса, кг	8	8

ядерного топливного цикла. Они могут применяться для обмера больших площадей, для определения местных распределений различных радионуклидов, например, оконтуривания мест ядерных выпадений после ядерных испытаний и аварий, проведения массовых измерений после ядерных аварий

Спектрометры фотонного излучения со сцинтилляционными и полупроводниковыми детекторами используются в составе СИЧ (счетчиках или спектрометрах излучения человека) для контроля внутреннего облучения персонала и населения (см. раздел 2.4).

2.4. Счетчики излучения человека

Счетчики (спектрометры) излучения человека (СИЧ) предназначены для определения внутреннего облучения человека по результатам измерения активности во всем теле или локализации в теле человека (отдельных органах) инкорпорированных радионуклидов. Они представляет собой комплекс или отдельный прибор для измерения радиоактивности, в состав которых, кроме того, может входить и вспомогательное оборудование [39, 90-97].

Детектирующая часть СИЧ содержит или может содержать следующие элементы: детекторы (сцинтилляционные или полупроводниковые, последние обеспечиваются криостатами), предусилители, дополнительные детекторы для измерения радиационного фона, источники питания детекторов, коллиматоры, экраны (стальные, свинцовые или многослойные).

Измерительная часть СИЧ содержит или может содержать следующие элементы: измерительный канал для основного детектора, измерительный канал для дополнительного детектора, измерительную систему – анализатор или спектрометрическое устройство, процессор, источник стабильного питания.

В зависимости от геометрии измерения в состав СИЧ входят – измерительная камера, специализированные кресло, кровать и др.

Вспомогательное оборудование обычно содержит следующие элементы: устройства записи и хранения информации, устройства для измерения массы человека, фантомы, спектрометрические источники ИИ и др

Конструкция СИЧ выполняется таким образом, чтобы она обеспечивала возможность

их дезактивации в случае радиоактивного загрязнения.

На практике применяют различные типы СИЧ. Деление СИЧ на типы проведено с учетом их назначения, характеристик, условий применения (стационарное помещение или транспортное средство – железнодорожный вагон, автобус и др.), типа аварии, количества и контингента обследуемых лиц.

В соответствии с разрабатываемым Стандартом ТК 45 МЭК «Ядерное приборостроение» счетчики излучения человека по энергетическому диапазону фотонного излучения разделяют на низкоэнергетические (диапазон энергии фотонов от 10 до 200 кэВ) и высокоэнергетические (диапазон энергии фотонов от 100 кэВ до 3 МэВ) [92,93]. Первые, в основном, используют для определения содержания плутония, америция и урана в легких и других органах. Вторые, в основном, используют для определения содержания высокоэнергетических радионуклидов, в том числе продуктов активации и деления (^{137}Cs, ^{60}Co) во всем теле человека или в отдельных органах.

Счетчики излучения для измерения низкоэнергетических радионуклидов разделяют на два типа.

Минимально-детектируемая активность в стандартных условиях измерения относительно 5 % доверительного интервала для «низкоэнергетического» СИЧ типа 1 должна составлять 20 Бк для ^{241}Am и ^{235}U, а для типа 2 – 40 Бк для ^{241}Am и 20 Бк для ^{235}U.

Энергетическое разрешение сцинтилляционного детектора (по ПШПВ) не должно превышать 25 кэВ для гамма-линии 59,54 кэВ для ^{241}Am или должно быть установлено разработчиком аппаратуры, например, по согласованию с потребителем аппаратуры. Энергетическое разрешение для германиевого полупроводникового детектора (ПШПВ) не должно превышать 1,5 кэВ для гамма-линии ^{241}Am 59,54 кэВ и не более 2 кэВ для гамма-линии ^{57}Co 122,1 кэВ или должно быть установлено разработчиком аппаратуры.

Интегральная нелинейность аппаратуры со сцинтилляционными детекторами обоих типов низкоэнергетических СИЧ не должна превышать ±0,5 %, аппаратуры с германиевыми полупроводниковыми детекторами - ±0,1 % для СИЧ типа 1 и ±0,2 % для СИЧ типа 2.

Счетчики излучения человека для измерения высокоэнергетических радионуклидов в зависимости от их характеристик и минимально-детектируемой активности относительно 1% доверительного интервала разделяют на 4 типа.

СИЧ типа 1 – установка для точных измерений содержания малых активностей в теле человека с анализом радионуклидного состава и пространственного распределения в условиях очень малого радиационного фона. В основном применяется для исследовательских или экспертных целей в лабораториях, университетах, госпиталях. Эти СИЧ могут быть использованы для аттестации СИЧ второго и третьего типов. Измерения проводятся в защитной низкофоновой камере, снабженной системой вентиляции. Минимально-детектируемая активность ^{60}Co – 20 Бк, ^{137}Cs – 40 Бк.

СИЧ типа 2 – установка для измерения содержания активности в теле человека с анализом радионуклидного состава и пространственного распределения в условиях малого фона. Применяется в институтах по исследованию атомной энергии, АЭС, центрах по лечению после ядерных аварий и т.д.

Назначение СИЧ – периодический контроль. Минимально-детектируемая активность ^{60}Co – 40 Бк, ^{137}Cs – 80 Бк.

СИЧ типа 3 – прибор для массовых измерений содержания активности в организме персонала и населения после ядерных аварий с анализом или без анализа радиоактивного состава. СИЧ с теневой защитой, ограниченной по весу, может применяться для измерения как в стационарных условиях, так и в подвижных средствах (железнодорожный вагон, автобус, автомобиль, вертолет, плавсредства и т.п.).

Назначение СИЧ – массовые обследования населения на территориях, загрязненных радиоактивными веществами в результате аварий. Минимально-детектируемая активность ^{60}Co – 200 Бк, ^{137}Cs – 400 Бк.

СИЧ типа 4 - прибор для измерения содержания нуклидов без определения состава и пространственного распределения нуклидов или при известном нуклидном составе.

СИЧ 4 типа относятся к классу портативных или переносных.

Назначение СИЧ – предварительная оценка уровней содержания гамма-излучающих радионуклидов в теле человека при массовом обследовании населенных районов, загрязненных радиоактивными веществами. Среди достоинств СИЧ типа 4 – несложные операции по подготовке к работе, простота в эксплуатации и возможность быстрого обследования населения непосредственно в местах проживания.

Минимально-детектируемая активность ^{60}Co – 200 Бк, ^{137}Cs – 400 Бк.

Энергетическое разрешение сцинтилляционных детекторов (ПШПВ) всех четырех типов для гамма-линии 661,7 кэВ ^{137}Cs не более 9 % или должно быть установлено разработчиком аппаратуры. Энергетическое разрешение германиевого полупроводникового детектора (ПШПВ) для гамма-линии 661,7 кэВ ^{137}Cs не более 2 кэВ, не более 4 кэВ для гамма-линии 1,332 МэВ ^{60}Co или должно быть установлено разработчиком аппаратуры. Энергетическое разрешение германиевого детектора (ПШПВ) объемом 50-100 $см^3$ для гамма-линии 1,332 МэВ ^{60}Co не должно превышать 3 %.

Интегральная нелинейность аппаратуры со сцинтилляционными детекторами не должна превышать ±0,5 % для СИЧ типа 1 и 2, ±1 % для СИЧ типа 3. Для аппаратуры с германиевыми полупроводниковыми детекторами она не должна превышать ±0,1 % для СИЧ типа 1, ±0,2 % для СИЧ типа 2 и не более ±0,3 % для СИЧ типа 3.

Время измерения для СИЧ типа 1 и 2 не должно превышать 30 мин, а для для СИЧ типа 3 и 4 – более 5 мин, но в то же время не должна быть исключена возможность измерений в течение более длительного периода.

При измерениях малых активностей радиационный фон на рабочем месте не должен превышать 0,25 мкЗв/ч

Погрешность измерения активности для СИЧ со сцинтилляционными детекторами не должна превышать ±25 % (тип 1), ±30 % (тип 2, 3) и ±50 % (тип 4). Для СИЧ с германиевыми полупроводниковыми детекторами погрешность измерения активности не должна превышать ±25 % (тип 1) и ±30 % (тип 2 и 3).

Примечание. Подробные характеристики спектрометров приведены в разделе 2.3 «Спектрометрическая аппаратура»

По результатам проведенных с помощью СИЧ обследований были разработаны Методические указания измерения содержания цезия в организме человека переносным СИЧ в отсутствии других гамма-излучающих радионуклидов (при этом вклад калия-40 считается пренебрежимо малым). Методические указания утверждены в Министерствах Здравоохранения России, Беларуси и Украины [91]

В табл.23 приведены категории оценки результатов обследований.

Статистически значимый объем измерений, проведенный с помощью переносных СИЧ, привел к возникновению технологии массового инспекционного контроля содержания радионуклидов в организме человека, позволяющей:

- осуществлять контроль больших групп населения в месте их проживания с целью оперативного выявления людей, нуждающихся в срочном детальном обследовании и создания банка данных по прогнозированию дозовых нагрузок на человека;
- проводить периодический контроль населения, проживающего на загрязненных территориях, т к. рассчитывать на безусловное выполнение правил радиационной безопасности населением (особенно детьми) и полагаться на "чистые" привозные продукты, исключив продукцию личного подворья, не приходится;
- проводить регулярное наблюдение и обследование населения, а по желанию - каждого жителя России (как это делается в республике Беларусь и на Украине), чтобы не пропустить случайные поступления с продуктами радионуклидов цезия-137, что исключит переоблучение;
- контролировать эффективность лечения в стационарных условиях специализированных учреждений

Характеристики основных отечественных счетчиков излучения человека приведены в табл.24.

Таблица 23. Оценка результатов обследования по категориям

Категория	Результаты		
		Активность, кБк	
		взрослые	дети
1 категория	Безопасно	менее 7,4	менее 2,5
2 категория	Повышено	7,4 – 26,0	2,5 – 9,0
3 категория	повторные измерения через 3 мес.	26,0 – 122,0	9,0 – 41,0
4 категория	направление на медицинское обследование	свыше 122,0	свыше 41,0

К счетчикам излучения человека типа 3 следует также отнести специализированный **Прибор радиометрический РИГ-02С**. Он предназначен для измерения содержания гамма-излучающих радионуклидов в диапазоне энергий от 0,1 до 3 МэВ, равномерно распределенных в организме человека, и иода-131, находящегося в щитовидной железе.

Диапазон измерения при определении активности радионуклида цезия-137 в организме человека 37-370 МБк, иода-131 в щитовидной железе 0,37-37 МБк, при допускаемой основной погрешности не более 30%. Прибор предназначен для обследования лиц, участвовавших в ликвидации тяжелых радиационных аварий.

Из последних разработок следует отметить СИЧ автоматизированной системы ИДК Волгодонской АЭС В составе автоматизированной системы ИДК первого блока Волгодонской АЭС для контроля внутреннего облучения персонала использованы один СИЧ типа 2 и два СИЧ типа 3. СИЧ типа 2 создан на основе коаксиального германиевого ППД GEM 30185 и одноплатного спектрометра SBS-60. Этот же спектрометр использован в СИЧ 3-го типа: в контрольном на основе блока детектирования БДЭГ-15ПР со сцинтилляторами NaI(Tl) размером Ø150x100 мм и в йодном на основе блока детектирования БДЭГ-36 со сцинтиллятором NaI(Tl) размером Ø75x75 мм

Указанные СИЧ обеспечены специализированной кроватью, а также креслом (геометрия измерения «сзади») и стойкой с коллиматорами для детекторов.

Во Всероссийском центре экстренной и радиационной медицины МЧС создается диагностико-дозиметрический комплекс – **Высокочувствительный низкофоновый спектрометр излучений человека** типа 1 для экспертных обследований.

Он предназначен для определения

- активности гамма-излучающих радионуклидов во всем теле,
- содержания ^{90}Sr в костной ткани;
- содержания трансурановых радионуклидов (^{241}Am, ^{239}Pu и др.) в легких;
- содержания и локализации гамма-излучающих радионуклидов в органах и тканях.

Продолжительность одного обследования по полной программе 50-60 мин.

СИЧ позволит проводить исследования в целях:

- установления фактической суммарной поглощенной дозы облучения организма в целом, а также в отдельных органах и тканях;
- формирования групп повышенного риска,
- диагностики и прогнозирования состояния здоровья спасателей - участников ликвидации последствий радиационных аварий, лиц, пострадавших в результате радиационных аварий, в том числе жителей загрязненных территорий, а также персонала предприятий атомно-энергетического комплекса

Типовая структурная схема поста дозиметрического контроля персонала радиационно-опасного объекта приведена на рис.4 (отдельные технические средства, приведенные на рисунке могут выполнять объединенные функции) В посте может быть предусмотрен информационный выход в вышестоящую систему РК.

2.5. Системы радиационного контроля

Специфика и разнообразие систем радиационного контроля связаны со спецификой и разнообразием контролируемых объектов, в том числе объектов ЯТЦ, АЭС, разнообразием технологических процессов на них и связанных с ними измерительных задач. На объек-

Таблица 24. Счетчики излучения человека

Тип и наименование СИЧ / Основные характеристики	СИЧ типа 1				СИЧ типа 2		СИЧ типа 3	СИЧ типа 4
	СИЧ 2.2 *	СИЧ 2 8 *	СИЧ-К *	СЕГ-02Т	СЕГ-01Т	«ПРОГРЕСС-ГАММА (СИЧ) » **	«СПЕКТР-СИЧ»	РИГ-07П * (РИГ-07П-Т, РИГ-07П-М)
Мин детектируемая активность,Бк по ^{137}Cs во всем теле, по ^{131}I в щитовидной железе, по ^{60}Co, ^{137}Cs, ^{54}Mn, ^{51}Cr в легких, по ^{241}Am в легких/печени	20	20	10/20	1000 600 800	740 370 370	800 50 200	1200 100 -	1000
Время измерения, мин				5	5	10	10	5
Диапазон энергии фотонов, МэВ	0,1-2,5	0,05-2,5	0,006-1,5	0,05-3,0	0,05-3,0	0,03-3,0	0,2-3,0	0,2-3,0 (со сменой энергет.окон)
Энергетическое разрешение по линии 661,7 кэВ, %, не более	18	2,5 кэВ по ^{60}Co		5 кэВ для ^{60}Co	8	8,5	9	
Погрешность измерения, %, не более	30	30	30	10	10	30		20
Разрядность АЦП, каналы	4096	4096	4096	1024	1024		1024	
Тип и размеры детектора	сцинт Ø203x102мм	ППД 250 см^3	ППД с окном Be, 250 см^3	ППД типа ДГДК	сцинтилл NaI(Tl) Ø63x63 мм	сцинтилл. NaI(Tl) Ø63x63 мм (Ø150x100 мм с коллимат)	сцинтилл. CsI(Tl) Ø45x50 мм с коллимат.	сцинтилл. NaI(Tl) Ø63x63 мм
Связь с ПЭВМ и принтером	есть	есть	есть	есть	есть	есть	есть	есть
Масса с защитой, кг	18000	30000	30000	420	380	120	16	2,5
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -	+ - -

Примечание. * - на эти СИЧ имеется методика измерений, утвержденная Минздравом РФ, СИЧ 2 2, СИЧ 2.8 и СИЧ-К – СИЧ ГНЦ ИБФ; РИГ-07П-Т- измерение содержания ^{137}Cs и ^{232}Th в организме, РИГ-07П-М – измерение гамма-излучающих радионуклидов, инкорпорированных в теле человека;

** - возможна поставка модификации прибора для определения содержания ^{90}Sr в костных тканях с помощью сцинтилляционного пластикового детектора бета-излучения Ø40x10 мм. При $t_{изм}$ = 30 мин МДА (1-6)·10^3 Бк.

тах ЯТЦ изменяется набор радионуклидов, определяющий радиационную обстановку, от радона и торона на стадии добычи и переработки до ^{235}U, ^{239}Pu и продуктов их деления на стадии переработки отработанного топлива, а также трития и ^{14}C.

Изучение и формулирование задач контроля на конкретном объекте происходило одновременно с созданием технологических процессов и соответствующего оборудования. На стадии становления ЯТЦ многие задачи радиационного контроля реализовались в виде конкретной аппаратуры непосредственно на самих предприятиях. Одновременно выявлялись и типовые задачи контроля общие для различных предприятий. Большинство таких задач было реализовано в виде промышленной аппаратуры. В зависимости от типа контролируемого объекта и решаемых задач системы радиационного контроля носят наименования АКРБ, СРК (КТС РК), АСКРО (ЕГАСКРО) и др.

Поскольку одноканальные стационарные радиометры-сигнализаторы не могли в полной мере решать задачи радиационного контроля цехов и предприятий, возникла необходимость в создании многоканальных систем дистанционного контроля. Эта задача впервые была решена с созданием установок типа УСИТ. Сигнально-измерительные установки УСИТ предназначались для дистанционного контроля и сигнализации о превышении заданного уровня только мощности экспозиционной дозы гамма-излучения. Установки УСИТ сыграли важную роль в обеспечении необходимым оборудованием объектов ЯТЦ на первых этапах их развития Диапазон измерения, перекрываемый установками этого типа, составлял от 0,01 до 10^3 мкР/с. В последующем состав УСИТ был расширен за счет включения блоков детектирования инертных газов, что значительно расширило их возможности в решении задач радиационного контроля [98]. Одновременно был создан и ряд радиометров, решавших локальные задачи технологического контроля

Развитие электронной техники и расширение измерительных задач обусловило создание многоканальной информационно-измерительной установки «Система» (8004-01), которая значительно превосходила по своим возможностям установки первого поколения. Ее состав был расширен за счет включения блоков детектирования бета- и альфа-активных аэрозолей, тепловых и промежуточных нейтронов и более совершенных блоков детектирования гамма-излучения Установка «Система» была построена по опросному принципу и выпускалась в различных модификациях, отличающихся числом каналов (от 50 до 250) и их составом. Эффективность и целесообразность централизации контроля, которая впервые была продемонстрирована установками «Система», была доказана успешным опытом эксплуатации Установки этого типа выпускались промышленностью в течение 1967-1978 г.г. [39]

На этом этапе установки «Система», в состав которых входили дополнительно блоки детектирования радиоактивных газов и аэрозолей, были установлены на различные объекты ЯТЦ, в т ч. и на первые реакторные установки и АЭС. По мере накопления опыта эксплуатации предприятий ЯТЦ пришло понимание в необходимости контроля не только самих предприятий, но и контроля радиационной обстановки вокруг предприятий Успешным решением этой задачи было создание установки «Антенна», являющейся многоканальной системой контроля радиационной обстановки на территории с передачей результатов по радиосвязи. Основу системы составляли посты контроля с блоками детектирования мощности экспозиционной дозы ДГ-1, позволявшие проводить измерения в диапазоне от 0,03 до 30 мкР/с и передавать результаты по радиоканалу [39]. Большая аналитическая и организационная работа была выполнена в 80-90 годы в рамках **НИР и ОКР «Орешник», «Сейвал», «Горбач», «Ларга-Дюгонь», «Рефлекс», ЕГАСКРО** и др. [6,100-103].

Накопленный к 70-м годам опыт эксплуатации систем первого и второго поколений, а также значительное расширение требований к радиационному контролю (новые НРБ-99 и ОСПОРБ-99) позволили сформулировать новые подходы к построению систем радиационного контроля третьего и четвертого поколений [36,104].

Основные задачи для современной системы радиационного контроля были сформулированы следующим образом·

• измерение мощности дозы гамма-излучения;

ПОСТ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Центральный пульт дозиметриста

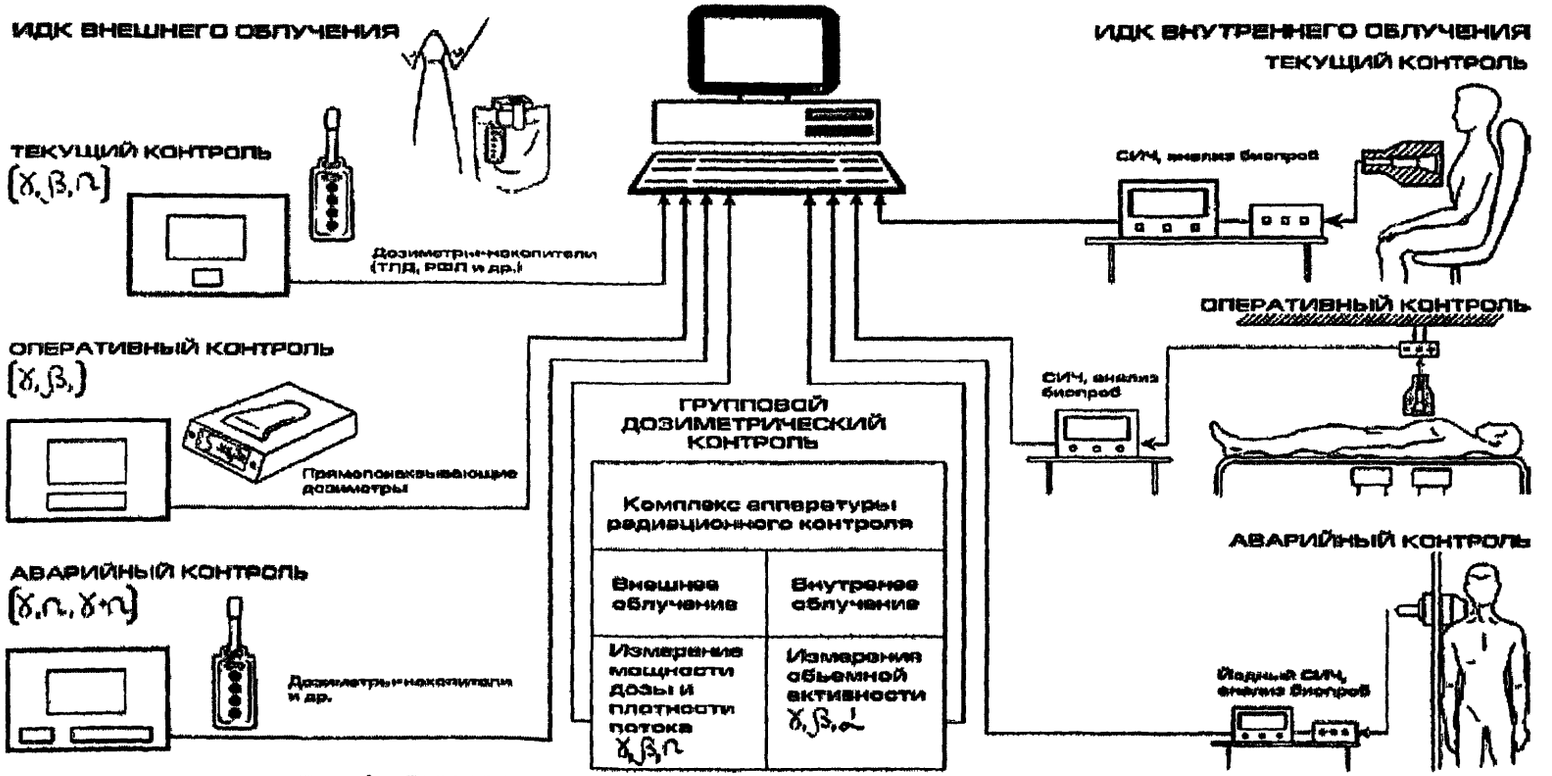


Рис. 1. Типовая структурная схема поста дозиметрического контроля радиационно-опасного объекта.



Рис.5. *Состав системы радиационного контроля радиационно-опасного объекта и возможные варианты информационных потоков внутри объекта*

• измерение плотности потока альфа-, бета- и нейтронного-излучения;

• измерение объемной активности радиоактивных аэрозолей альфа- и бета-активных долгоживущих нуклидов в рабочих помещениях и выбросах;

• измерение объемной активности радиоактивных газов и паров в рабочих помещениях и выбросах;

• измерение объемной активности радионуклидов в жидкости и в жидких средах;

• измерение мощности дозы гамма-излучения, объемной и удельной активности проб объектов окружающей среды.

Рассмотрим состояние обеспеченности объектов автоматизированными системами радиационного контроля по следующим направлениям:

• системы РК для АЭС;

• системы РК для ЯТЦ;

• подсистемы контроля выбросов и сбросов;

• системы (подсистемы) КРО вокруг объектов (АСКРО).

Очевидно, когда идет речь о системе «радиационной безопасности» следует иметь в виду комплексное обеспечение всеми или основными вышеперечисленными системами и подсистемами одного объекта. Именно этот подход диктовал необходимость разработки комплекса технических средств радиационного контроля и создания на их основе типовых систем РК для различных радиационно-опасных объектов (рис 5).

2.5.1. Автоматизированные информационно-измерительные системы.

Система радиационного контроля **АКРБ-08** предназначена для использования на АЭС и других радиационно-опасных объектах взамен устаревших комплексов АКРБ-03 «Сейвал» и АКРБ-06 «Горбач». Набор технических средств, составляющих агрегатированный комплекс АКРБ-08, позволяет проектным путем создавать **Систему контроля радиационной безопасности** объектов [39,100,101].

Технические средства АКРБ-08 обеспечивают:

• оперативный контроль за полями излучения и активностью радионуклидов на рабочих местах и в производственных помещениях;

• контроль за нераспространением радиоактивных загрязнений в проходных и выездных путях внутри и на границе контролируемых объектов;

• контроль за уровнем радиоактивных излучений в трубопроводах, системе водо- и газоочистки, в системе вентиляции, при сборе и выбросе радионуклидов за пределы объекта;

• оповещение о превышении допустимых уровней загрязнения одежды, обуви, кожного покрова, автотранспорта;

• контроль радиоактивных сбросов и выбросов;

• контроль дозы облучения персонала при всех режимах работы.

На основе технических средств комплекса АКРБ-08 спроектированы системы радиационной безопасности для реакторов типа ВВР и РБМК. Система успешно эксплуатируется на отечественных и зарубежных АЭС

Основные технические средства этого комплекса соответствуют требованиям «Общих правил безопасности (ОПБ-88)» и специальных условий поставки оборудования, материалов и изделий для объектов атомной энергетики (СУП) и ГОСТ 27452.

Блоки и устройства детектирования ионизирующих излучений АКРБ-08 имеют следующие измерительные характеристики:

мощность экспозиционной дозы гамма-излучения, Р/ч	$10^{-5} - 10^{3}$;
объемная активность, Бк/м^3	
инертных радиоактивных газов	$2{,}5\ 10^{4} - 10^{13}$
бета-излучающих аэрозолей	$25 - 10^{5}$
радионуклидов в остром паре паропроводов ПГ	$10^{4} - 5\ 10^{8}$
радионуклида ^{16}N в остром паре паропровода ПГ	$3{\cdot}10^{3} - 5{\cdot}10^{8}$
радионуклидов в жидкости	$2{,}5{\cdot}10^{3} - 3{,}7{\cdot}10^{12}$
радионуклида ^{24}Na в жидкости	
плотность потока запаздывающих нейтронов, н/с м^2	$10^{4} - 10^{7}$
средняя за сутки объемная активность выбросов, Бк/м^3	
паров радионуклида ^{131}I в смеси с другими радионуклидами	$0{,}27 - 1{,}35{\cdot}10^{4}$
аэрозолей бета-активных радионуклидов, Бк/м^3	$0{,}25 - 1{,}25{\cdot}10^{4}$

Система АКРБ-08 в настоящее время не отвечает ряду современных требований (структура, интерфейс, состав БД и УД, комплектующие изделия и т.д.).

На смену этой системе разработан более современный Комплекс технических средств для АЭС - **Автоматизированная система радиационного контроля КТС КРБ** [62].

Сравнительные характеристики **АКРБ-08** и системы **АСРК-01РБ** в части подсистемы контроля радиационной обстановки (КРО), выполненной на основе КТС КРБ, приведены в табл 25.

Автоматизированная система радиационного контроля АСРК-01РБ предназначена для непрерывного автоматизированного контроля радиационной безопасности АЭС и является центральным звеном **КТС КРБ** Она представляет собой открытую распределенную трехуровневую информационно-измерительную систему Модульный принцип построения обеспечивает высокую гибкость, многовариантную структуру исполнения. Система по информативности относится к классу систем принятия решений. Изложение построения АСРК-01РБ обеспечивает своевременность и правильность принятия решений.

Причем система АСРК-01РБ поставляется Заказчику как комплекс аппаратуры (подсистем) радиоэкологической безопасности. Верхний уровень системы объединяет все подсистемы Комплекса.

Система АСРК-01РБ обеспечивает

• получение необходимой и достаточной информации, подтверждающей, что АЭС находится в пределах безопасности эксплуатации (дозы облучения персонала и населения, содержание радиоактивных веществ в газоаэрозольных выбросах и водных сбросах, а также в окружающей среде не превышают допустимых пределов, установленных нормативными документами);

• современное обнаружение отклонений от условий нормальной эксплуатации АЭС и передачу информации об этом на средства отображения АСРК-01РБ блочного станцион-

Таблица 25. *Автоматизированные системы контроля радиационной безопасности, ориентированные на типовые проекты АЭС*

Наименование системы / Наименование параметров	АКРБ-08	АСРК-01РБ
Тип системы	открытая	открытая
Структура системы	радиальная	многовариантная
Количество каналов системы	до 500	от 1 до 800
Измеряемые величины УД(БД) мощность экспозиционной дозы -γ плотность потока – n ОА жидкостей – β, γ ОА ИРГ – β, γ ОА аэрозолей – β, γ ОА аэрозолей и паров ^{131}I	 + + + + + +	 + + + + + +
Решаемые задачи радиационного контроля	рабочих помещений, технологические; выбросов и сбросов	рабочих помещений, технологические, выбросов и сбросов
Устройства обработки результатов измерения УД (БД)	БОА-18П, БКА-12Р, БПМ-16Р, ВБ-90, ВПМ-15Р, ВИ-10Р, БИ-10Р	УНО-209Р, УВЦ-63С
Устройства накопления и обработки информации	УНО-17Р (10 кан), * УНО-17Р1 (10 кан.) Связь через УВА-ОР	УНО-209Р
Центральные пульты	УУМ-30Е (ПЭВМ на 500 кан) и связь через БНО-01Е, 2 ПЭВМ (на 100 кан , 2 резервн), связь через УХ-13Р	ПТК ВУ – 01Р
Рабочее место оператора	УМ-30Е (ПЭВМ на 500 кан) ПЭВМ (на 100 кан , 2 резервн)	ПЭВМ («Багет-41С»)
Блоки аварийной сигнализации	УСР-1П, УСР-2П, УСР-3П	БСС-46Р (на 16 кан)
Сетевой интерфейс	ИРПС или С2 («Стык»)	E1A RS485, RS232
Время циклического опроса	до 100 с	
Наличие сертификатов и заключения СУП (для АЭС), СИ, СЭЗ и ОИТ **	+ + -	+ + +

Примечание. * кан - каналы , ** СУП(для АЭС) - ОТУ «Специальные условия поставки оборудования, приборов, материалов и изделий для объектов атомной энергетики»

ного уровня и надзорным органам,

• оперативную сигнализацию о выходе АЭС за пределы безопасной эксплуатации, оценку масштаба аварии, получение информации, необходимой для принятия решений о ликвидации последствий аварии, защите персонала и населения.

Система АСРК-01РБ относится к системам, важным для безопасности (класс 3Н согласно ОПБ-88/07) Средства измерения, сигналы от которых используются в формировании управляющих воздействий на элементы систем безопасности ЭБ, относятся к классу 2У по ОПБ-88/97 Технические средства, не влияющие на безопасность (переносные приборы, лабораторное оборудование, средства ремонта и поверки), относятся к классу 4Н

Построение системы АСРК-01РБ выполнено на основе современной методической базы, включающей·

• оперативный дистанционный контроль состава и активности важнейших радионуклидов в газообразных и жидких средах, обеспечивающий получение наиболее точных и информационно насыщенных данных,

• математическое моделирование процессов формирования радиоактивности технологических сред, водных сбросов и газообразных выбросов, позволяющее осуществлять комплексную обработку измерительной информации, обеспечивать своевременную диагностику состояния защитных барьеров, прогнозировать изменение радиационной обстановки

на АЭС и в окружающей природной среде (ОПС) В системе·

• использованы новейшие компьютерные технологии, которые обеспечивают принципиально новые функциональные возможности системы АСРК-01РБ, соответствующие современной международной практике и нормативной базе,

• применено новое поколение российских интеллектуальных унифицированных средств нижнего уровня на основе микропроцессорной техники. Это открывает возможность свободного конфигурирования системы АСРК-01РБ в вариантах, оптимально соответствующих конкретному проекту АЭС Кроме того, предлагаемые технические средства должны обеспечить привлекательные экономические показатели системы АСРК-01РБ с учетом ее высоких функциональных характеристик.

Исходя из указанных выше требований и целей, система АСРК-01РБ конфигурируется из следующих подсистем по комплексам решаемых задач:

• подсистема радиационного технологического контроля (РТК), включающая подсистему контроля параметров, важных для безопасности (КПВБ),

• подсистема контроля радиационной обстановки (КРО),

• подсистема контроля радиоактивных загрязнений (КРЗ),

• подсистема контроля индивидуальных доз (ИДК)

Подсистема РТК предназначена для оценки состояния технологических систем энергоблока, контроля целостности защитных барьеров, поиска источников утечки радионуклидов и оценки величины течи, контроля за поступлением радиоактивных веществ в окружающую природную среду и прогнозирования изменения уровней выбросов и сбросов.

Комплекс задач, решаемых подсистемой РТК контроль герметичности оболочек твэлов, обнаружение и оценка величины течи первого контура, контроль герметичности гермооболочки, контроль течи из оборудования, охлаждаемого технической водой, контроль эффективности работы систем спецводоочистки, спецгазоочистки и систем вентиляции, контроль уровня и радионуклидного состава газоаэрозольных выбросов и жидких сбросов со станции, классификация твердых радиоактивных отходов станции по группам и прогнозирование изменения значений активности радионуклидов за защитными барьерами.

Подсистема КПВБ дублирует по основным задачам подсистему РТК

Основными результатами решения задач РТК являются. операктивная диагностика состояния технологического оборудования в процессе его эксплуатации, сопоставление значений контролируемых параметров с уставками, выдача рекомендаций по устранению причин, вызвавших отклонения радиационных параметров от нормируемых

Подсистема КРО предназначена для контроля радиационной обстановки в производственных помещениях АЭС, своевременного выявления аварийных ситуаций и формирования сообщений об ухудшении радиационных параметров, обеспечения контроля радиационной обстановки в аварийный и послеаварийный периоды. Комплекс задач, решаемых подсистемой КРО контроль состояния радиационной обстановки в помещениях АЭС и оперативный анализ и прогнозирование изменения радиационной обстановки

Основными результатами решения задач КРО являются получение необходимой информации о состоянии радиационной обстановки в помещениях АЭС и своевременное оповещение персонала об ее изменении для недопущения переоблучения персонала.

Подсистема КРЗ предназначена для контроля за загрязнением радионуклидами производственных помещений, оборудования, транспорта и персонала, контроля за накоплением, сортировкой, движением по территории и вывозом за пределы энергоблоков и АЭС радиоактивных отходов

Комплекс задач, решаемых подсистемой КРЗ. контроль степени радиоактивного загрязнения поверхностей помещений, находящегося в них оборудования, кожных покровов, средств индивидуальной защиты в спецпрачечной, контроль за перемещением радиоактивных отходов и загрязненного оборудования, предотвращение несанкционированного выноса и вывоза с территории АЭС радиоактивных материалов, расчет и прогнозирование степени радиоактивного загрязнения объектов АЭС и решение задач лабораторного периодического и эпизодического контроля радиационного состояния объекта

Основными результатами решения задач КРЗ являются: оперативное оповещение персонала о наличии и степени радиоактивного загрязнения объектов контроля для своевременного принятия мер по защите кожных покровов и органов дыхания, по недопущению распространения радиоактивного загрязнения, по ликвидации и локализации этого загрязнения.

Подсистема ИДК предназначена для контроля, прогнозирования и учета дозовых нагрузок на персонал во всех режимах эксплуатации АЭС, их планирования, а также контроля за допуском персонала в зоне строгого режима АЭС.

Комплекс задач, решаемых подсистемой ИДК· контроль и учет индивидуальных доз внешнего облучения персонала, контроль и учет ожидаемых доз внутреннего облучения персонала, контроль и учет посещаемости персоналом зоны строгого режима и контроль за нахождением персонала в зону строгого режима.

Основными результатами решения задач ИДК являются: недопущение переоблучения персонала свыше регламентированных уровней при всех режимах эксплуатации АЭС, оптимизация проведения работ с целью минимизации дозовых затрат.

Основу комплекса нижнего и верхнего уровня системы АСРК-01РБ составляют современные высокоинформативные, унифицированные российские программно-технические средства, в том числе автоматические спектрометрические мониторы, интеллектуальные устройства детектирования интегральных радиационных параметров.

Все КТС системы АСРК-01РБ строятся по иерархическому принципу, как распределенные, открытые и всережимные автоматизированные системы.

Перечень блоков детектирования и устройств детектирования приведен в табл 26

Технические средства КТС КРБ предназначены для работы в жестких условиях эксплуатации Технические средства системы поставляются после прохождения метрологической аттестации и не требуют дополнительной регулировки при пусконаладочных работах на объекте

При поставке системы на объект предусмотрено (по желанию Заказчика) комплектование системы переносным поверочным оборудованием - КППО, позволяющим проводить поверку блоков (устройств) детектирования без их демонтажа с объекта

Срок службы системы - 30 лет

Таким образом, разработанная новая система КТС КРБ для вновь строящихся АЭС обладает существенными преимуществами по сравнению с эксплуатируемыми в настоящее время

В систему могут быть включены дополнительные блоки детектирования:

• блок детектирования суммы инертных радиоактивных газов (ИРГ) с диапазоном 10^3 - 10^9 Бк/м^3;

• блок детектирования ОА аэрозолей с диапазоном $2 \cdot 10^{-2}$ - 10^4 Бк/м^3;

Состав комплекса технических средств (КТС) системы АСРК-01Р

Наименование комплекса	Обозначение	Подсистема контроля
Программно-технический комплекс верхнего уровня **ПТКВУ-01Р**	АБЛК.501315.404 ТУ	КРБ АЭС
Система централизованного контроля радиационной безопасности **ЦКРБ-01Р**	АБЛК.501315 402 ТУ	РТК, КРО
Комплекс контроля газоаэрозольных выбросов **КГВ-01Р**	АБЛК 412128.401 ТУ	РТК
Комплекс контроля радиоактивного загрязнения **КРЗ-01Р**	АБЛК 412134.401 ТУ	КРЗ
Комплекс периодического и эпизодического контроля **ПЭК-01Р**	АБЛК 412134 402 ТУ	КРО
Программно-технический комплекс индивидуального дозиметрического контроля **ИДК-01Р**	АБЛК 501317 407 ТУ	ИДК

• блок детектирования ОА йода с диапазоном 2 10^{-1} - 10^5 Бк/м^3,

• спектрометрический блок детектирования с возможностью выделения до 4 реперных нуклидов;

• блок детектирования γ-излучения с диапазоном 10^{-2} - 10^4 Зв/ч, рабочая температура до 150 °С, давление до 2 10^6 Па.

Система АСРК-01РБ, выполненная на основе КТС КРБ, может дополняться принципиально новыми техническими средствами, разрабатываемыми ГП НИТИ им. А.П.Александрова. Это три типа автоматических многоточечных спектрометрических мониторов для контроля состава и активности радионуклидов в теплоносителе, воздухе рабочих помещений, газоаэрозольных выбросах и водных средах

Технические характеристики спектрометрических мониторов

Спектрометрический монитор МАРС-010СГГ по контролю объемной активности и состава инертных радиоактивных газов.

• диапазон измерения - 3,7·10^2 - 3,7 10^{12} Бк/м^3;

• диапазон энергий фотонов - 60 кэВ - 3 МэВ,

• основная погрешность - ±25 %,

• рабочая температура - от +5 до +45 °С

Спектрометрический монитор МАРС-011СЖГ для контроля состава и активности радионуклидов в водных сбросах

• диапазон измерения - 2 10^2 - 2 10^7 Бк/м^3,

• диапазон энергий фотонов - 60 кэВ - 3 МэВ;

• основная погрешность - ±25 %,

• рабочая температура - от +5 до +45 °С.

Разнообразие объектов ЯТЦ (не только АЭС), на которых применяется аппаратура радиационного контроля при создании информационно-измерительных систем, выдвинуло на передний план требование системного подхода, основанного на агрегатно-модульном принципе построения систем Такой подход создал основу для разработки аппаратно-методического комплекса и позволил решить основные измерительные задачи на основе типовых технических решений Модульный принцип обеспечил построение гибких объектно-ориентированных информационно-измерительных систем на основе использования типового комплекса технических средств радиационного контроля КТС КРБ.

Наиболее объемно и доступно для пользователя, благодаря одновременно разработанным отраслевым стандартам, этот принцип был применен в разработке по теме «Орешник» [61, 98]. В разработке **«Орешник-Т» - КТС КРО** этот принцип получил дальнейшее развитие с использованием современных информационных технологий, как в случае КТС КРБ, на основе которого создаются современные системы радиационного контроля для АЭС.

В табл 27 представлены сравнительные технические характеристики трех комплексов, на основе которых создавались и создаются автоматизированные системы радиационного контроля **КАТСРК «Орешник», КТС КРО «Орешник-Т» и УМКС-99 «Атлант»** [61, 62, 98, 99, 107-110].

Остановимся на описании системы КАТСРК «Орешник», который был создан в конце семидесятых - начале восьмидесятых годов Отдельные узлы и блоки системы, в основном первого уровня, выпускаются промышленностью до настоящего времени

Система ТС «Орешник» была построена по трехуровневой схеме:

• первый уровень включает в себя блоки и устройства детектирования, отвечающие за первичное преобразование контролируемых физических величин в унифицированный электрический сигнал, пригодный для передачи на другие уровни системы. БД могут включать в себя узлы подготовки проб, детекторы излучения, узлы питания, аналоговой обработки сигнала, импульсные фильтры, выходные узлы и узлы управления и контроля работоспособности. В состав устройств первого уровня входят и средства местной сигнализации БСР-19П;

• во второй уровень ТС включены групповые преобразователи (БПХ-04, УИМ-90), обес-

Таблица 26. Базовый состав технических средств АСРК-01РБ

Наименование БД и УД	Тип детектора	Диапазон измерения	Примечание
Измерение мощности дозы			
БДРГ-17С1	Счетчик Г-М	$10^{-6} - 10^{-3}$ Зв/ч	γ-излучение
БДРГ-17С2	Счетчик Г-М	$10^{-7} - 10^{-4}$ Зв/ч	γ-излучение
БДРГ-17С3	Счетчик Г-М	$10^{-3} - 10^{1}$ Зв/ч	γ-излучение
БДРГ-15С	Ионизац камера	$10 - 10^{4}$ сГр/ч	γ-излучение
БДРГ-34С	Si-детектор	$10^{-6} - 10^{1}$ Зв/ч	γ-излучение
БДБН-03С	Si-детектор	$10^{-5} - 10^{-1}$ Зв/ч	n-излучение
Измерение активности жидкостей			
БДЖГ-13Р	Сцинтилляционный (пластмасса)	$7 \cdot 10^{2} - 7 \cdot 10^{7}$ Бк/м^3	
БДРГ-14С2	Счетчик Г-М	$3{,}7\ 10^{7} - 3{,}7\ 10^{11}$ Бк/м^3	
УДЖГ-35Р	Сцинтилляционный (пластмасса)	$3{,}7\ 10^{3} - 3{,}7\ 10^{8}$ Бк/м^3	
Измерение активности инертных радиоактивных газов			
БДГБ-21С2	Счетчик Г-М	$3{,}7 \cdot 10^{3} - 3{,}7\ 10^{8}$ Бк/м^3	
БДГГ-02С	Si-детектор	$3{,}7\ 10^{8} - 3{,}7 \cdot 10^{13}$ Бк/м^3 $3{,}7\ 10^{8} - 3{,}7\ 10^{11}$ Бк/м^3	сумма ИРГ сумма ИРГ без ксенона-133
БДГБ-26С	Si-детектор	$10^{3} - 10^{6}$ Бк/м^3	
Измерение активности аэрозолей			
БДАС-03П-01	Si-детектор	$(\alpha)10^{-2} - 10^{4}$ Бк/м^3 $(\beta)3{,}7 - 10^{6}$ Бк/м^3	
УДАБ-03П	Si-детектор	$(\beta)5\ 10^{2} - 10^{7}$ Бк/м^3	
Измрение активности йода			
УДАС-02П	NaI(Tl)	$3{,}7\text{-}3{,}7 \cdot 10^{6}$ Бк/м^3	
Измерение активности аэрозольно-парогазовых выбросов			
РКС-07П	Si-детектор, NaI(Tl)	$(\alpha)10^{-2} - 10^{4}$ Бк/м^3 $(\beta)3 - 10^{6}$ Бк/м^3 $3{,}7 - 3{,}7\ 10^{6}$ Бк/м^3 $3{,}7\ 10^{4} - 3{,}7\ 10^{9}$ Бк/м^3	аэрозоли иод сумма ИРГ
Технологический контроль			
БДГБ-03С	Счетчик Г-М	$3{,}7\ 10^{5} - 1{,}8\ 10^{9}$ Бк/м^3	Контроль протечек в парогенераторе по азоту-16, рабочая температура до 315 °С
БДПН-01С	Счетчик борный	$10^{5} - 10^{9}$ нейтр/с м^2	Измерение плотности потока тепловых нейтронов, рабочая температура до 150 °С

печивающие нормализацию сигналов с блоков детектирования и преобразование их в унифицированный информационный сигнал, подготовленный для передачи ТС третьего уровня. Устройства второго уровня объединяют сигналы от четырех до 32 блоков детектирования, расположенные территориально вблизи данного блока. Помимо нормализации информационного сигнала они обеспечивают питанием блоки детектирования, принимают с верхнего уровня управляющие сигналы и передают их на БД, кроме того устройства второго уровня управляют работой местной цветозвуковой сигнализации,

• третий уровень объединяет устройства обработки, накопления и отображения полученного информационного массива (УИ-05П, УИ-07П, СП-1). Устройства третьего уровня предназначены для накопления, обработки и отображения информации со всех точек контроля, документирования результатов, вывода информации на устройства отображения и

Таблица 27. *Информационно-измерительные автоматизированные системы РК, выполненные на основе типового комплекса технических средств*

Наименование систем / Наименование параметров	КАТСРК «Орешник»	КТС КРО «Орешник-Т»	УМКС-99 «Атлант»
Тип системы	Открытая (ориентирована на любые РОО)	Открытая (ориентирована на любые РОО)	Открытая
Структура системы	Радиальная	Многовариантная	Радиальная
Количество каналов	От 1(4) до 1152	Не более 254 УД на одно УНО	От 1 до нескольких сотен (500 шт)
Измеряемые величины УД			
Мощность дозы - γ	+	+	+ (+n)
Плотность потока – n	+	+	-
ОА жидкостей (α,β,γ)	+	+	+
ОА ИРГ(β,γ)	+	+	+
ОА короткоживущих ИРГ	+	-	-
ОА радона, торона (α)	-	+	-
ОА трития (β)	+	+	+
ОА аэрозолей (α,β,γ) + иод	+	+	+
Устройства обработки результатов измерения УД	БПХ-04П (на 4 канала) УИМ-90 (до 48 каналов)	БУП-35 (на 1 канал) далее магистраль RS-485+интерфейсный повторитель	БОП
Устройства накопления и обработки информации	УИ-05П, УИ-07П, СП-1	УНО-220П в среде MS DOS 6 22	ЦПУ
Центральные пульты	СП-1 (обработка и отображение информации)	РМО (в среде Windows 98/2000) через УНО-220П или без УНО	ЦПУ
Рабочее место оператора	СП-1, ПЭВМ	ПО для управления УНО в среде MS DOS 6 22	ЭВМ в среде Windows
Блоки аварийной сигнализации	БСР-19П	УСС-22П, УСС-23П, УСЗ-02П	БАС-01
Сетевой интерфейс	С2 («Стык»)	RS-485, дополнительно RS-232 (расстояние между абонентами 100 м)	Кабельная связь (Ethernet, RS-232 или RS-485)
Расстояние между УД и УНО	от 400 м до 3 км	не более 1,2 км (без интерфейсных повторителей)	3 км и более
Время циклического опроса		4,1 с (при 19,2 кбод)	10 с при 150 БД
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	- - -	+ - -

управления работой системы в целом

Состав технических средств 1-го уровня обеспечивал решение основных измерительных задач при радиационном контроле В него входили БД и УД мощности дозы и потока гамма (БДРС-01П, БДЭГ-13П) и нейтронного (УДБН-02Р) излучений; объемной активности бета- и бета-гамма-излучающих газов (включая тритий) - БДБГ-02П, БДГБ-13П; альфа- и бета-активности аэрозолей - БДАА-01П, БДАС-03П, УД объемной альфа-, бета- и гамма-активности жидкости - УОК-12П, УОК-13П, БДЖА-02П, УДЖБ-01П, а также комплект УД для газовоздушных выбросов аэрозолей и паров иода УДАБ-02П, УДАГ-02П, УДАС-03П, УДАГ-03П, УДАБ-03П (табл 28).

Все БД и УД имели стандартизованные параметры выходных сигналов, питающих на-

***Таблица 28.** Блоки и устройства детектирования КАТСРК «Орешник»*

Наименование БД и УД	Назначение	Диапазон
БДРС-01П-01П3	Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения	$3\ 10^{-8}$ – 3 Р/с
БДЭГ-13П-13П2	Поток гамма-квантов с Е=140-220 кэВ (250-1000 кэВ)	5 –10^4 квант/с
УДБН-02Р	Мощность эквивалентной дозы нейтронов с Е=0,025 эВ – 10 МэВ	10^{-3} –1 бэр/ч
БДГБ-02П-02П7	Объемная активность бета-активных газов	$5\ 10^{-4}$ – 10^{14} Бк/м^3
БДГБ-13П	Объемная активность короткоживущих нуклидов – инертных активных газов (^{88}Kr, ^{1381}Xe)	10^3 – 10^8 Бк/м^3
БДАА-01П	Объемная активность альфа-активных аэрозолей с сигнализацией о превышении установленных уровней (ручная смена фильтра раз в смену)	0,2 – $2\ 10^3$ Бк/м^3
БДАС-03П	Объемная активность аэрозолей долгоживущих альфа- и бета-активных нуклидов	по альфа-каналу. $8\ 10^{-2}$-$3\ 10^4$ Бк/м^3; по бета-каналу – 2,5 – 10^5 Бк/м^3
УДАС-03П	Объемная активность альфа- и бета-излучающих нуклидов в аэрозолях, совмещенный и размещенный режимы с сигнализацией о превышении установленных уровней	Совмещенный режим альфа – 0,25 –$2,5\ 10^6$ Бк/м^3, бета – 8 –$2,5\ 10^7$ Бк/м^3; размещенный режим альфа – 0,008 – 10^6 Бк/м^3, бета – 0,25 – $2,5\ 10^7$ Бк/м^3
УДАГ-03П	Объемная активность паров ^{131}I по гамма-излучению с сигнализацией о превышении установленных уровней, ручная смена фильтра	25 – 10^7 Бк/м^3
УДАС-02П	Объемная активность паров ^{131}I в совмещенном режиме (гамма-излучение) и размещенном режиме (по гамма-излучению и сумме нуклидов по бета-излучению) и с сигнализацией о превышении установленных уровней	Совмещенный гамма – 30 – $2,5\ 10^7$ Бк/м^3, размещенный гамма- 8 – $3\ 10^7$ Бк/м^3, размещенный бета- 0,25 – 10^7 Бк/м^3
УДАГ-02П	Объемная активность паров ^{131}I по гамма-излучению в совмещенном и размещенном режимах и с сигнализацией о превышении установленных уровней	совмещенный – 30-$2,5\ 10^7$ Бк/м^3, размещенный – 8-$3\ 10^7$ Бк/м^3
УОК-12П	Объемная активность жидкости по гамма-излучению с компенсацией фона от загрязнения стенок УД и с сигнализацией о превышении установленного порога	$2,5{\cdot}10^6$ – $2,5\ 10^9$ Бк/м^3
УОК-13П	Объемная активность жидкости по гамма-излучению с компенсацией внешнего фона и с сигнализацией о превышении установленного порога	$2,5\ 10^4$ – $2,5\ 10^7$ Бк/м^3
БДЖБ-02П	Объемная активность жидкости по бета-излучению в диапазоне энергий 0,25-3,55 МэВ	$1,85\ 10^4$ – $1,85\ 10^7$ Бк/м^3
БДЖА-02П	Объемная активность жидкости по альфа-излучению	$4\ 10^5$ – $1,85\ 10^7$ Бк/м^3
УДЖБ-01П	Суммарная объемная активность жидкости по бета-излучению 0,1 – 3,55 МэВ	$1,85\ 10^4$ – $1,85\ 10^7$ Бк/м^3

пряжений и сигналов управления, что обеспечивало их полную взаимозаменяемость при соединении с периферийными модулями - групповыми преобразователями (БПХ-04 и УИМ-90).

Системы радиационного контроля, построенные на основе технических средств КАТСРК «Орешник-Т» с использованием отдельных блоков и устройств детектирования, успешно эксплуатируются на предприятиях ЯТЦ до настоящего времени, в т.ч. в ГНЦ «НИИАР», СХК, ГХК, ПО «Маяк» и на других объектах.

В качестве примера в табл. 29 приведен перечень систем, которые используются в ГНЦ «НИИАР» [111-113].

За прошедшие 20 с лишним лет кардинально изменились элементная база приборостроения, идеология построения ИИС, средства вычислительной техники, средства передачи информации и т.д. Эти обстоятельства вынудили приступить к модернизации, а по существу - созданию новой системы с теми же функциями, но на современном техническом уровне.

Концепция постепенного наращивания мощностей технических средств в системах радиационного контроля обуславливает необходимость выпуска широкой номенклатуры устройств (включая «интеллектуальные») как самостоятельных изделий. Именно на это направлены усилия разработчиков ТС радиационного контроля в настоящее время.

Комплекс технических средств КТС КРО («Орешник-Т») предназначен для построения на его компонентах измерительно-информационных систем контроля технологических процессов по радиационным параметрам и контроля радиационной обстановки на различных предприятиях атомной промышленности, в том числе на предприятиях, где осуществляется хранение, переработка радиоактивных материалов, их применение, а также проводится захоронение радиоактивных веществ [39, 62, 107-109]

Информационно-измерительные системы контроля технологических процессов и контроля радиационной обстановки (ИИС КРО), выполненные на компонентах комплекса обеспечивают измерение величин, характеризующих радиационную обстановку в различных точках на территории предприятия, получение необходимой и достоверной информации о значениях и динамике изменения параметров радиационной обстановки, а также сравнение этих параметров с установленными нормами (порогами) Эти системы могут быть расширены за счет любых других устройств, в которых передача данных проводится в соответствии с принятым протоколом обмена

Кроме того, указанные компоненты могут быть использованы для построения локальных приборов, осуществляющих измерение величин, характеризующих радиационную обстановку.

Комплекс КТС КРО («Орешник-Т») содержит

- устройства нижнего уровня - устройства детектирования (УД), являющиеся первичными измерительными преобразователями, осуществляющие преобразование параметров ионизирующего излучения в соответствующие им нормируемые электрические сигналы;
- устройства верхнего уровня - устройство накопления и обработки (УНО-220П), осуществляющее циклический опрос устройств детектирования, управление их работой и считывание результатов измерений, и рабочее место оператора (РМО), выполненное на базе персонального компьютера (ПК), которое анализирует, архивирует, представляет оператору накопленную информацию и позволяет оператору управлять работой системы;
- дополнительные устройства (световой сигнализации УСС, звуковой сигнализации УЗС и др.)

Кроме того, с использованием промышленно-выпускаемых изделий будут выполнены каналы обмена данными.

- по выделенной телефонной линии (модемная связь);
- по радиоканалу

Перечень основных устройств детектирования, входящих в состав комплекса, и их основные характеристики приведены в табл 30 Значения основной погрешности измерений указаны при доверительной вероятности 0,95

Для размещения группы блоков контроллеров могут быть использованы промышлен-

***Таблица 29.** Автоматизированные системы РК и КГО ГНЦ «НИИАР»*

Год ввода (модернизация)	Система РК	Кол-во БД	II уровень	III уровень
1988	Комплекс по изготовлению ТВС	100	**БПХ-04П**	**УИ-07П**
1989 (1998)	Петлевые установки реактора МИР-1М	80	**УИМ-90 с ДВК-3 (IBM PC)**	**ДВК-3 (IBM PC)**
1990 (2000)	Отдел материаловедения и исследования ТВС	220	**БПХ-04П, БПХ-08М**	**УИ-05П, СП-1 с IBM PC**
1990 (1997)	Реакторные установки РБТ-10-1/2	40	**УИМ-90-08 с ДВК-3 (IBM PC)**	
Год ввода (модернизация)	Система РК	Кол-во БД	II уровень	III уровень
1993 (2000)	Реакторные установки СМ-3 и РБТ-6	240	**УИМ-90 с ДВК-3 (IBM PC)**	**ДВК-4 (IBM PC)**
1992 (1999)	Система контроля выбросов ГНЦ НИИАР	32	**УИМ-90 с ДВК-3 (IBM PC)**	
Год ввода (модернизация)	Система РК	Кол-во БД	II уровень	III уровень
1996 (1999)	Система КГО твэлов реактора СМ-3	48	**УНО-98Р**	**IBM PC**
1996 (1998)	Отделение радионуклидных источников	130	**БПХ-04П**	**УИ-05П, СП-1 с IBM PC**
2000	Контроль газоаэрозольных выбросов реакторной установки ВК-50	15	**БПХ-08М**	**IBM PC**

ные шкафы типа AE фирмы «RITTAL» (ФРГ), изготовленные из нержавеющей стали, обеспечивающие степень защиты IP56 и имеющие отверстия для ввода кабелей, закрывающиеся проводящими и снаружи обработанными уплотнительными прокладками (что обеспечивает одновременно степень защиты и электромагнитную совместимость изделия). Подобные шкафы в состав комплекса не входят и их выбор определяется числом контроллеров в группе

Шкафы типа AE фирмы «RITTAL» (ФРГ) выпускаются с достаточно большой номенклатурой типоразмеров Например, для размещения 16 блоков контроллера может быть использован шкаф размерами 600x760x210 мм.

Защита устройства УНО-220П от проникновения пыли и капель воды, а также от электромагнитных помех должна обеспечиваться промышленным шкафом, который в состав комплекса не входит. Размещение устройства УНО-220П в промышленном шкафу возможно в двух вариантах.

- автономно,
- совместно с промышленным персональным компьютером, на котором выполняется РМО

При автономном исполнении и при питании устройства УНО-220П от сети бесперебойного питания может быть также использован, например, шкаф типа AE из нержавеющей стали, выпускаемой фирмой «RITTAL» (ФРГ). Если сеть бесперебойного питания отсутствует, в этот же шкаф может быть помещен и блок бесперебойного питания, предназначенный для размещения в 19 дюймовых шкафах или стойках.

Если устройство УНО-220П и промышленный ПК располагаются совместно, и имеется сеть бесперебойного питания, то может быть использован, например, компьютерный шкаф на базе EL (степень защиты IP54, защита от электромагнитных помех не оговорена), также выпускаемый фирмой «RITTAL» (ФРГ). В этом же шкафу может располагаться и блок бесперебойного питания устройства УНО-220П и ПК, если сеть бесперебойного питания отсутствует.

Перечень нормативных документов, требованиям которых удовлетворяет система КТС КРО «Орешник-Т» - ГОСТ Р 50746-95, ГОСТ 8 383-80, ГОСТ 9.014-78, ГОСТ 12.1.004-91,

Таблица 30. *Перечень основных устройств детектирования, входящих в комплекс КТС КРО («Орешник-Т»), и их основные характеристики*

Условное обозначение УД	Измеряемая величина	Единица измерения	Диапазон измерения	Основная погрешность, не более, %
УДБГ-10П	Мощность дозы фотонного излучения (Е=0,01-3 МэВ)	мкЗв/ч	0,05 - 50	25
УДБГ-11П	Мощность дозы фотонного излучения (Е=0,06-3 МэВ)	Зв/ч	10^{-6} - 10	25
УДБГ-12П	Мощность дозы фотонного излучения (Е=0,05-3 МэВ)	Зв/ч	10^{-7} – 0,1	25
УДПН-20П	Плотность потока тепловых нейтронов	нейтр./с м^2	10^4 - 10^8	30
УДПН-21П	Плотность потока быстрых нейтронов	нейтр /с м^2	10^4 - 10^8	30
УДБГ-08П	Объемная активность газов, в т ч трития по β-излучению (с принудительной прокачкой)	Бк/м^3	5 10^4 – 5 10^9	40
УДБГ-09П	Объемная активность газов, в т ч трития по β-излучению (с принудительной прокачкой)	Бк/м^3	5 10^5 – 5 10^9	40
УДБГ-10П	Объемная активность газов, в т ч трития по β-излучению (с принудительной прокачкой)	Бк/м^3	5 10^8 – 5 10^{13}	40
УДБГ-11П	То же (с "открытой камерой")	Бк/м^3	5 10^4 – 5 10^{19}	40
УДБГ-12П	Объемная активность газов по β-излучению (^{41}Ar, ^{85}Kr, ^{133}Xe)	Бк/м^3	10^3 – 3,7 10^7	40
УДБГ-13П	Объемная активность газов по β-излучению (^{85}Kr, ^{133}Xe)	Бк/м^3	10^3 - 10^8	40
УДГА-05П	Объемная активность природных инертных газов (^{220}Th, ^{222}Rn) по альфа-излучению	Бк/м^3	5 – 5 10^3	30
УДГА-06П	То же	Бк/м^3	5 10^3 – 5 10^8	30
УДАА-02П	Объемная активность аэрозолей по α-излучению с автоматическим режимом работы	Бк/м^3	0,003 - 10^4	60
УДАА-03П	Объемная активность аэрозолей по α-излучению с ручной сменой фильтров	Бк/м^3	0,2 - 10^3	60
УДАБ-08П	Объемная активность аэрозолей по β-излучению с автоматическим режимом работы	Бк/м^3	5 - 10^7	60
УДАС-11П	Объемная активность аэрозолей по α- и β-излучению с автоматическим режимом работы	Бк/м^3	по α-излучению 0,1 – 10^7; β-излучению 200 - 10^7	60
УДАГ-09П	Объемная активность паров ^{131}I по γ-излучению с ручной сменой фильтров	Бк/м^3	0,25 - 10^7	60
УДАГ-08П	Объемная активность паров ^{131}I по γ-излучению с автоматическим режимом работы	Бк/м^3	1 – 3 10^7	60
УДИГ-03П	Раздельное измерение по γ-излучению активности трех радионуклидов (с «цифровыми окнами»)	Параметры устанавливаются		

Продолжение табл. 30. *Перечень основных устройств детектирования, входящих в комплекс КТС КРО («Орешник-Т»), и их основные характеристики*

УДКБ-05П	Измерение ОА трития в предва-рительно собранных и подготовленных пробах воды, жидкости и воздуха	Бк/м^3	в воде: 10^6 - 50; в воздухе: $1{,}5\cdot10^8$ - 50	35
УДЖА-06П	Измерение ОА жидкости с сорбированием α-излучающих нуклидов на ткань-сорбент	Бк/м^3	10^3 - 10^7 (10^4 - 10^8)	35
УДЖА-05П	Объемная активность жидкости по α-излучению (детектор над "зеркалом")	Бк/м^3	$3{,}7\cdot10^5$ - $3{,}7\cdot10^8$	30
УДЖБ-18П	Объемная активность жидкости по β-излучению (детектор над "зеркалом")	Бк/м^3	$4{,}5\cdot10^4$ - $4{,}5\ 10^7$	30
УДЖГ-36П	Объемная активность жидкости по γ-излучению (детектор над "зеркалом")	Бк/м^3	7000 - $7\cdot10^6$	30
УДЖГ-37П	Объемная активность жидкости по γ-излучению (детектор погружной)	Бк/м^3	1500 - $1{,}5\ 10^6$	30
УДЖБ-19П	Объемная активность жидкости по β-излучению (детектор проточный)	Бк/м^3	3700 - $3{,}7\ 10^6$	30

ГОСТ 12.1 019-79, ГОСТ 12.1 030-81, ГОСТ 12 2.007.0-75, ГОСТ 27.002-89, ГОСТ 27.003-90, ОСТ 25 381-86, РМ 25 446-87, РД 25 818-87, РД 95 988-90, РД-03-36-97, РД 08042489, СП2.6.1.758-99, ОСП 72/87, ОПБ 88/97, НП-002-97, ПБЯ РУ АС-89, ПРБ АС-89, ПУЭ, ПНАЭ Г-1-028-91, ПНАЭ Г-5-006-87

Установка «Атлант» (Многоканальная установка радиационного контроля УМКС-99) - предназначена для построения автоматических систем радиационного контроля (АСРК) на радиационно-опасных объектах и оповещения персонала об отклонениях от нормальных условий их эксплуатации (табл.27) [39,110]

В комплект поставки входят блоки детектирования гамма- и нейтронного излучения БДМГ-100 и БДМН-100, блок обработки и передачи информации БОП, установка детектирования объемной активности альфа- и бета-излучающих радионуклидов, содержащихся в воздухе в виде аэрозолей, установка детектирования объемной бета-активности инертных газов, блок аварийной сигнализации БАС-01, промежуточный пульт индикации ППИ - ПК и центральный пульт управления ЦПУ

Технические характеристики блока детектирования БДМГ-100:

- регистрируемое излучение ..... гамма
- детектор ..... газоразрядные счетчики СБМ-20 (3 шт.)
- диапазон измерения мощности дозы $H^*(10)$, мкЗв/ч ..... 0,1 - 10^7
- диапазон регистрируемых энергий, МэВ ..... 0,05 - 3
- погрешность измерения мощности дозы (по ^{137}Cs), %, не более 20
- диапазон рабочих температур, °С ..... -30 - +50
- габаритные размеры, мм ..... Ø40, длина 180
- масса, г 500

Технические характеристики блока детектирования БДМН-100:

- регистрируемое излучение ..... нейтроны
- диапазон измерения мощности эквивалентной дозы, мкЗв/ч ..... 0,1 - 10^5
- диапазон регистрируемых энергий, эВ ..... 0,025 - 10^7
- погрешность измерения (по Pu-Be), %, не более 25
- диапазон рабочих температур, °С ..... -30 - +50
- габаритные размеры, мм 386x256x250

• масса, кг 10,1

АСРК на базе УМКС-99 состоит из двух уровней вертикальной иерархии: уровня измерительных устройств (ИУ) и уровня информационной сети. Измерительные устройства имеют два независимых интерфейса связи. Ethernet (основной) и RS-232(485) (вспомогательный). Измерительные устройства подключаются к информационной сети в произвольном порядке и в произвольных местах. Количество ИУ в одном сегменте сети может достигать 500 шт. Максимальное расстояние между ИУ и коммутационными устройствами сети составляет 100 м. Информационная сеть представляет собой локальную вычислительную сеть стандарта Ethernet IEEE 802 3

Помимо блоков детектирования БДМГ-100 и БДМН-100 для непрерывного контроля радиационной обстановки применяют сцинтилляционный блок детектирования БДВГ-100, предназначенный для измерения мощности дозы $\dot{H}^{*}(10)$ и плотности потока гамма-квантов, сцинтилляционные блоки детектирования БДЗА-100, БДЗА-100Б и БДЗА-100М, предназначенные для измерения плотности потока альфа-частиц, сцинтилляционный блок детектирования БДЗБ-100, блоки детектирования с использованием сцинтилляционного детектора и газоразрядного счетчика СИ-8Б БДЗБ-100Л и с использованием только 2 газоразрядных счетчиков СБТ-10А, которые предназначены для измерения плотности потока бета-частиц.

Структурная простота, большой диапазон измерения и простота в настройке и эксплуатации являются отличительной особенностью установки «Атлант». Она используется в малоканальных системах АСКРО как часть ЕГАСКРО

Создание отдельных систем или подсистем (радиационной безопасности радиационно-опасных объектов и АЭС) контроля радиоактивных выбросов и сбросов был основан на использовании технических средств «Орешник» или АКРБ АЭС

В настоящее время на отечественных АЭС, зарубежных АЭС и других радиационно-опасных объектах широко используется **Установка контроля газо-воздушных выбросов «Калина»**. Выпускаются ее модификации **РКС-02 РКС-03 и РКС-07П**, выполненные с использованием технических средств «Орешник» и которые прошли Государственные испытания

В **Установке радиометрической РКС-07П** для измерения ОА радиоактивных газов и паров иода-131 в газоаэрозольных выбросах промышленных реакторов и атомных электростанций обработка и вывод результатов измерений проводится с помощью устройств представления информации и УНО-66Н

Регистрация, измерение и вывод информации осуществляется в 8 каналах Каналы подразделяются на совмещенные и размещенные (табл 31).

В новых комплексах технических средств расширяется номенклатура БД и УД и устройств обработки информации, на основе которых могут проектироваться более совершенные устройства для контроля выбросов и сбросов.

Для современных комплексов технических средств (табл 26 и табл 30) большой интерес представляют новые типы БД и УД, более чувствительные и адаптированные к различным условиям эксплуатации

2.5.2. Автоматизированные малоканальные установки и системы.

Они необходимы для обеспечения радиационной безопасности «небольших», в том числе передвижных объектов, а также для решения специальных задач (например, выявления и контроля денежных купюр, других предметов, загрязненных радиоактивными веществами). К таким ТС можно отнести **Установки КДУ-8, СРК-2М-36, СРК «Барьер» и ДКГ-01 «Сталкер»** [39]

К ранним разработкам относится установка КДУ-8, которая оценивается потребителями как установка универсальная и надежная в эксплуатации, в том числе в тяжелых климатических условиях СРК-2М-36, СРК «Барьер» и ДКГ-01 «Сталкер» относятся к более поздним современным разработкам и предназначены как для решения специальных задач,

так и задач радиационного контроля на объектах.

В табл.32 представлены основные технические характеристики рассматриваемых автоматизированных малоканальных установок (систем) радиационного контроля.

Установка КДУ-8 предназначена для непрерывного автоматического контроля радиационной обстановки, сигнализации и формирования сигналов-советов при нарушении нормальной контролируемой обстановки путем сбора и обработки информации от блоков и устройств детектирования. Установка является многофункциональным средством, компонуемым под различные, в том числе подвижные, объекты и имеет 7 модификаций.

При максимальной комплектации установка содержит 13 типов блоков и аппаратурных средств, 8 типов блоков детектирования с суммарным количеством до 54 единиц.

Блоки детектирования установки КДУ-8 обеспечивают измерение:

- мощности поглощенной (в воздухе) дозы, Гр/ч: $8{,}7 \cdot 10^{-7}$ - $8{,}7 \cdot 10^{-4}$; $8{,}7 \cdot 10^{-4}$ - $8{,}7 \cdot 10^{-1}$; $8{,}7\ 10^{-4}$ - 8,7 (два-четыре канала);
- ОА воды, Бк/м^3 - $3{,}7\ 10^7$ - $3{,}7 \cdot 10^{10}$;
- ОА бета-активных аэрозолей, Бк/м^3 - 10^5 - 10^9,
- поглощенной (в воздухе) дозы, Гр - $8{,}7 \cdot 10^{-3}$ - 87; 10-2000 (восемь каналов).

Система непрерывного контроля СРК-02М-36 предназначена для организации радиационного контроля помещений, в которых проводятся работы с радиоактивными веществами (источниками) и радиационными установками [39]. Система радиационного контроля СРК-02М-36 обеспечивает непрерывный мониторинг уровня радиационного фона в зонах расположения блоков детектирования и сигнализацию о превышении уровня радиационного фона установленного порога

Состав средств системы СРК-2М-36

- центральный пульт,
- блоки детектирования мощности фотонного излучения (4 типа);
- интеллектуальный сигнализатор БСР-35М.

Число точек контроля - до 36, канал связи - RS-485 или вывод на принтер с системой

Таблица 31. *Основные технические характеристики БД и УД установки РКС-07П*

Тип БД или УД	Режим регистрации, вид излучения	Градуировочный радионуклид в аэрозоле, газе или парах	Предел диапазона измерения ОА, Бк/м	
			нижний, не более	верхний, не менее
УДАБ-03П	Совмещенный, бета	Стронций-90, иттрий-90	8	$2\ 10^4$
	Размещенный, бета	Стронций-90, иттрий-90	$3\ 10^{-1}$	$2\ 10^4$
БДГБ-02П	Совмещенный, бета	Ксенон-133	$2 \cdot 10^4$	$6\ 10^8$
		Криптон-85	$2\ 10^4$	$6\ 10^8$
		Аргон-41	$3\ 10^4$	$8\ 10^8$
БДГБ-01-02	Совмещенный, бета	Ксенон-133	$2{,}5\ 10^5$	$1\ 10^{10}$
			$6\ 10^6$	$3\ 10^{11}$
		Криптон-85	$1{,}5\ 10^5$	$6\ 10^9$
			$3\ 10^6$	$1\ 10^{11}$
		Аргон-41	$1\ 10^5$	$5\ 10^9$
			$3\ 10^6$	$1\ 10^{11}$
УДСА-02П	Совмещенный, бета	Иод-131	$6\ 10^1$	$6\ 10^4$
	Размещенный, бета	Стронций-90, иттрий-90	$3\ 10^{-1}$	$1\ 10^4$
	Размещенный, гамма	Иод-131	$1\ 10^1$	$8\ 10^4$

Таблица 32. *Автоматизированные малоканальные установки (системы) радиационного контроля*

Наименование системы / Наименование параметров	КДУ-8	СРК-2М-36	СРК «Барьер»	ДКГ-01 «Сталкер»
Тип системы				
Структура системы	радиальная	радиальная	радиальная	.замкнутая
Количество каналов системы	до 54	до 36	до 12	6(8)
Измеряемые величины УД (БД):	8 типов	4 типа	2 типа	
Мощность дозы - γ	+(2 типа)	+ (4 типа)	+ (спектро-метрический)	+
Плотность потока – n	-	-	-	-
ОА жидкостей - β,γ	+	-	-	-
ОА ИРГ - β,γ	-	-	-	-
ОА аэрозолей - β,γ	+	-	-	-
ОА аэрозолей и паров ^{131}I	-	-	-	-
Плотность потока β,γ,α	-	-	+	-
Доза Р (Гр)	+	-	-	
Устройства обработки результатов измерения УД(БД) и представление информации	Пульт (УНО-103С)	Пульт	Пульт с ОЗУ (32 кб)	Пульт с ОЗУ (128 кб) (для мощности дозы по геофизическим координатам)
Внешние (дополнительные) устройства представления информации		Принтер (через команду «ERSON» через адаптер «Citronic»)		ЭВМ, навигационная GPS-система (погрешность СКО <50м)
Аварийная сигнализация	+	+	+	-
Сетевой интерфейс	С2 («Стык»)	RS-485	RS-232	RS-232
Масса, кг				1,5 (без БД)
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	+ - -	- - -	- - -	+ - -

команд «EPSON» через адаптер «Citronic».

Диапазон измерения мощности дозы фотонного излучения:

- БДРГ-46П, БДИГ-31П2 - 0,01 - 1 мР/ч;
- БДРГ-46П1 - 0,1 - 10 мР/ч;
- БДРГ-46П2 - 1 - 1000 мР/ч.

Система радиационного контроля СРК «Барьер» предназначена для:

- измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (1 - 10^6 мкЗв/ч);
- измерения плотности потока бета- и альфа-излучения с загрязненных поверхностей;
- сохранения в памяти результатов измерений мощности эквивалентной дозы и спектров источников гамма-излучения и обеспечения сигнализации о превышении уровня нормального гамма-фона на контролирумом объекте.

В случае пересечения границ контролируемого объекта с источниками повышенной активности сигнализация предупреждает о попытке выхода персонала или другого лица за границы зоны. Наличие памяти и современного интерфейса обеспечивает документирование данных о радиационной обстановке на контролируемом объекте.

Система ДКГ-01 «Сталкер» предназначена для мониторинга радиационной обстановки с устройством определения геодезических координат с помощью спутниковой системы GPS [39].

Система обеспечивает:

• измерение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения с одновременным определением геодезических координат в точке проведения измерения;

• сохранение в памяти результатов измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения и геодезических координат и передача их на компьютер;

• представление и вывод сохраненных в памяти результатов в графическом виде, нанесение на карту и обработка стандартными ГИС.

В состав системы входит измерительный пульт, блок детектирования и навигационная система.

В целом система компактна, отвечает современным требованиям обработки и представления информации Она может применяться как переносное или автомобильное устройство в зависимости от типа комплектации блоков детектирования, в которых используются счетчики СБМ-20 (2 счетчика) или СБМ-30 (10 счетчиков), или сцинтилляционный блок детектирования ДГ-02 на основе кристалла CsI ((45х50 мм). Диапазон определяемой мощности дозы фотонного излучения - 0,1 - 1000 мкЗв/ч, при энергии фотонов 0,05-3 МэВ.

К этой аппаратуре может быть отнесен **Дозиметр «Атлант-1»** [39]

2.5.3. АСКРО объектов.

Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки (**АСКРО**) объектов - промплощадки, санитарно-защитной зоны, зоны наблюдения АЭС и т.д. включают в себя посты радиационного контроля на местности (**ПК**), соединенные средствами связи с центральным постом контроля [114-129] В зоне наблюдения радиационно-опасного объекта может быть размещено несколько десятков ПК, непрерывно контролирующих радиационные и метеопараметры К простейшим АСКРО относится система «Атлант-Р» [39].

В настоящее время разработаны основные принципы и технически реализованы типовые посты контроля для проведения комплексного экологического мониторинга окружающей среды На их основе создана объектовая автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО) для промплощадки, санитарно-защитной зоны и 30-километровой зоны наблюдения вокруг АЭС [114].

Разработаны следующие типы ПК·

• **ПКГ** - для измерения мощности дозы гамма-излучения с блоками детектирования БДМГ-08Р (от 10^{-6} до 10^{3} Р/ч), в том числе до 5 выносных БД,

• **ПКГМ** - для измерения мощности дозы и метеопараметров (скорость и направление ветра, температура, атмосферное давление, относительная влажность воздуха);

• **ПКЖ** - для измерения объемной активности жидкости на базе погружного устройства детектирования УДЖГ-22Р (ОА, начиная с 6 10^{-11} Ки/л),

• **ПКВ** - для контроля радиоактивного загрязнения воздуха (ОА аэрозолей - УДАБ-03П, ОА иода - УДАС-02П), а также мощности дозы - БДМГ-08Р-03 (10^{-5} - 10^{-2} Р/ч).

В ПК использованы блоки и устройства детектирования ионизирующего излучения, разработанные для систем радиационного контроля, рассмотренных выше.

Во всех ПК использованы общие решения, обеспечивающие повышенную надежность и достоверность получаемой информации, живучесть системы, создаваемой на их основе, удобство ее обслуживания

• оборудование, входящее в состав ПК, монтируется внутри специального защищенного контейнера типа СКЗ-5У (отапливаемые и неотапливаемые),

• каждый ПК имеет собственную систему «жизнеобеспечения», в которую входит освещение, резервное питание, заземление, устройства сигнализации о несанкционированном доступе и пожаре, средства автоматического пожаротушения и при необходимости система поддержания требуемых климатических параметров внутри контейнера,

• каждый ПК передает информацию в центр по двум независимым линиям связи, в качестве которых могут быть использованы проводная связь, радиоканал или телефонная связь;

• в качестве абонентов систем выступают посты контроля, а не отдельные измерительные каналы, входящие в их состав

На базе перечисленных ПК, первоначально разработанных для АЭС, при их дополнении постами контроля объемной активности искусственных альфа-активных аэрозолей и трития в воздухе, можно создать объектовые АСКРО других радиационно-опасных объектов, а также региональные АСКРО всех уровней.

Таким образом, следующим шагом является создание на базе типовых постов ведомственных объектовых АСКРО подсистем территориального радиационного контроля и региональных систем. Эти системы могут стать низовыми звеньями Единой Государственной автоматизированной системы контроля радиационной обстановки страны (ЕГАСКРО).

АСКРО на базе описанных основных технических средств в настоящее время установлены на нескольких АЭС РФ, в т ч на Волгодонской АЭС, и на зарубежных АЭС [128]. Схема использования технических средств АСКРО в системах АСРК представлена на рис.6.

В АСКРО, обеспечивающих одновременно контроль газовоздушных выбросов, информация на центральный пост контроля поступает с блоков и устройств детектирования, измеряющих ОА аэрозолей и газов в венттрубах АЭС. Для таких АСКРО диапазон измерения мощности амбиентной дозы гамма-излучения в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения от 0,1 до 10^3 мкЗв/ч , мощности поглощенной дозы на промплощадке АЭС от 10^{-4} до 10^4 мГр/ч, объемной активности газов в венттрубах от 2 10^5 до 2 10^9 Бк/м^3. Прогнозирование возможных радиационных аварий и других нештатных ситуаций в этом случае может решаться более оперативно и достоверно.

Централизованные посты контроля могут обрабатывать информацию по специально разрабатываемым программам, позволяющим выполнять задачи прогнозирования радиационной обстановки вокруг радиационно-опасного объекта и за его пределами. Математическое и программное обеспечение разработано совместно НИЦ «СНИИП» и НПО «Тайфун».

Вышеописанные системы АСКРО могут охватывать контроль значительных территорий и обрабатывать большой объем информации, передаваемой на центральный пост контроля, для прогнозирования дозовых нагрузок на персонал и население, загрязнения окружа-

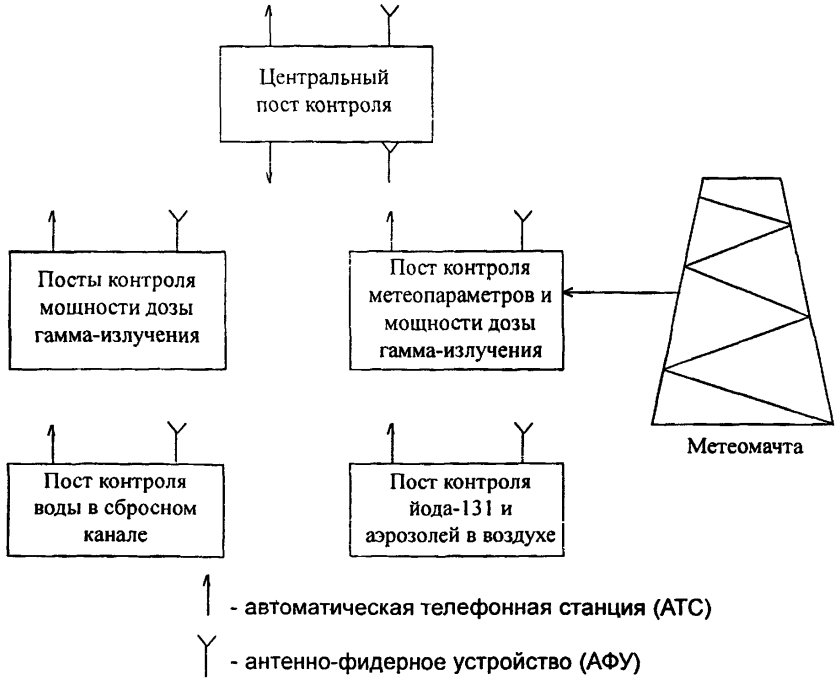


Рис.6. *Система (подсистема) АСКРО в окружающей среде*

ющей среды.

2.5.4. Индикаторы радиационного фона

Индикаторы радиационного фона (ИРФ) можно условно отнести к техническим средствам так называемых городских, поселковых и др. АСКРО [129-130]. Это ТС, которые могут измерять радиационный фон на открытой местности, в зданиях, сооружениях, обеспечивая наглядную информацию для населения о радиационной обстановке.

ИРФ начиналось с законченного одноблочного устройства, включающего БД, устройства обработки информации и информационное табло. Примером может служить ИРФ, параметры которого представлены в табл.33 в сравнении с параметрами других более интеллектуальных устройств: АСКРО НТЦ «РИОН» и др. представителей более современных интеллектуальных ТС ЕГАСКРО в системе «Рефлекс» Минатома РФ [124]. К ним может быть также отнесена АСКРО «Атлант-Р».

Современные информационные измерители (индикаторы) радиационного фона выполнены с использованием микропроцессоров, имеют число каналов более 1-2 и современные средства передачи информации (телефонные модемы, радиомодемы, сотовую телефонную сеть).

В основном измерительном блоке, совмещенном с индикаторным табло, могут размещаться несколько дополнительных типов датчиков (температуры, влажности), устройства памяти, устройства отображения информации типа «бегущая волна».

АСКРО НТЦ «РИОН» занимает особое место в этом классе ТС для АСКРО. Он адаптирован к системе «Рефлекс» Минатома РФ и ЕГАСКРО. В настоящее время на основе этого комплекса создано несколько региональных и городских систем, в том числе в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Достаточно широко был использован ИРФ-03 в Москве и Московской области (около 50 точек), на основе которого МосНПО «Радон» и службами МЧС по Московской области была создана система радиационного мониторинга этого крупного промышленного мегаполиса, а также аналогичные системы в других городах и АЭС.

2.5.5. Программное обеспечение автоматизированных систем радиационного контроля

Радиационные объекты I и II категорий согласно п. 3.1 ОСПОРБ-99 должны использовать стационарные автоматизированные технические средства - автоматизированные системы. Учитывая широкое использование ЭВМ и большой круг решаемых задач, архивирования полученных данных и выдачу управляющих советов и т.п., на современном этапе автоматизированные системы должны иметь соответствующее программное обеспечение.

В полной мере автоматизированные системы должны обеспечивать контроль, регистрацию, отображение, сбор, обработку, анализ хранения полученной информации и выдачу отчетной информации.

Достаточно большой объем фиксируемой и сохраняемой информации необходим также для решения следующих задач:

- статистическая отчетность перед органами государственного контроля;
- расчет годовых эффективных доз внутреннего облучения персонала;
- отслеживание динамики изменения всех контролируемых радиационных параметров, характеризующих состояние радиационой обстановки;
- фиксация контролируемых радиационных параметров, характеризующих выбросы и сбросы с целью оценки и анализа загрязнения воздушной и водной среды;
- фиксация контролируемых радиационных параметров, характеризующих выбросы и сбросы с целью оценки и анализа загрязнения воздушной и водной среды;
- регистрация уровня загрязнения объектов внешней среды (при необходимости, например, после аварии).

Необходимый объем информации, определяемый требованиями статистической отчетности согласно ОСПОРБ-99, хранится в течение 50 лет. Кроме того, должно учитываться формирование необходимых данных, которые должны передаваться в АСКРО СКЦ, АТЦ ДБЧС Министерства и ЕГАСКРО России и др.

***Таблица 33.** Технические средства для городских АСКРО*

Наименование технического средства / Наименование параметров	Индикатор радиационного фона ИРФ	Оперативное оповещение населения о радиационной обстановке ИРФ - 02	Аппаратура для городского АСКРО ИРФ-03	АСКРО НТЦ "РИОН" (ТС, адаптированные к "Рефлекс" и ЕГАСКРО)
Тип технических средств	1 изделие	2 изделия		комплект технических средств
Измеряемая мощность дозы гамма-излучения, мкР/ч	1 - 999	1,0 - 10^3	1,0 - 10^3	10 – 5 10^7
Энергия излучения, МэВ	0,13			0,05 – 1,5
Тип детектора		БДМГ - 08	газоразрядный счетчик	УДРГ – 50, 1 или 2 детектора
Режим работы	непрерывный	непрерывный		
Время установления показаний, мин	5	3		
Состав устройств ИРФ		БИК – 18Р, БПМ – 54Р, крепеж табло		
Устройство обработки результатов измерения	–	ЦСДРО на 16 каналов, опрос циклический	встроенный микропроцессор (80C51,RISC), интерфейс RS–232, RS-485	УСПД на 1 или 2 БД, память на 512с, вход через RS-232C и радиоканал
Тип или размер светящихся индикаторов, мм	80x140	БИК – 18Р	На основе мнемосхемы и информ табло типа "бегущая волна"	Табло + "бегущая волна"
Исполнение	пылевлагозащищенное			
Масса, кг	~10			~ 4,4
Условия эксплуатации· Температура, ^{0}C	0- +40	-30- +50	непрерывные	-30 - +50
Влажность при температуре 20 ^{0}C, %	80		измерения на открытой местности	80
Электропитание	сетевое	сетевое	сетевое или автономное	сетевое или автономное
Наличие сертификатов и заключения СИ, СЭЗ и ОИТ	- - -	- - -	- - -	+ - -

К настоящему времени еще не определился порядок разработки программного обеспечения объектовых автоматизированных систем, которые не являются типовыми, а отражают особенности данного объекта. Их проектирование ведется на базе комплектов технических средств типа КТС КРО.

Итак, встает вопрос: кто и на каком этапе внедрения сложных автоматизированных систем на объекте должен разрабатывать программное обеспечение, которое бы позволило решить вышеперечисленные задачи получения информации.

Целесообразно рассмотреть несколько путей выбора этапа, на котором возможно проводить работы по программному обеспечению, и какими силами можно выполнить этот этап.

Одна из возможных схем взаимодействия заказчика, разработчика автоматизированных ТС, проектанта автоматизированных систем и завода-изготовителя при разработке программного обеспечения системы и внедрения системы представлена на рис.7. Эта схема предполагает разработку программного обеспечения разработчиками ТС, поставку системы также через разработчика и повышение роли авторского надзора разработчика при установке и эксплуатации системы Эта схема не предполагает поставки ТС собственно через разработчика.

ТС системы с завода-изготовителя должны поставляться непосредственно на предприятие заказчика

Предлагаемую схему целесообразно обсудить с заинтересованными представителями (заказчик-проектант) Причем было бы также целесообразно этот или другой вариант проектирования программного обеспечения объектовых автоматизированных систем закрепить организационным документом. Последнее позволило бы сосредоточить специалистов в одном из звеньев этой схемы (разработчика, проектанта или заказчика) и повысить уровень работы в целом по созданию автоматизированных систем радиационного контроля.

При обеспечении радиационного, в том числе дозиметрического, контроля необходимо иметь полную информацию о рабочих местах радиационно-опасного объекта, обеспечить оптимальную схему размещения блоков детектирования стационарных систем радиационного контроля, точек контроля переносными приборами и осуществление пробоотбора Методические материалы, в том числе программное обеспечение, должны определять порядок и методы проведения и интерпретации всех видов выполняемых радиационных измерений как в нормальной, так и в аварийной обстановках.

Номенклатура и количество приборов и систем, используемых при радиационном контроле, должны быть достаточны для использования в нормальных и аварийных ситуациях и получения наиболее полной информации о радиационной обстановке и облучении персонала Размещение блоков детектирования, приборов, систем должно предусматривать вероятные аварийные ситуации, при которых должна быть реализована возможность дистанционного контроля Обобщенная схема обеспечения радиационного (дозиметрического) контроля приведена на рис 8

Глава 3. ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ И МЕХАНИЗМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТРАСЛИ СОВРЕМЕННОЙ АППАРАТУРОЙ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

Анализ парка аппаратуры радиационного контроля на предприятии отрасли показал, что в эксплуатации находятся приборы, системы и комплексы, около 60 % которых было выпущено более 10 лет назад. К таким приборам, например, относятся СРП-88 и даже более старые - СРП-68, дозиметры ДРГ3-03, ДРГ-05 (М1), ДКС-04 («Стриж»), ДРГ-01Т, комплекты дозиметров ДК-02 и КДТ-02 (М), а также другие приборы

Вместе с тем, гарантийная наработка газоразрядных счетчиков составляет 10^9-10^{10} имп, а гарантийное хранение около 4-х лет. Некоторые сцинтилляционные детекторы, например, NaI(Tl), органические сцинтилляторы со временем теряют свои оптические свойства

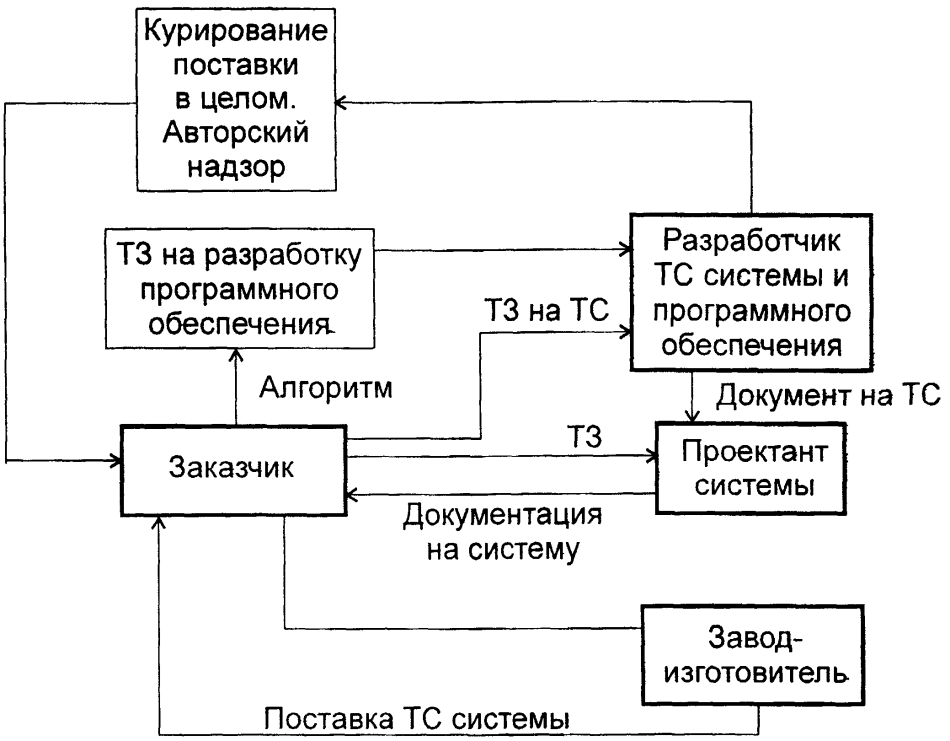


Рис.7. *Одна из возможных схем взаимодействия Заказчика, разработчика комплекса ТС системы, проектанта автоматизированной системы и завода-изготовителя в части разработки программного обеспечения и поставки ТС системы*

и требуют замены При длительной эксплуатации приборов часто из-за окисления и других причин нарушается проводимость контактов, ухудшается изоляция, что приводит к отказам в разъемах и печатных платах, неработоспособности элементов электронных схем, выходу из строя табло, отказу источников питания. Все это приводит к отказам приборов иногда в нужные, ответственные моменты, например, в экстремальных условиях ликвидации последствий радиационных аварий.

Однако ремонт этих приборов в заводских условиях усложнен тем, что они уже давно сняты с производства, сняты с производства и многие комплектующие изделия Устарело программное обеспечение и средства вычислительной техники и документирования Ремонт приборов в кустарных условиях на месте без квалифицированных кадров и последующих испытаний и поверки может привести к существенным погрешностям при проведении дальнейших измерений

Имеется еще одна причина применения устаревшей аппаратуры. Она связана с тем, что специалисты в области ядерного приборостроения в некоторых новых разработках исключают вовсе или неполностью применяют режимы работы приборов, средства отображения информации, проверенные «жизнью», удобные для выполнения измерительных задач и восприятия операторами-пользователями и неоправданно широко используют цифровые дисплеи Однако для оперативной работы, поиска источников излучения и радиоактивных аномалий более удобна аналоговая шкала, в том числе стрелочные приборы, или

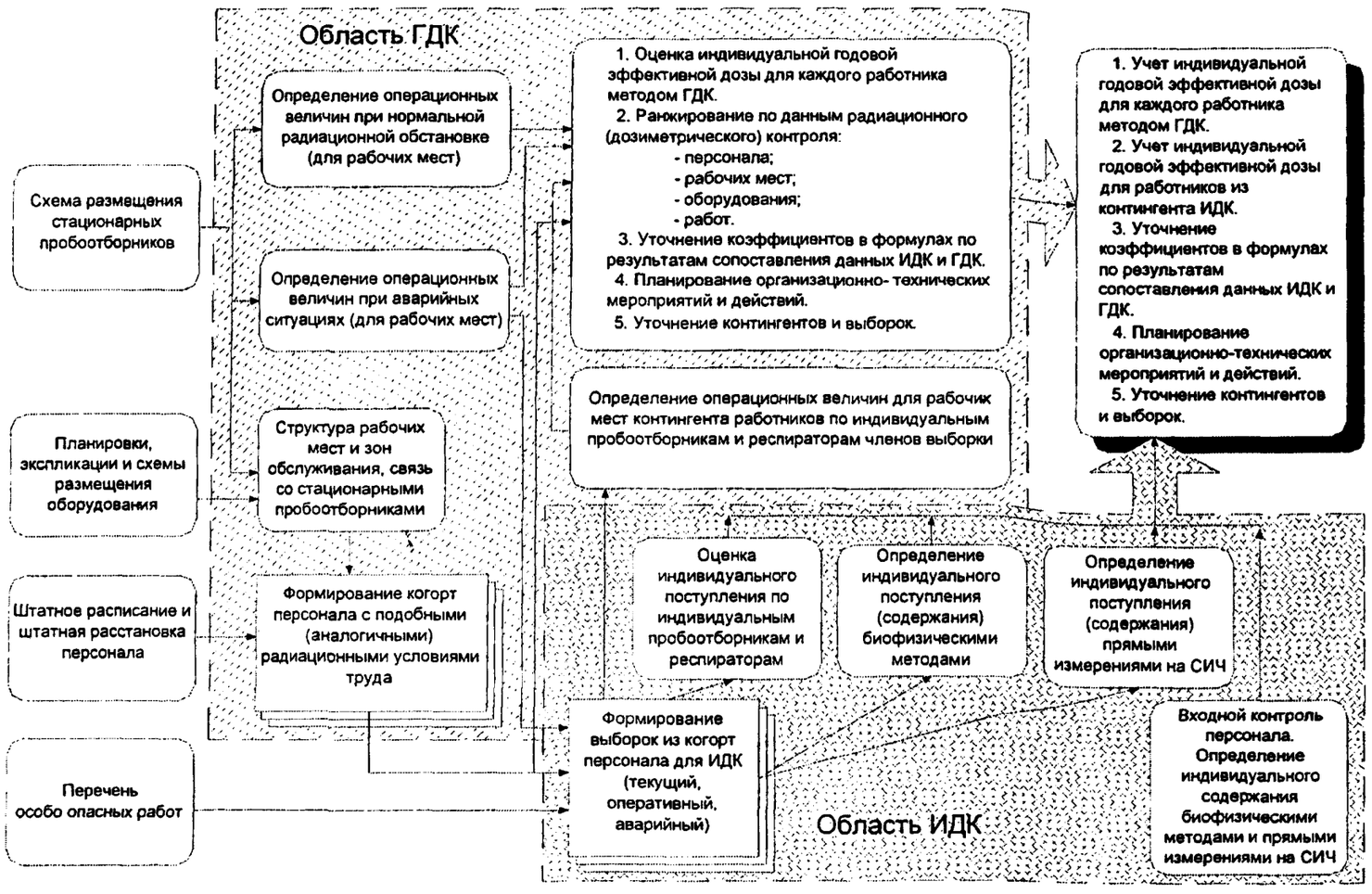


Рис. 8 Обобщенная схема обеспечения радиационного (дозиметрического) контроля

цифро-аналоговые дисплеи, необходимы дополнительные средства ауди-визуальной сигнализации, в том числе светодиодные сигнализаторы, предупреждающие надписи, возникающие на табло, наушники, вибросигнализаторы на руки или других частях тела и т.д.

К эксплуатации старых технических средств радиационного контроля также приводит отсутствие четкого регламента смены парка аппаратуры.

По оценкам отечественных и зарубежных специалистов в области ядерного приборостроения моральный и технический срок службы аппаратуры радиационного контроля не превышает 5-7 лет.

Однако в имеющихся государственных стандартах, например, в ГОСТ 27451-87 «Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические условия» в разделе 2.6.2 «Требования надежности» в п. 2.6.2.4 указано: «Средний ресурс до первого капитального ремонта - не менее 10000 ч, средний срок службы до первого капитального ремонта - не менее 6 лет» [41]. «Средний срок службы - не менее 6 лет» указан также в разделе 1.2 «Требования надежности» в п. 1.2.2 ГОСТ 28271-89 «Приборы радиометрические и дозиметрические носимые. Общие технические требования и методы испытаний» [42]. Таким образом, государственные стандарты не ограничивают сроки эксплуатации аппаратуры радиационного контроля, допуская, кроме того, несколько капитальных ремонтов.

В связи с этим целесообразно ввести в соответствующие государственные стандарты и ТУ на изделия требования к полному назначенному сроку службы (ресурсу) приборов - 10 лет, а систем – 15 лет. При этом, средний срок службы до капитального ремонта в рамках назначенного срока службы можно оставить без изменений в соответствии с действующей НД.

Контроль за соблюдением сроков службы приборов должны, по нашему мнению, проводить контролирующие органы Минатома, ГАН, Госстандарта и Минздрава России.

Основной же причиной, по которой предприятия Минатома России не обновляют аппаратуру, называют отсутствие специальной Программы целевого финансирования, направленной на решение этой проблемы.

Отсутствие целевого финансирования приводит к оттоку специалистов в области ядерного приборостроения, особенно молодых, из ведущих предприятий министерства и страны в целом (НИЦ «СНИИП», ВНИИТФА, ВНИИА, НИИТ, РИ им. В.Г. Хлопина, РНЦ КИ, РФЯЦ ВНИИЭФ, ГНЦ ИБФ, ИФВЭ, АЭХК, ПО «Маяк» и др.). Одновременно этот же процесс коснулся и предприятий разработчиков-изготовителей детекторов: филиала ВНИИТФА (г.Саранск), АЭХК (г. Ангарск), ИФТП (г. Дубна), НПФ «Консенсус» (г. Запрудня МО), ГЕОХИ СО АН (г. Иркутск), ГОИ (г. С.-Петербург), НИЦ «СНИИП», НИИТ (г. Москва) и др., разработчиков-изготовителей ФЭУ ПО «Светлана», ВНИИЭЛП (г. С.-Петербург), МЭЛЗ (г. Москва) и др., а также других соисполнителей - поставщиков комплектующих изделий. Соответственно упал объем производства аппаратуры радиационного контроля на серийных заводах-изготовителях аппаратуры: АО «Импульс» (г. Пятигорск), заводе «Сигнал» (г. Обнинск), заводе «Тензор» (г. Дубна), заводе «Маяк» (г. Курск), заводе в г. Трехгорный, на производствах ПО «Маяк» (г. Челябинск), АЭХК (г. Ангарск) и др.

Этому процессу способствовала также появившаяся в последние годы возможность покупки различных современных детекторов, комплектующих изделий и аппаратуры в целом за рубежом.

Источником финансирования разработок аппаратуры радиационного контроля являются:

- отдельные предприятия или несколько предприятий отрасли, заинтересованных в применении специальной аппаратуры, отдельных приборов или систем радиационного контроля для собственных нужд;
- Министерство, заинтересованное в обеспечении предприятий отрасли аппаратурой массового применения, например, универсальными радиометрами, радиометрами-дозиметрами, индивидуальными дозиметрами и др.

В этом случае финансирование лучше осуществлять по результатам проведенных тендеров и преимущественно на небольшие сроки, например, для завершения разработок, проведения государственных испытаний и т.д.

Основные финансовые средства, которыми обладает Минатом России, это госбюджет, отчисления от реализации продукции предприятиями отрасли и валютные поступления от реализации международных программ ВОУ-НОУ, по учету и контролю за ядерными и расщепляющимися материалами, контролю отработанного ядерного топлива и т.д. В процесс финансирования работ по обновлению парка аппаратуры радиационного контроля могут и должны быть привлечены деньги предприятий, остающиеся у них от реализации продукции.

В связи с этим целесообразно усовершенствовать организационную структуру механизма финансирования работ по обновлению парка аппаратуры радиационного контроля

Вариантом такого решения может быть организация или создание из заинтересованных предприятий отрасли холдинговой компании или корпорации по решению проблем ядерного приборостроения с вертикальной структурой подчиненности

Одна из возможных схем механизма координации и финансирования на возвратной основе разработки и изготовления современных технических средств радиационного контроля и оснащения ими предприятий отрасли приведена на рис.9.

Главной задачей финансовой составляющей холдинга является как кредитование самого холдинга (предприятий, входящих в его структуру), так и аккумулирование для него ресурсов, разработка и осуществление инвестиционных проектов. Поэтому в качестве указанной финансовой составляющей должен выступать уполномоченный банк, который будет являться «сердцем» холдинга и главным контролером финансовых потоков, проходящих по операциям компании

Кроме привлечения капитала на банк возлагается управление финансами, поддержание устойчивого баланса между ресурсами и заявками на эти ресурсы со стороны участников холдинга, разработка инвестиционной политики и осуществление капиталовложений, а также обеспечение экономической безопасности, управление рисками, правильное и эффективное построение внутренней экономики холдинга через установление трансфертной цены.

В связи с тем, что данный холдинг планируется в качестве государственного, можно предложить несколько путей для привлечения финансирования его проектов Так, в частности, с Министерством необходимо заключить соглашение об освобождении от выплаты процентов по полученным от Министерства капиталам независимо от источника привлеченных Министерством средств. Также возможен выпуск гарантируемых Министерством и холдингом бескупонных неконвертируемых облигаций со сроком погашения через 3-5 лет. При этом в случае нахождения устойчивого банка, который бы смог осуществлять функции, указанные выше при рассмотрении финансовой составляющей холдинга, можно предложить организацию кэш-центра

Идея такого центра состоит в следующем. Банк открывает для холдинга единый расчетный счет, на котором аккумулируются все деньги, находящиеся в распоряжении холдинга, и субсчета предприятий, участвующих в холдинге. Все это разделение счета на субсчета проводится только «на бумаге». Для сторонних организаций счет является единым

При выделении субсчетов каждому предприятию выделяется определенный денежный лимит для реализации своих программ Если предприятию потребуется вся сумма, находящаяся на счете холдинга, дирекция холдинга получает от остальных предприятий документальное подтверждение их согласия на перечисление их финансовых лимитов на субсчет нуждающегося в дополнительных средствах предприятия В свою очередь предприятие, получающее дополнительные финансовые ресурсы, обязано будет помимо представления бизнес-плана, содержащего пути возврата полученных средств, подписать соглашение, включающее условия возврата и его сроки После получения всех вышеуказанных документов дирекция холдинга дает поручение в банк о перечислении необходимой суммы на субсчет предприятия и выдачи иных необходимых предприятию для реализации проекта документов

Также одним из путей финансирования программ холдинга может выступать фандрайзинг, под которым понимается поиск и привлечение свободных финансовых средств и грантов некоммерческих международных фондов, МНТЦ и др Холдингу такую деятельность



Рис.9. *Механизм координации и финансирования на возвратной основе разработки и изготовления современных технических средств радиационного контроля и оснащения ими предприятий отрасли.*

будет проще осуществлять именно за счет предоставления в интересующие фонды целого пакета программ по рассматриваемой тематике от имени Министерства. При этом любой фонд более благожелательно относится к крупным корпоративным партнерам, которые смогут реализовать программы не только за счет «вливаний» фонда, но и за счет собственных средств и средств, привлеченных из коммерческих источников финансирования.

Следующим вариантом финансирования могут выступать синдицированные кредиты, при использовании которых банк, работающий в тандеме с холдингом, должен будет выступить в качестве банка-гаранта и налогового агента (в случае синдикации кредита с зарубежными банками). Эта схема привлекательна с точки зрения снижения финансовых рисков со стороны инвесторов за счет распределения этих рисков пропорционально участию каждого инвестора.

Таким образом, можно сделать вывод, что предлагаемая модель организации работ в виде холдинга позволит расширить возможности по привлечению финансовых ресурсов

со стороны третьих лиц и более эффективно аккумулировать и распоряжаться собственными средствами.

ВЫВОДЫ

1 Проведен анализ положений современных нормативно-методических документов по обеспечению радиационной безопасности (НРБ-99, ОСПОРБ-99 и комплекса методических указаний и рекомендаций, разработанных в связи с введением в действие НРБ-99 и ОСПОРБ-99), современных методов и аппаратуры, используемых для радиационного контроля, а также рассмотрены возможные пути и механизмы обеспечения предприятий отрасли современной аппаратурой радиационного контроля.

2 Проведенный анализ показал.

- творческими коллективами, сформированными под руководством Методсовета при ДБЧС Минатома России, разработан, согласован и утвержден службами Госстандарта, ФУ «Медбиоэкстрем» Минздрава и ДБЧС Минатома России блок из 4-х основных Методических указаний первого уровня по контролю внешнего, внутреннего облучения и контролю радиационной обстановки; методические указания устанавливают общие требования к контролю доз профессионального облучения и аппаратуре радиационного контроля, отвечающие содержанию Норм и Правил к обеспечению радиационной безопасности персонала, они опубликованы в отдельном сборнике и направлены на предприятия отрасли;
- в настоящее время завершается разработка методических указаний второго уровня, также направленных на обеспечение радиационной безопасности отрасли, в соответствии с планом работ, разработанным ДБЧС Минатома России на основании приказа Министра №557 от 25 09 2000 г
- разработчики и производители аппаратуры при создании благоприятных условий могут в основном обеспечить предприятия отрасли современной аппаратурой радиационного контроля, соответствующей нормативам и правилам НРБ-99, ОСПОРБ-99 и Методических указаний;
- для полного удовлетворения в технических средствах радиационного контроля предприятий отрасли и Аварийно-технических центров (АТЦ), особенно на случай радиационной аварии, целесообразно создать в отрасли резерв аппаратуры,
- для повышения эффективности работы технических средств радиационного контроля, особенно сложных комплексов и систем необходимо усилить роль авторского надзора,
- в течение 2002 г. разработчиками аппаратуры (НИЦ «СНИИП», ГНЦ ИБФ, НИИТ, РИ им В Г Хлопина, РФЯЦ, ВНИИЭФ, АЭХК, ИФВЭ, ГНЦ ФЭИ, НПП «Доза», АОЗТ «ИНТРА», АСПЕКТ, ЗАО НТЦ «НИТОН», ООО НПП «Радиационный контроль. Приборы и методы», НПФ АП «Люмекс» и др) будут завершены работы по созданию приборов и комплексов нового поколения, которые необходимы для полного обеспечения радиационного контроля в соответствии с нормами и правилами НРБ-99 и ОСПОРБ-99, а также проведены государственные испытания и сертификация этих изделий

3. Рекомендации содержат аналитический материал по современным дозиметрическим приборам, радиометрической и спектрометрической аппаратуре, счетчикам излучения человека и системам контроля радиационной обстановки, выпускаемым отечественными производителями и рядом зарубежных стран, которые имеют или в ближайшее время будут иметь сертификат СИ Госстандарта России.

Рекомендации позволяют потребителям аппаратуры, включая работников служб радиационной безопасности, правильно ориентироваться среди множества предлагаемых в настоящее время к использованию типов приборов, систем и комплексов Они могут использоваться в учебных целях для служб РБ, студентов МИФИ и других ВУЗов, а также могут быть использованы для создания справочника по аппаратуре радиационного контроля или радиационной безопасности, например, по образцу близких к предлагаемому справочников [130,131], а также рекомендаций по созданию табеля оснащения предприятий типовой аппаратурой

4. В Рекомендациях рассмотрены различные пути и механизмы обеспечения предприятий отрасли современной аппаратурой радиационного контроля, которые показали возможность решения проблемы дефицита этой аппаратуры на предприятиях отрасли. Для исключения использования устаревшей аппаратуры предложено ввести в соответствующие государственные стандарты и ТУ на изделия требования к полному назначенному сроку службы (ресурсу) приборов - 10 лет, а систем - 15 лет. При этом серийный срок службы до капитального ремонта в рамках назначенного срока службы предлагается оставить без изменений в соответствии с действующей НД.

После окончания назначенных сроков службы (10 и 15 лет соответственно) приборы и системы должны быть списаны и их использование возможно только в учебных или тренировочных целях.

При наличии в парке аппаратуры радиационного контроля более 10-20 % технических средств измерений с истекшими сроками службы контролирующим органам (Минатому, ГАНу, Госстандарту, органам госсанэпиднадзора Минздрава РФ) следует отзывать лицензии на аккредитацию или право деятельности организации (службы) РБ и др.

5. В Рекомендациях приведены сведения об аппаратуре радиационного контроля, которые оказались доступными исполнителям работы. Однако они четко понимают, что в отчете приведены не все технические средства, выпускаемые в России и странах ближнего зарубежья. В них могли быть не включены, например, технические средства, которые в настоящее время только проходят Государственные испытания, а также средства, на которые истек срок действия сертификатов СИ.

6. Существенное расширение парка современных приборов радиационного контроля за 4 года, прошедшее с завершения НИР «Методика», указывает на целесообразность повторения такой работы в форме НИР каждые 3-4 года.

7. Финансирование и разработку новых технических средств радиационного контроля целесообразно проводить в соответствии с обсужденными и принятыми на НТС-5 Министерства Предложениями по проведению первоочередных работ, направленных на модернизацию существующих и создание новых технических средств ИДК и КРО в обеспечение НРБ-99, а также в соответствии с Концепцией развития специального приборостроения в обеспечение ядерных технологий и разрабатываемой Программой «Приборостроение».

8. Авторы обращают внимание специалистов в области радиационного (в основном дозиметрического) контроля на необходимость применения аппаратуры или блоков детектирования, обеспечивающих определение значений величин в международных единицах измерения в соответствии с НРБ-99, ОСПОРБ-99, Методических указаний МУ 2.6.1.016-200, МУ 2.6.1.25-2000, МУ 2.6.1.26-2000 и МУ 2.6.1.14-2001.

На основе требований ОСПОРБ-99 для радиационного контроля могут использоваться приборы, которые прошли Государственные испытания и внесены в Государственный реестр измерений. Приборы должны применяться по их назначению и проходить периодическую поверку в установленном порядке.

Требования к дозиметрическим приборам для контроля окружающей среды и облучения человека нормированы в отечественных стандартах ГОСТ 4.59-79, ГОСТ 27451-87, ГОСТ 29074-91, ГОСТ Р МЭК 1066-93, а также изложены в стандартах Международной электротехнической комиссии (IEC): IEC 60846, IEC 61005, IEC 61017, IEC 61018, IEC 61066, IEC 61283, IEC 61322, IEC 61323, IEC 61525, IEC 61526 (см. список Литературы и Приложение). Требования к дозиметрическим приборам, применяемым для контроля мощности поглощенной дозы в воздухе, изложены в МИ 1788-87.

Если применяемая аппаратура обеспечивает измерения во внесистемных единицах, необходимо провести дополнительные испытания органами, имеющими на это право, для определения возможности или коэффициентов перехода на новые единицы измерения.

Приведенные в таблицах характеристики аппаратуры взяты из каталогов, реклам и публикаций. Многие из них были уточнены по результатам опроса Производителей и Поставщиков. Поскольку аппаратура постоянно совершенствуется, перед ее приобретением необходимо изучить имеющуюся техническую документацию, проверить наличие действую-

щих Сертификата Госстандарта об утверждении типа средства измерения, Санитарно-эпидемиологического заключения Минздрава РФ, Сертификата ОИТ и Свидетельства о поверке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Авторы выражают глубокую благодарность своим коллегам, принявшим участие в работе, представившим отдельные материалы для Рекомендаций и участвовавшим в их обсуждении:

к.т.н., с.н.с. Абрамову Ю.В.; к.т.н., с.н.с. Кочеткову О.А.; к.м.н., с.н.с. Симакову А.В.; к.т.н., с.н.с. Шаксу А.И.; к.т.н. Яценко В.Н. (ГНЦ «Институт биофизики»); д.ф.-м.н. Козлову В.Ф., к.ф.-м.н. Кутькову В.А. (РНЦ «Курчатовский институт»); д.т.н. Николаеву В.А. (Радиевый институт им. В.Г. Хлопина); к.т.н. Безрукову Б.А. (Концерн «Росэнергоатом»); Василенко Е.К., Горелову М.В. (ПО «Маяк»); к.т.н. Козлову А.А. (Ангарский электролизный химический комбинат); д.ф.-м.н., профессору Саковичу В.А. (НИИЦ РБКО); к.т.н., чл.-корр. метрологической академии России Масляеву П.Ф. (ГП «ВНИИФТРИ»); Усольцеву В.Ю.; Крайнову Е.В.(ГНЦ «НИИАР»); к.т.н. Нестерову В.П., Клейменову А.Н.(ФГУП ВО «Изотоп»); к.т.н. Панфилову А.П., Баранову И.В. (Минатом России).

Авторы также выражают благодарность коллегам и представителям фирм, предоставившим научные, методические и рекламные материалы для использования в Рекомендациях.

Авторы благодарны Сельдякову Ю.П., просмотревшего материал раздела «Спектрометрическая аппаратура» и давшего полезные рекомендации, Цудечкису Л.И. за помощь в формулировании новых требований к срокам службы аппаратуры радиационного контроля, Волкову Г.С. за предоставление обобщенных материалов по стандартам, подготовленным и подготавливаемым ТК 45 МЭК, а также Казьмину Л.И. за большую работу, проделанную при оформлении отчета по НИР и Рекомендаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по приборному обеспечению дозиметрического и радиометрического контроля в соответствии с НРБ-96. Отчет о НИР, шифр «Методика», гос.рег.№981933, НИЦ «СНИИП», Москва, 1997.

2. Кутьков В.А., Демин В.Ф., Голиков В.Я. Проблемы нормирования в области ионизирующего излучения. Атомная энергия, т.85, вып.2, 1998, с.164-171.

3. Крисюк Э.М. Принципы радиационной безопасности. М., ГП «ВНИИФТРИ», АНРИ, №3, 1998, с.4-8.

4. Масляев П.Ф. Проблемы обеспечения единства и правильности измерений дозиметрических величин. М., АНРИ, №2, 1994, с. 108-119.

5. Кутьков В.А. Современная система дозиметрических величин. М., АНРИ, №1, 2000, с. 5-17.

6. СП 2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы. М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999 г., 116 с.

7. СП 2.6.1. 799-99. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). Санитарные правила. М.: Минздрав России, 2000 г., 99 с.

8. ГОСТ 15484-81. Излучения ионизирующие и их измерение. Термины и определения.

9. РД50-454-84 Методические указания. Внедрение и применение ГОСТ 8.417-81. ГСИ. Единицы физических величин в области ионизирующих излучений.

10. ГОСТ Р 8.563-96. ГСИ. Методики выполнения измерений.

11. МИ 2453-2000. ГСИ. Методики радиационного контроля. Общие требования.

12. МИ 1967-89. ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения.

13. МИ 2377-96. ГСИ. Разработка и аттестация методик выполнений измерений.

14. ГОСТ 14337-78. Средства измерения ионизирующих излучений. Термины и определения.

15. МУ 2.6.1.016-2000. Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в контролируемых условиях обращения с источниками излучения. Общие требования. АНРИ №3 (22), 2000, с. 43-75.

16. МУ ИДК-2000. Индивидуальный дозиметрический контроль внешнего облучения персонала АЭС. Концерн Росэнергоатом, 2000.

17. МУ 2.6.1.25-2000. Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения. Общие требования. Минатом, 2000.

18. МУ 2.6.1.26-2000. Дозиметрический контроль профессионального внутреннего облучения. Общие требования. Минатом, 2000.

19. МУ 2.6.1.14-2001. Контроль радиационной обстановки. Общие требования. Минатом, 2001.

20. МУ 2.6.1. Контроль индивидуальной эффективной дозы в неоднородных полях фотонного излучения. Минатом.

21. МУ 2.6.1. Определение индивидуальных эффективных доз нейтронного излучения. Минатом.

22. МУ 2.6.1. Обеспечение единства измерений при проведении радиационного контроля на предприятиях Минатома. Минатом.

23. Методические указания. Ведение автоматизированного учета индивидуальных доз персонала. ДБЧС - ФУМБЭП МУ-99, №30 - 106.

24. Баронкина Н.В., Видинеев В.Г., Кочнев М.В., Крайнов Е.В., Макаров И.Н., Семака А.А., Усольцев В.Ю. Разработка информационной системы индивидуального дозиметрического контроля персонала ГНЦ РФ НИИАР. М., АНРИ, №2, 2001, с.16-21.

25. Территориальные подсистемы. Методические рекомендации по проектированию территориальных подсистем ЕГАСКРО. ГК РФ по охране окружающей среды, 1999.

26. Общие требования к проектированию информационных систем ИДК предприятий Минатома России. Минатом, 1998.

27. Антипин Е.Б., Бадьин В.И., Молоканов А.А. Проблемы методического обеспечения дозиметрического контроля профессионального внутреннего облучения и способы их решения. Медицина экстремальных ситуаций, №3(6). М., 2000, с.42-54.

28. Абрамов Ю.В., Симаков А.В., Петров С.В., Степанов С.В., Долгополов Ю.В., Ермилов А.П. Определение доз внешнего облучения и тканей в соответствии с требованиями НРБ-99 в производственных условиях. Медицина экстремальных ситуаций, №3(6), М., 2000, с.55-60.

29. Дозиметрический и радиометрический контроль при работе с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений. Методическое руководство под общей редакцией В.И.Гришмановского., т.2. Индивидуальный контроль. Радиометрия проб. М.: Энергоиздат, 1981, с. 34-41.

30. Кутьков В.А., Панфилов А.П., Кочетков О.А., Попов В.И., Поленов Б.В., Ярына В.П. Контроль соблюдения требований Норм и Правил. М., АНРИ, №3(26), 2001,с. 4-15.

31. Антипин Е.Б., Бадьин В.И., Молоканов А.А. Современные требования к контролю профессионального внутреннего облучения и их реализация. М., АНРИ, №3(26), 2001, с. 31-36.

32. Масляев П.Ф. Проблемы определения эффективной дозы при контроле радиационной безопасности облучения нейтронным излучением. М.: ГП «ВНИИФТРИ», АНРИ, №3(26), 2001, с. 50-57.

33. Методическое обеспечение радиационного контроля на предприятии. т.1. Минатом, Минздрав России, ФУ «Медбиоэкстрем», М., 2001.

34. Артеменкова Л.В., Панфилов А.П., Поленов Б.В., Чебышов С.Б. Анализ соответствия комплекса дозиметрической и радиометрической аппаратуры требованиям норм радиационной безопасности НРБ-96. Ядерные измерительно-информационные технологии. Труды научно-инженерного центра «СНИИП», М., НИЦ «СНИИП», 1998, с.5-11.

35. Летемин В.П., Зайченко С.Ю., Семеновых С.В., Игнатьев А.Л. К вопросу о необходимости корректировки методик косвенной дозиметрии внутреннего облучения при внедрении в практику НРБ-96. М., АНРИ №3, 1999, с.40-42.

36. Матвеев В.В., Стась К.Н., Чебышов С.Б. Ядерные измерительно-информационные технологии. Диалектика и тенденции развития. В сб.: Ядерные измерительно-информационные технологии-2000. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». М.: Измерительно-информационные технологии, 2000, с.5-11.

37. Костылева Ю.Г. Мысев И.П. Метрологическое обеспечение дозиметров фотонного излучения в свете НРБ-96. В сб. Ядерные измерительно-информационные технологии (Труды НИЦ «СНИИП»), М., НИЦ «СНИИП», 1997, с. 31-39.

38. Нурлыбаев К.Н. Дозиметрические приборы в Госреестре средств измерений. М., АНРИ №2, 2001, с. 22-39.

39. Каталоги, рекламы и публикации ФГУП ВО «ИЗОТОП», ФГУП НИЦ «СНИИП», НПП «Доза», ОАО «Экспертцентр», МосНПО «Радон», РНЦ КИ, ГНЦ ИБФ, РФЯЦ ВНИИЭФ, НИИИТ, ВЦЭРМ МЧС, АЭХК, ГНЦ РФ ФЭИ, НИИЯФ МГУ, МГУ, РИ им. В.Г. Хлопина, НИИ ПММ, ПО «Маяк», НПФ АП «Люмэкс», ЗАО НТЦ «НИТОН», УПИ, АОЗТ «Институт радиационных технологий», РИК, АООТ «ЭЛПА», АО «ИНТРА», ООО «Политехформ», приборных заводов г. Трехгорный, «Сигнал», «Импульс», «Электрон», ФГУП «Курский завод «Маяк», зарубежных фирм «Экотекст», СП «Полимастер», ПО «БелВАР», ГНПП «Атомтех», «Pribori OY» («Rados Technology»), ЗАО «Sen makas», «Eberline Instruments», «Genitron Instruments» и др.

40. Сводный перечень оборудования, аппаратурных комплексов, технических средств, приборов и других поставочных единиц для АЭС, изготавливаемых предприятиями Минатома России. М.: Минатом, 2000.

41. ГОСТ 27451-87. Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические условия.

42. ГОСТ 28271-89. Приборы радиометрические и дозиметрические носимые. Общие технические требования и методы испытаний.

43. ГОСТ Р 1066-93 МЭК. Системы дозиметрические термолюминесцентные для индивидуального контроля и мониторинга окружающей среды. Общие технические требования и методы контроля.

44. Поленов Б.В. Дозиметрические приборы для населения. М., Энергоатомиздат, 1991, 60 с.

45. Зубова О.Н., Федоров Г.А. Индивидуальная дозиметрия ионизирующих излучений с использованием комплектов дозиметрического фотоконтроля. М., АНРИ, №2, 1995, с. 8-16.

46. Смирнова С.В., Смирнов А.В., Финогенов М.В. Новая система индивидуального дозиметрического контроля на основе радиофотолюминесцентных стекол., М., АНРИ, №1, 2000, с. 30-35.

47. Алексеев А.Г., Быстров Ю.В., Косьяненко Е.В., Лебедев В.Н., Санников А.В., Масляев П.Ф., Панфилов А.П. Сличение индивидуальных дозиметров фотонного излучения (Compar-98). М., АНРИ, №2, 2000, с.36-42.

48. Соколов А.Д. Зонные термолюминесцентные мониторы. В сб.: Ядерные измерительно-информационные технологии-99. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». М.: Измерительно-информационные технологии, 1999, с.112-116.

49. Соколов А.Д. Нагреватель термолюминесцентного дозиметра. В сб.: Ядерные измерительно-информационные технологии-2000. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». М.: Измерительно-информационные технологии, 2000, с.100-121.

50. Гимадова Т.И., Шакс А.И., Васильев И.О., Семенов А.В. Индивидуальные дозиметры для измерения эквивалентных доз в коже пальцев рук, лица и хрусталике глаза при хроническом и аварийном облучении. М., АНРИ, №3(26), 2001, с. 20-27.

51. Агриненко С.Д., Душкина О.В., Бурлака И.А., Карпов Н.А. Кожный ТЛ-дозиметр на основе LiF: Mg, Cu, P. М., АНРИ №4, 2001, С.18-22.

52. Бочвар И.А., Гимадова Т.И., Кеирим-Маркус И.Б., Кушнерев А.Я., Якубик В.В. Метод

дозиметрии ИКС. М., Атомиздат, 1977, 224 с.

53. Международный стандарт МЭК 1283. Приборы радиационной защиты. Прямопоказывающие индивидуальные мониторы эквивалента дозы (мощности) рентгеновского, гамма- и бета-излучения высокой энергии., 1999.

54. Киреев В.П., Коваленко В.Г., Петров В.И., Поленов Б.В., Слученков Г.Ф., Друзягин А.В., Чубатов Д.Ю. Аппаратное и методическое обеспечение оценки радиационного воздействия на персонал и население. Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федерации», г. Обнинск. НПО «Тайфун», 23-25.05.2001 г. Тезисы докладов, с.100.

55. Виноградов А.Н., Ермолина Е.П., Коваленко В.В., Поленов Б.В., Проказова Л.М., Чухнов А.С. Приборно-методическое обеспечение выявления и контроля денежных билетов с радиоактивным загрязнением. В сб.: Ядерные измерительно-информационные технологии. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». М.: НИЦ «СНИИП», 1997, с.23-30.

56. Арсаев М.И., Кладов А.В. Основы построения многофункциональных радиометров-дозиметров. В сб.:Ядерные измерительно-информационные технологии-99. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». М.: Измерительно-информационные технологии, 1999, с.117-123.

57. Антипин Е.Б., Бадьин В.И., Молоканов А.А. Построение имитационной модели системы дозиметрического контроля профессионального внутреннего облучения. М., АНРИ №2, 2001, с. 61-68.

58. Фертман Д.Е., Ризин А.И., Стась К.Н. Повышение достоверности измерений радиоактивных аэрозолей. М.: Измерительная техника. №12, 1996, с. 56-61.

59. Фертман Д.Е., Ризин А.И. Использование полидисперсных аэрозолей и специальных аэрозольных источников для калибровки радиометров аэрозолей. Ядерные информационно-измерительные технологии. Труды НИЦ «СНИИП». М.,1998, с. 227-235.

60. Артеменкова Л.В., Бачурин А.В., Камыщенко В.Д. и др. Контроль газообразных и жидких радиоактивных сбросов и его приборное обеспечение. Monitoring of Radioactive Elements from Nuclear Facilities, IAEA, Viena, 1978, p. 47-172.

61. Артеменкова Л.В., Курочкин С.С., Матвеев В.В., Рябов Н.В. и др. Структура и организация системы радиационного контроля. В кн. «Вопросы атомной науки и техники». Сер. Ядерное приборостроение. ЦНИИатоминформ, вып.1(56). М., 1981, с.5-15.

62. Краткое техническое описание КТС КРБ и АС КРБ. НИЦ «СНИИП», 1999.

63. Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений. М.: Энергоатомиздат, 1989, 187 с.

64. Рябов Н.В., Стась К.Н. Контроль радона и продуктов его распада. Safety Measures in Nuclear Research. Proceeding of the tripartire meeting held in Brussels, Belgium, nov., 1972, p.2.

65. Бабич В.Г., Сальников В.Н., Каменский Е.В., Тихонов А.А. Радиометр для измерения плотности потока радона с поверхности грунта стройплощадок. В сб.: Ядерные измерительно-информационные технологии-99. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». М.: Измерительно-информационные технологии, 1999, с.133-135.

66. Кривошеев С.В. Методы и средства измерения объемной активности радона и его дочерних продуктов распада. М., АНРИ, №1, 1996, с.26-40.

67. Кузнецов Ю.В. Проблема радона и достоверность его измерений. М., АНРИ №3, 1998, с.9-12.

68. Кузнецов Ю.В., Курепин А.Д. Приборное обеспечение измерений эквивалентной равновесной объемной активности изотопов радона. М., АНРИ, №1, 2001, с.38-42.

69. Кузнецов Ю.В., Ярына В.П. Величины для нормирования радиационной опасности радона и их измерение. М., АНРИ, №2, 2001, с. 4-8.

70. Жуковский М.В., Павлюк А.В. Коэффициенты перехода от экспозиции дочерними продуктами распада радона к эффективной дозе. М., АНРИ №2, 2001, с. 52-61.

71. Тихонов А.А. и др. РЭКС-альфа. Комплект оборудования для радиоэкологического контроля жилых и производственных помещений. АОЗТ «СНИИП-АВЕРС», 1985.

72. Артеменкова Л.В., Лапшин В.И. и др. Градуировка промышленных радиометров бета-

активных газов. В кн. Труды IV научно-технической конференции по дозиметрии и радиометрии ионизирующих излучений. М.: Атомиздат, 1972, с.16-20.

73. Артеменкова Л.В., Коваленко В.В., Шаврин Н.Ю. К вопросу о разработке носимого радиометра течеискателя. Ядерное приборостроение, вып. XXV, Атомиздат, М., 1974, с.13-17.

74. Горбунов С.В., Дигтярь В.А., Коваленко В.В. и др. Портативный радиометр трития ПРТ-1 для контроля проб воздуха и воды. Ядерные измерительно-информационные технологии. Труды НИЦ «СНИИП», М., 1997, с. 76-85.

75. Артеменкова Л.В., Друзьяк В.С., Рябов Н.В. и др. Рекомендации по составлению табеля оснащения радиометрическими, дозиметрическими и спектрометрическими приборами радиологических служб народного хозяйства. Технический прогресс в атомной промышленности. Серия «Изотопы в СССР», вып. 73, М.: Энергоатомиздат, 1988, с.158-162.

76. Комиссаров А.Б., Леонов А.Ф., Соломин Е.Ф., Федоровский П.Ю., Федоровский Ю.П., Чебышов С.Б. Новые радиометры для контроля радиоактивного загрязнения жидких сред. Ядерные измерительные технологии. Труды НИЦ «СНИИП», М., 1997, с.108-119.

77. IEC 61098 (45B/340/CDV) Installed personnel surface contamination monitoring assemblies. Ed.2. IEC, 2001.

78. IEC 61276 Guidelines for Selection of Metrologically Suppoted Nuclear Radiation Spectrometry Systems.

79. Сельдяков Ю.П., Дорин А.Б., Кондрашов М.В. Современное поколение спектрометров ядерных излучений и их применение в науке и технике. В сб. Ядерные измерительно-информационные технологии. Труды НИЦ «СНИИП». М, 1997, с.35-39.

80. Сельдяков Ю.П. Постановка измерительной задачи и ее решение спектрометрическим методом. В сб. Ядерные измерительно-информационные технологии. Труды НИЦ «СНИИП». М, 1998, с.99-108.

81. Сельдяков Ю.П., Дорин А.Б., Кондрашов М.В., Чураков А.К., Скакун Г.Е., Арсаев М.А., Майсюков В.Д. Многофункциональный спектрометр ядерных излучений. В сб. Ядерные измерительно-информационные технологии. Труды НИЦ «СНИИП», М., 1998, с.115-118.

82. Гулый В.Г., Дорин А.Б., Майсюков В.Д., Сельдяков Ю.П., Чураков А.К., Шевченко А.П. Альфа-спектрометр СКС-50А с кремниевыми PIPS-детекторами и его программное обеспечение. Труды НИЦ «СНИИП», М., 1998, с. 119-127.

83. Сельдяков Ю.П., Дорин А.Б., Кондрашов М.В. Современная гамма-спектрометрическая аппаратура для работы с германиевыми детекторами. В сб. Ядерные измерительно-информационные технологии - 2000. Труды НИЦ «СНИИП». М, 2000, с.63-77.

84. Дорин А.Б., Кондрашов М.В., Сельдяков Ю.П. Малогабаритный гамма-спектрометр для полевых измерений. В сб. Ядерные измерительно-информационные технологии-99. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». М.: Измерительно-информационные технологии, 1999, с.84-87.

85. Сельдяков Ю.П., Чебышов С.Б., Дорин А.Б., Кондрашов М.В., Исаев Н.В., Глаговский Э.М., Руденко В.С. Принципы информационно-измерительной технологии контроля изотопного состава и атрибутов плутония. В сб.: Ядерные измерительно-информационные технологии-2000. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». М.: Измерительно-информационные технологии, 2000, с.17-25.

86. Дорин А.Б., Кондрашов М.В., Сельдяков Ю.П. Об аналитических возможностях определения обогащения урана и изотопного состава плутония с помощью спектрометров серии SBS. В сб.: Ядерные измерительно-информационные технологии- 2000. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». М.: Измерительно-информационные технологии, 2000, с.26-32.

87. Веревкин А.Д., Горн Л.С., Ильин Б.А., Иовлев М.В.,.Хазанов Б.И., Черкашин И.И. Спектрометр-радиометр с «цифровыми окнами». В сб.: Ядерные измерительно-информационные технологии-99. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». М.: Измерительно-информационные технологии, 1999, с.124-128.

88. Антропов С.Ю., Ермилов А.П., Ермилов С.А., Комаров Н.А., Крохин И.И., Шарапов С.В. Новые окна «Прогресса». М., АНРИ, №3(26), 2001, с. 28-31.

89. Трыков Л.А., Семенов В.П., Чернов В.А. Спектрометры-дозиметры гамма-излучения с неохлажденными кремниевыми детекторами для радиоэкологических исследований. М., АНРИ №4, 2001, с. 70-73.

90. Голутвина М.М., Абрамов Ю.В. Контроль за поступлением радиоактивных веществ в организм человека и их содержанием. М.: Энергоатомиздат, 1984.

91. Методические указания по выполнению измерений содержания цезия-137 и цезия-134 в организме человека переносным энергоселективным счетчиком., М., 1992.

92. 45B/349A/CDV IEC 61582-1. In Vivo Counters - Part 1: General requirements and installed systems-classfication, general requirements and test procedures .

93. 45B/350/CDV IEC 61582-2. In Vivo Counters - Part 2: Additional requirements and test procedures for transportable assemblies.

94. Поленов Б.В., Соломина Е.Ю., Стась К.Н., Сучкова Л.А., Чебышов С.Б., Федоровский П.Ю. Измерительно-информационные технологии массового инспекционного послеаварийного радиационного контроля содержания радионуклидов в организме человека. В сб. Ядерные измерительно-информационные технологии. Труды НИЦ «СНИИП». М., 1997, с.31-34.

95. Соколов А.Д., Соломина Е.Ю., Сучкова Л.А., Федоровский П.Ю., Чебышов С.Б. Переносной счетчик излучения человека - эффективное средство контроля населения. В сб. Ядерные измерительно-информационные технологии. Труды НИЦ «СНИИП». М, 1997, с.94-107.

96. Кутьков В.А., Ткаченко В.В., Романцов В.П., Бубало Д.А., Фещенко Е.Ф. Определение индивидуальной ожидаемой дозы внутреннего облучения по результатам систематических обследований работников на спектрометре излучения человека. М., АНРИ, №2, 2001, с.69-76.

97. Сакович В.А., Смиренный Л.Н., Федосеев Г.А. Разработка нормативной модели тела человека для определения эффективных доз (Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федерации»), г. Обнинск, НПО «Тайфун», 23-25.05.2001 г. Тезисы докладов, с.66.

98. Чебышов С.Б., Матвеев В.В., Хазанов Б.И. и др. Как создавалось отечественное ядерное приборостроение. НИЦ «СНИИП». М.: ООО «Восточный горизонт», 2002, 416 с.

99. Комплекс технических средств контроля радиационной обстановки КТС КРО («Орешник-Т»), НИЦ «СНИИП». Краткое описание. ЦНИИатоминформ, 1999.

100. Денисов А.А., Жернов В.С., Крашенинников И.С. и др. Система радиационного контроля АЭС с распределенной структурой на микропроцессорах. В кн.: Обеспечение радиационной безопасности при эксплуатации АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1983, с. 85-92.

101. Парышев В.Я., Пушкин В.В., Рыжов Н.В., Скаткин В.М. Централизованная система радиационного контроля для АЭС с ВВЭР на основе блоков АКРБ. В кн.: Обеспечение безопасности при эксплуатации АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1983, с.68-84.

102. Разработка основных требований к аппаратурному и метрологическому обеспечению объектов автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО) в системе «Рефлекс». Отчет о НИР, гос.рег. № ГРФ37790, СНИИП, М.,1991, 224 с.

103. Разработка комплекса технических средств измерения ионизирующих излучений для единой Государственной системы контроля радиационной обстановки (ЕГАСКРО) на территории страны. Авторы: Артеменкова Л.В., Рябов Н.В., Стась К.Н. и др. Отчет о НИР, гос.рег. № У67161, СНИИП, М., 1990, с. 74-104.

104. Чебышов С.Б., Черкашин И.И. Типовая измерительно-информационная система контроля радиационной обстановки на основе комплекса технических средств «Орешник-Т» (Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федерации»), г. Обнинск, НПО «Тайфун», 23-25.05.2001, Тезисы докладов, с.97.

105. Панфилов А.В., Серегин Н.В., Сидоров Н.И., Шумов С.А. Некоторые вопросы построения комплекса радиоэкологического мониторинга. В сб.: Ядерные измерительно-информационные технологии- 2000. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». М.: Измерительно-информационные технологии, 2000, с.38-42.

106. Кашкин В.В., Коротин Б.А., Серегин Н.В. К вопросу контроля радиоактивных выбросов и его метрологического обеспечения. В сб.: Ядерные измерительно-информационные технологии-99. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». М.: Измерительно-информационные технологии, 1999, с.34-37.

107. Горн Л.С., Ильин Б.А., Климашов А.А., Матвеев В.В., Хазанов Б.И., Чебышов С.Б., Черкашин И.И. Построение информационно-измерительных систем КРО. В сб.: Ядерные измерительно-информационные технологии-99. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». М.: Измерительно-информационные технологии, 1999, с.54-64.

108. Горн Л.С., Ильин Б.А., Иовлев М.В., Климашов А.А., Хазанов Б.И., Чебышов С.Б., Черкашин И.И. Построение «интеллектуальных» устройств детектирования для систем КРО. В сб.: Ядерные измерительно-информационные технологии-99. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». М.: Измерительно-информационные технологии, 1999, с.71-80.

109. Горн Л.С , Климашов А А., Хазанов Б.И., Черкашин И.И. Объем данных, передаваемых с устройств детектирования в информационно-измерительных системах, и их представление. В сб.: Ядерные измерительно-информационные технологии- 2000. Труды Научно-инженерного центра «СНИИП». М.: Измерительно-информационные технологии, 2000, с.121-125.

110. Калашников С.А. Новая песня о главном - Система радиационного контроля АТЛАНТ. М., АНРИ, №3(18), 1999, с 52-57.

111. Макаров И.Н., Усольцев В.Ю. Опыт модернизации автоматизированных систем радиационного контроля объектов ГНЦ НИИАР. М., АНРИ, №1, 2001, с.12-18.

112. Макаров И.Н., Незамов С.И., Павлов В.Н. и др. Интеллектуальный измерительный канал в системах радиационного контроля. М., АНРИ, №1, 1999, с. 17-20.

113. Макаров И.Н., Борисов И.В., Усольцев В.Ю. и др. Автоматизированная система радиационного контроля реакторных установок. М., АНРИ, №1, 1999, с.21-23.

114. Залманзон Ю.Е., Парышев В.Я., Рыжов Н.В., Скаткин В.М., Стась К.Н. Посты комплексного экологического мониторинга системы АСКРО для АЭС и регионов. В сб.: Ядерные измерительно-информационные технологии Труды НИЦ «СНИИП», М.,1997, с.40-43.

115. Леонов А.Ф , Царьков В.П. Чебышов С.Б. Информационно-измерительные модули экологического контроля Ядерные измерительно-информационные технологии. Труды НИЦ «СНИИП», М., 1997, с.44-47.

116 Агапов А.М., Петров Б.Ф., Римский-Корсаков А.А., Стовбур В.И , Стрельников Е.А Создание отраслевой АСКРО Минатома России как подсистемы ЕГАСКРО (Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федерации»), г. Обнинск, НПО «Тайфун», 23-25.05.2001 г.,Тезисы докладов, с.5.

117. Исаков С.В., Кадилин В.В., Модяев А.Д , Самосадный В.Т. Методика проведения радиационного мониторинга с применением панорамного детектирующего устройства. Экологические системы и приборы., №1, 2000 г., с.9-10.

118. Дмитриев Е.С., Иванов А.Б , Егоров В.М., Зуев А.Г., Жуков И.И., Печкуров А.В , Стрельников Е.А , Шершаков В.М., Косых В С., Богомолов В.С., Антонов В.А., Цовьянов А.Г., Григорьев А.С., Покушко М.П. Экспериментальный участок ЕГАСКРО: Организация информационной структуры и опыт эксплуатации. Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федерации», г. Обнинск, НПО «Тайфун», 23-25.05.2001 г., Тезисы докладов, с.10.

119. Киреев А.В., Петров Б.Ф., Самсонов А.В. Опыт ГУП АТЦ Минатома по координации создания отраслевой информационно-измерительной системы контроля радиационной обстановки в рамках ЕГАСКРО. Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федерации», г. Обнинск, НПО «Тайфун», 23-25.05.2001 г , Тезисы докладов, с.15.

120. Соболев А.М., Голушко В.В., Кобзарь И.Г., Гаврилов А.С. Система радиационного и экологического мониторинга ГНЦ РФ НИИАР. Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федера-

ции», г. Обнинск, НПО «Тайфун», 23-25.05.2001 г., Тезисы докладов, с.17.

121. Борчик В.П., Наумов Э.Б., Огарь В.П., Акимова И.Г., Русин С.В., Тарасова М.Б., Арутюнян Р.В., Линге И.И., Бакин Р.И., Осипьянц И.А. Система радиационного мониторинга объектов. Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федерации», г.Обнинск, НПО «Тайфун», 23-25.05.2001г., Тезисы докладов, с.19.

122. Киреев А.В., Петров Б.Ф., Самсонов А.В Территориальная сеть автоматизированного контроля радиационной обстановки Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федерации», г Обнинск, НПО «Тайфун», 23-25.05.2001 г.,Тезисы докладов, с.27.

123. Гладков И.А. Опыт создания и функционирования территориальной системы радиационного мониторинга в Челябинской области. Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федерации», г.Обнинск, НПО «Тайфун», 23-25.05.2001 г., Тезисы докладов, с.29.

124 Кузьмин В.В , Римский-Корсаков А.А. Опыт построения территориальных и локальных измерительных систем АСКРО. Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федерации», г Обнинск, НПО «Тайфун», 23-25.05 2001 г , Тезисы докладов, с.41.

125. Иванов А.И., Недачин Ю К., Хвастунов М.М. Комплекс технических средств производства НПЦ «Аспект» для использования в ЕГАСКРО. Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федерации», г.Обнинск, НПО «Тайфун», 23-25 05 2001 г , Тезисы докладов, с.44.

126. Силантьев К.А. Автоматизированные спектрометрические системы контроля радиационной обстановки. Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федерации», г. Обнинск, НПО «Тайфун», 23-25.05.2001 г., Тезисы докладов, с.45.

127. Кобалевский С.А., Огарь К.В., Огарь П.В., Серов А.Н , Акимова И.Г., Тарасова М.Б. Программно-техническое обеспечение системы радиационного мониторинга СКЦ Минатома России. Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федерации», г. Обнинск, НПО «Тайфун», 23-25.05.2001 г , Тезисы докладов, с 50

128. Зорин А В., Книжник А.С., Рыжов Н.В , Тихонов А.А , Ханджян О А , Чебышов С Б Автоматизированная система контроля радиационной обстановки в районе размещения Ростовской АЭС. Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федерации», г. Обнинск, НПО «Тайфун», 23-25.05 2001 г , Тезисы докладов, с 93.

129. Леонов А.Ф., Денисов А.А , Нечаев А.А., Проказова Л.М , Терехов В Н., Чебышов С.Б. Аппаратура для городских АСКРО. Доклад на Всероссийской научно-практической конференции «Состояние и развитие ЕГАСКРО на территории Российской Федерации», г. Обнинск, НПО «Тайфун», 23-25.05.2001 г., Тезисы докладов, с 95.

130. Дмитриев Е., Иванов А , Печкуров А., Шершаков В. ЕГАСКРО: Современное состояние и перспектива развития Бюллетень по атомной энергии №1, 2002 г., с.31-34.

131. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений. Справочник., М.: Энергоатомиздат, 1995, 494 с.

132. Козлов В Ф. Справочник по радиационной безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1999, 515 с.

133. Датчики и детекторы для АЭС «ДДАЭС-2002». Сборник докладов научно-технической конференции. 11-13 сентября 2002 г., г.Пенза (ФГУП «НИИ физических измерений» 2002).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Перечень действующих стандартов МЭК,
подготовленных Техническим комитетом 45 «Ядерное приборостроение»

Номер	Наименование	Год издания		Объем, стр.
		ЦБ МЭК	на русском языке	
50(393) изд.1	Международный электротехнический словарь. Глава 393 «Аппаратура ядерного приборостроения. Физические явления и основные понятия»	1996-10		156
50(394) изд.1	Международный электротехнический словарь. Глава 394 «Аппаратура ядерного приборостроения. Приборы»	1995-10		168
60231	Общие принципы, относящиеся к аппаратуре для ядерных реакторов	1967	1976	37
60231A	Первое дополнение к Публикации 231 (1967 г.)	1969	1978	33
60231B	Второе дополнение к Публикации 231 (1967 г.). Принципы, относящиеся к аппаратуре для энергетических кипящих реакторов с прямым циклом	1972	1982	17
60231C	Третье дополнение к Публикации 231 (1967 г.). Оснащение контрольно-измерительными приборами газоохлаждаемых реакторов с графитовым замедлителем	1974	1981	11
60231D	Четвертое дополнение к Публикации 231 (1967 г.). Аппаратура для реакторов с водой под давлением	1975	1983	17
60231E	Пятое дополнение к Публикации 231 (1967 г.). Принципы создания контрольно-измерительных приборов для высокотемпературных энергетических реакторов с газовым охлаждением при непрямом цикле	1977	1981	15
60231F	Шестое дополнение к Публикации 231 (1967 г.). Энергетические реакторы с прямым циклом на тяжелой воде	1977	1981	19
60231G	Седьмое дополнение к Публикации 231 (1967 г.). Аппаратура для быстрых реакторов, охлаждаемых жидким металлом	1977	1983	23
60248	Размеры чашечек для радиоактивных проб, применяемых в ядерных электронных приборах	1984-11	1985	9
60256	Наружные диаметры цилиндрических блоков детектирования ионизирующих излучений со счетчиком Гейгера-Мюллера, пропорциональными счетчиками или сцинтилляционными детекторами	1967-01	1968	5
60313 изд.1	Коаксиальные кабельные соединители, применяемые в ядерной аппаратуре	1983	1984	5
60325 изд.2	Измерители и измерители-сигнализаторы (мониторы) альфа-, бета- и альфа-бета –загрязненности	1981-01	1984	49
60333 изд.3	Методы испытаний полупроводниковых детекторов заряженных частиц	1993-07	р/п*	76
60405 изд.1	Ядерные приборы. Конструктивные требования для обеспечения индивидуальной защиты от ионизирующих излучений	1972-01		21
60412	Стандартные размеры сцинтилляторов	1973-01	1973	7
60462	Стандартные методы испытаний фотоумножителей для сцинтилляционных счетчиков	1974-01	1983	37
60476	Электроизмерительные приборы с применением радиоактивных источников	1993-07	р/п	
60482	Размеры модулей электронной аппаратуры (для ядерного приборостроения)	1975-01	1978	19
60498	Высоковольтные коаксиальные соединители, применяемые в ядерном приборостроении	1975-01	1978	18
60515 изд.1	Детекторы ионизирующих излучений для аппаратуры контроля, управления и защиты ядерных реакторов. Характеристики и методы испытаний	1975	1978	45
60516	Модульная система приборов для обработки данных. Система CAMAC	1975-01	1979	54
	Поправка к Публикации 516	1984	1984	11

Продолжение

Номер	Наименование	Год издания		Объем, стр.
		ЦБ МЭК	на русском языке	
60527	Характеристики и методы испытаний усилителей постоянного тока	1975-01	1982	67
60532	Стационарные измерители, сигнальные устройства и измерители-сигнализаторы (мониторы) рентгеновского или гамма-излучения с энергией от 50 кэВ до 7 МэВ	1992-09		75
60547	Вставной модуль и стандартный 19-дюймовый каркас для размещения модулей по стандарту NIM (для ядерного приборостроения)	1976-01	1979	23
	Поправка к Публикации 547	1985	1987	3
60552	Система CAMAC. Организация многокрейтовых систем. Требования к магистрали ветви и крейт-контроллеру типа AI	1977-01	1983	77
	Поправка к Публикации 552	1984	1984	5
60557	Терминология МЭК по ядерным реакторам	1982	1983	13
60568 изд.1	Внутриреакторная аппаратура для измерения плотности потока нейтронов в энергетических реакторах	1977	1979	23
60576	Переносное каротажное оборудование. Общие характеристики	1977	1981	37
60579	Радиометры и измерители-сигнализаторы (мониторы) объемной активности аэрозолей	1977-01	1980	55
60582	Размеры флаконов для жидких сцинтилляторов	1977-01	1978	7
60583	Размеры стеклянных или пластмассовых пробирок для измерений радиоактивности	1977-01	1978	7
60583A	Первое дополнение к Публикации 583	1981-01	1982	5
60600	Оборудование для анализа и сортировки радиоактивных руд в контейнерах	1979-01	1980	19
60639	Ядерные реакторы. Использование системы защиты для целей, не связанных с безопасностью	1979	1982	15
60640	Система CAMAC. Последовательная магистраль интерфейсной системы	1979-01	1983	240
	Поправка к Публикации 640	1984	1984	5
60650	Аналоговые измерители скорости счета. Характеристики и методы испытаний	1979-01	1983	77
60671	Периодические испытания и контроль системы защиты ядерных реакторов	1980	1982	33
60677	Передача блоков данных в системах CAMAC	1980-01	1982	39
60678	Определения терминов CAMAC, используемых в Публикациях МЭК	1980-01	1982	33
60692, изд.2	Радиоизотопные плотномеры. Определения и методы испытаний	1999-11		35
60709 изд.1	Требования к разделению внутри системы защиты реактора	1981	1983	15
60710	Аппаратура радиационной безопасности для измерения и непрерывного контроля содержания трития в воздухе	1981-01	1986	63
60713	Подпрограммы для системы CAMAC	1981-01	1984	57
60729	Многоконтроллерный крейт CAMAC	1982-01	1983	63
60737	Измерения температуры в активной зоне или первом контуре ядерных энергетических реакторов. Параметры и методы испытаний	1982	1984	25
60739	Цифровые измерители скорости счета. Характеристики и методы испытаний	1983-01	1988	73
60741	Многоканальные амплитудные анализаторы. Требования к преобразователям временных интервалов в амплитуду	1982-01	1985	19
60744	Логические устройства безопасности ядерных энергетических установок. Характеристики и методы испытаний	1983	1984	25

Продолжение

Номер	Наименование	Год издания		Объем, стр.
		ЦБ МЭК	на русском языке	
60759	Стандартные методы испытаний рентгеновских спектрометров с полупроводниковыми детекторами (ППД) Поправка к МЭК 60759	1983-01 1991	1988	97 4
60761-1 изд 1	Аппаратура для непрерывного контроля радиоактивности в газовых выбросах. Часть 1. Общие требования	1983-01	1986	67
60761-2 изд.1	Аппаратура для непрерывного контроля радиоактивности в газовых выбросах. Часть 2 Специфические требования, предъявляемые к измерителям-сигнализаторам (мониторам) аэрозолей в выбросах	1983-01	1986	35
60761-3 изд 1	Аппаратура для непрерывного контроля радиоактивности в газовых выбросах Часть 3. Специфические требования, предъявляемые к измерителям-сигнализаторам (мониторам) благородных газов в выбросах	1983-01	1986	39
60761-4 изд.1	Аппаратура для непрерывного контроля радиоактивности в газовых выбросах. Часть 4. Специфические требования, предъявляемые к измерителям-сигнализаторам (мониторам) йода в выбросах	1983-01	1986	31
60761-5 изд 1	Аппаратура для непрерывного контроля радиоактивности в газовых выбросах. Часть 5. Специфические требования, предъявляемые к измерителям-сигнализаторам (мониторам) трития в выбросах	1983-01	1984	38
60761-6 изд 1	Аппаратура для непрерывного контроля радиоактивности в газовых выбросах. Часть 6 Специфические требования, предъявляемые к измерителям-сигнализаторам (мониторам) выбросов аэрозолей трансурановых элементов	1991-03	р/п	50
60768	Оборудование для контроля излучения технологических потоков легководных ядерных реакторов в нормальных и аномальных условиях	1983	1987	19
60772	Электрические проходки в структуре контейнмента ядерных энергетических установок	1983	1985	33
60775	Язык BASIC в реальном масштабе времени для аппаратуры CAMAC	1983-01	1985	37
60777	Терминология, величины и единицы в области радиационной безопасности	1983-01	1984	25
60780 изд 2	Атомные электростанции. Электрооборудование системы безопасности АЭС. Квалификация	1998-10	2001	59
60808	Дополнительная аппаратура для измерителей скорости счета Характеристики и методы испытаний	1985-09	1989	103
60830	Методы испытаний многоканальных амплитудных анализаторов в режиме многоканальных счетчиков	1987-12	1987	19
60846 изд.1	Измерители эквивалентной дозы и мощности эквивалентной дозы бета-, рентгеновского и гамма-излучений , используемые для целей радиационной защиты	1989-07	**	77
60860	Сигнальное оборудование для предупреждения критических ситуаций	1987-06	**	37
60861	Аппаратура для непрерывного контроля бета- и гамма-излучающих нуклидов в жидких сбросах	1987-12	р/п	67
60880 изд 1	Программное обеспечение ЭВМ в системах безопасности АЭС	1986	2001	133
60880-2 изд.1	Software for computers important to safety for nuclear power plants – Part 2. Software aspects of defense against common cause failures, use of software tools and of pre-developed software	2000-12		
60910	Аппаратура для наблюдения за контейнментом с целью раннего обнаружения развивающихся отклонений от нормального функционирования в реакторах на легкой воде	1988		11

Продолжение

Номер	Наименование	Год издания		Объем, стр.
		ЦБ МЭК	на русском языке	
60911	Измерения для контроля нормального охлаждения в активной зоне реакторов с легкой водой под давлением	1987	1989	33
60912 изд.2	Передача цифровых сигналов ЭСЛ (эмиттерно-связанной логики) по передним панелям в счетных устройствах	1996-06		17
60935	ФАСТБАС. Модульная быстродействующая система сбора данных	1996-07		215
60937	Размеры крышек криостатов германиевых полупроводниковых детекторов, применяемых в спектрометрах гамма-излучения	1988-04	1989	7
60951-2	Часть 2. Средства измерения радиоактивных инертных газов в газообразных выбросах	1988	**	39
60951-3	Часть 3. Широкодиапазонная аппаратура для контроля мощности дозы гамма-излучения	1989	1990	25
60951-4	Часть 4. Аппаратура радиационного контроля технологических потоков на АЭС с легководными реакторами в аварийных условиях	1991	**	25
60951-5	Часть 5. Радиоактивность воздуха на АЭС с реакторами на легкой воде	1994	р/п	33
60960	Принципы проектирования системы отображения параметров безопасности атомных электростанций	1988	2001	21
60964	Проектирование операторских для АЭС	1989	**	129
60965	Резервные щиты управления для остановки реактора без доступа к блочному щиту управления	1989	1990	17
60973	Методы испытаний германиевых детекторов гамма-излучения	1989-06		79
60980	Рекомендуемая практика проверки сейсмостойкости электрооборудования системы безопасности АЭС	1989	р/п	79
60982	Системы измерения уровня, использующие ионизирующие излучения, с аналоговым или релейным выходом	1989-12		29
60987	Программируемые цифровые ЭВМ, важные для безопасности АЭС	1989	**	47
60988	Акустические системы контроля для обнаружения незакрепленных частей. Характеристики, критерии проектирования и режимы работы	1990	р/п	43
61005 изд.1	Переносные измерители мощности эквивалентной амбиентной дозы нейтронного излучения для целей радиационной безопасности	1990-10	**	55
61017-1	Носимые, переносные или стационарные приборы для измерения рентгеновского или гамма-излучения для контроля окружающей среды. Часть1. Приборы для измерения мощности кермы в воздухе	1991-04	р/п	57
61017-2	Часть 2. Интегрирующие приборы	1994-01		55
61018	Широкодиапазонный носимый прибор для измерения мощности дозы и дозы бета- и гамма-излучений для целей радиационной защиты в аварийных условиях	1991-09		39
61031	Критерии конструирования, выбора мест установки и эксплуатации стационарной аппаратуры контроля мощности дозы гамма-излучения на АЭС при нормальном функционировании и во время предвидимых отказов	1990	2001	21
61052	Спецификация стандартных процедур для магистрали ФАСТБАС	1991-03		111
61066 изд.1	Термолюминесцентные дозиметрические системы для индивидуального контроля и контроля окружающей среды	1991-12	р/п	107
61098 изд.1	Стационарные установки контроля загрязнения персонала альфа- и бета-излучателями	1992-03		71
61134 изд.1	Бортовая аппаратура для измерения земного гамма-излучения	1992-06	р/п	29

Продолжение

Номер	Наименование	Год издания		Объем, стр.
		ЦБ МЭК	на русском языке	
61137	Стационарные установки для контроля поверхностного загрязнения персонала Низкоэнергетичные рентгеновские и гамма-излучатели	1992-08		57
61145	Калибровка и использование систем с ионизационной камерой для измерения активности радионуклидов	1992-05	**	21
61151	Усилители и предусилители, применяемые с полупроводниковыми детекторами ионизирующих излучений Методы испытаний	1992-09	р/п	153
61171	Оборудование для контроля радиоактивности йода в окружающей среде	1992-09	р/п	59
61172	Оборудование для контроля аэрозолей в окружающей среде	1992-09	р/п	83
61224	Ядерные реакторы Измерение постоянной времени температурных датчиков при эксплуатации	1993	р/п	15
61225	Атомные электростанции. Аппаратура и системы управления, важные для безопасности Требования к источникам электропитания	1993		43
61226 изд.1	Атомные электростанции Аппаратура и системы управления, важные для безопасности. Классификация	1993	р/п	41
61227	Атомные электростанции. Операторские. Органы управления оператора	1993	р/п	29
61239	Переносные поисковые радиометры и спектрометры гамма-излучения Определения, требования и градуировка	1993-07		21
61250	Ядерные реакторы Аппаратура и системы контроля, важные для безопасности. Обнаружение протечек в системах охлаждения	1994	р/п	29
61256	Аппаратура радиационной безопасности Стационарная аппаратура для обнаружения радиоактивности в прачечных	1996-10		57
61263	Аппаратура радиационной безопасности. Носимый прибор для экспрессных измерений скрытой энергии альфа-излучения в рудниках	1994-06		53
61275	Аппаратура радиационной безопасности. Измерения поверхностной загрязненности окружающей среды дискретными радионуклидами. Гамма-спектрометрическая система с германиевым детектором	1997-09		55
61276	Ядерное приборостроение Руководство по выбору метрологически обоснованных параметров спектрометров ядерного излучения	1994-08		25
61283	Аппаратура радиационной безопасности Прямопоказывающие индивидуальные дозиметры/измерители мощности дозы рентгеновского, гамма- и высокоэнергетического бета-излучений	1995-03		65
61301	Ядерное приборостроение Цифровая шина для приборов системы NIM	1994-08		25
61304	Ядерное приборостроение. Счетные системы с жидкими сцинтилля-торами Проверка характеристик	1994-05		43
61306	Ядерное приборостроение. Приборы на основе микропроцессоров для измерения ядерного излучения	1994-08		69
61311	Аппаратура радиационной безопасности Оборудование для непрерывного контроля бета- и гамма-излучающих радионуклидов в жидких сбросах или поверхностных пресных водах	1995-10		37
61322	Аппаратура радиационной безопасности. Стационарные измерители, измерители-сигнализаторы (мониторы), предупредительные устройства для регистрации эквивалентной дозы и мощности эквивалентной дозы нейтронного излучения с энергией частиц от тепловых до 15 МэВ	1994-12		79

Продолжение

Номер	Наименование	Год издания		Объем, стр.
		ЦБ МЭК	на русском языке	
61323	Аппаратура радиационной безопасности. Нейтронное излучение Прямопоказывающие индивидуальные дозиметры и/или измерители мощности эквивалентной дозы	1995-01	р/п	67
61335	Ядерное приборостроение. Скважинные приборы для рентгенофлуоре-сцентного анализа	1997-04		19
61336	Ядерное приборостроение. Системы для измерения толщины, использу-ющие ионизирующие излучения. Определения и методы испытаний	1996-11		79
61342	Ядерное приборостроение. Многоканальные амплитудные анализаторы. Основные характеристики, технические требования и методы испытаний	1995-03		105
61343	Реакторная аппаратура. Кипящие реакторы на легкой воде. Измерения в баке реактора для контроля достаточности охлаждения активной зоны	1996		50
61428	Ядерное приборостроение. Сосуды для гамма-спектрометрии с германиевыми детекторами	1998-05		23
61435	Ядерное приборостроение. Особо чистые германиевые кристаллы для детекторов ионизирующих излучений	1996-12		56
61452	Ядерное приборостроение. Измерения эмиссии гамма-квантов. Калибровка и использование германиевых спектрометров	1995-09		187
61453	Ядерное приборостроение. Калибровка и использование измерительных систем с натриевыми детекторами, активированными таллием, для анализа радионуклидов	1997-03		31
61455	Ядерное приборостроение. Формат передачи данных многоканального анализатора	1995-02		31
61468	Nuclear power plants - In-core instrumentation – Characteristics and test methods of self-powered neutron detectors	2000-03		57
61497	Атомные электростанции. Электрические блокировки, важные для безопасности. Рекомендации по конструированию и исполнению	1998-10		37
61500	Атомные электростанции. Системы, важные для безопасности. Функциональные требования к мультиплексорным системам для передачи данных	1996		41
61501	Реакторная аппаратура. Широкодиапазонный измеритель нейтронного потока. Метод определения по среднеквадратичному напряжению	1998-11		79
61502	Nuclear power plants – Pressurized water reactors – Vibration monitoring of internal structures	1999-11		83
61504	Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Plant-wide radiation monitoring	2000-05	2001	
61505	Реакторная аппаратура. Кипящие водные реакторы (PWR). Контроль стабильности	1998-11		83
61510	Ядерные реакторы типа РБМК. Предложения по усовершенствованию аппаратуры и контроля	1996		139
61513 изд.1	Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – General requirements for systems	2001-		
61525 изд.1	Аппаратура радиационной безопасности. Прямопоказывающие индивидуальные дозиметры эквивалентной дозы и мощности эквивалентной дозы рентгеновского, гамма-, жесткого бета- и нейтронного излучений	1996-09		71
61526 изд.1	Аппаратура радиационной безопасности. Аппаратура радиационной безопасности. Прямопоказывающие дозиметры и измерители мощности дозы Hp(10) и Hp(0,07) рентгеновского, гамма и бета-излучений	1998-04		67

Окончание

Номер	Наименование	Год издания		Объем, стр.
		ЦБ МЭК	на русском языке	
61559	Аппаратура радиационной безопасности. Централизованная система для непрерывного контроля излучения и (или) уровней радиоактивности на ядерных установках	1996-11		53
61560	Аппаратура радиационной безопасности. Аппаратура для неразрушающего радиационного контроля пушнины и других материалов для одежды	1998-02		41
61562	Radiation protection instrumentation – Portable equipment for measuring specific activity of beta emitting radionuclides in food-stuffs	2001-05		45
61563	Radiation protection instrumentation – Portable equipment for measuring specific activity of gamma emitting radionuclides in foodstuffs	2001-06		45
61577-1	Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments - Part 1. -General requirements	2000-08		131
61577-2	Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments - Part 2. -Specific requirements for radon measuring instruments	2000-10		
61578	Аппаратура радиационной безопасности. Проверка эффективности компенсации радона при измерении альфа- и/или бета- долгоживущих аэрозолей	1997-08		63
61584	Radiation protection instrumentation – Installed, portable or transportable assemblies – Measurement of air kerma and air kerma rate	2001-06		61
61771	Атомные электростанции. Пульт управления Проверка и утверждение проекта	1995-12		87
61772	Атомные электростанции Щиты управления Применение видео-контрольных дисплеев	1995-08		51
61839	Nuclear power plants – Design of control rooms –Functional analysis and assignment	2000-07		39
61874	Ядерное приборостроение Геофизическая скважинная аппаратура для определения плотности породы	1998-10		27
61940	Технический отчет 3-го типа «Обзор применения МЭК 880»	1998-06		
61976	Nuclear instrumentation – Spectrometry – Charaterization of the spectrum background in HPGe gamma-ray spectrometry	2000-12		17
62088 изд.1	Nuclear instrumentation – Photodiodes for scintillation detectors – Test procedures	2001-06		35
62089 изд 1	Nuclear instrumentation – Calibration and usage of alpha/beta gas proportional counters	2001-06		67
62117 изд 1	Реакторная аппаратура Реакторы с водой под давлением Контроль нормального охлаждения в активной зоне во время холодного останова	1999-12		51
62118 изд 1	Nuclear reactor instrumentation – Pressurized water reactor (PWR) of VVER design – Monitoring adequate cooling within the core during shutdown	2000-11		55

* р/п - рукописный перевод

** Передано на издание в типографию, но не издано (еще в СССР)

ПОДГОТАВЛИВАЕМЫЕ СТАНДАРТЫ
ТК 45 МЭК. ПОДКОМИТЕТ 45А «РЕАКТОРНАЯ АППАРАТУРА»

1	IEC 61226, изд2	Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Classification of I&C functions	45A/434/CD	22.03.02
2	IEC 61468-2, Ed.1	IEC 61468-2, Ed.1: Nuclear power plants – In-core instrumentation – Complement on characteristics and test methods of self-powered neutron detectors	45A/415/NP	23 03 2001
3	МЭК 61838 ТО, изд 1:	Nuclear power plants – Use of probabilistic safety assessment for the classification of instrumenta-tion and control functions	Подготовка FDIS	
4	МЭК 61888, изд.1	Nuclear power plants – Instrumentation important to safety– Determination and maintenance of trip setpoints	Подготовка отчета о голосовании и сводки отзывов по 45A/416/CDV	
5	МЭК 61971, изд 1	Nuclear power plants – Measurement validation for critical safety functions for PWRs	Подготовка CD	
6	МЭК 62082 TR , изд 1	Nuclear power plants – Instrumentation and control – Framework for developing standards on computer based systems and software aspects	Подготовка CDV	
7	МЭК 62096, TR3, изд 1	Nuclear power plants – Instrumentation and control – Guidance for the decision on modernization	Подготовка сводки отзывов по 45A/429/CDV	
8	МЭК 62138, Изд.1	Nuclear power plants – Instrumentation and control – Computer based systems - Software aspects of I&C systems important to safety of class 2 and 3	45A/414/CC по документу 45A/384/CD	
9	МЭК 62235 TR, изд 1	Technical Report - Instrument and Control Systems (I&C) of interim storage and final repository of nuclear fuel and waste	45A/404/RVN	
10		Alarm system of the main control room of nuclear power plant – Supplement to the IEC 60964	45A/408/RVN	
11		Nuclear power plants – Main control room design – A reviewof application of IEC 60964	Подготовка отче-та о голосовании по 45A/401/NP	

ПОДГОТАВЛИВАЕМЫЕ СТАНДАРТЫ
ТК 45 МЭК. Подкомитет 45В
«Аппаратура радиационной безопасности»

1	МЭК 60325, изд.3	Alpha, beta and alpha-beta contamination meters and monitors (Revision of IEC 60325 (1981)	Подготовка сводки отзывов по 45B/285/CDV	
2	МЭК 60710, изд.2	Radiation protection equipment for measuring and monitoring of airborne tritium for workplace installed, portable and transportable (Revision of IEC 60710 (1981)	Подготовка сводки отзывов по 45B/299/CD	
3	МЭК 60761-1, изд.2	Equipment for continuously monitoring radioactivity in gaseous effluents – Part 1: General requirements (Revision of IEC 60761-1 (1983)	Подготовка отчета о голосовании и сводки отзывов по 45B/373/FDIS	
4	МЭК 60761-2, изд 2	Equipment for continuously monitoring radioactivity in gaseous effluents – Part 2: Specific requirements for aerosols monitors including transuranic aerosols (Revision of IEC 60761-2 (1983) and IEC 761-6 (1991)	Подготовка отчета о голосовании и сводки отзывов по 45B/374/FDIS	
5	МЭК 60761-3, изд 2	Equipment for continuously monitoring radioactivity in gaseous effluents - Part 3: Specific requirements for radioactive noble gas monitors (Revision of IEC 60761-3 (1983)	Подготовка отчета о голосовании и сводки отзывов по 45B/375/FDIS	
6	МЭК 60761-4, изд.2	Equipment for continuously monitoring radioactivity in gaseous effluents - Part 4: Specific requirements for iodine monitors (Revision of IEC 60761-4 (1983)	Подготовка отчета о голосовании и сводки отзывов по 45B/376/FDIS	
7	МЭК 60761-5, изд 2	Equipment for continuously monitoring radioactivity in gaseous effluents - Part 5: Specific requirements for tritium effluent monitors (Revision of IEC 60761-5 (1983)	Подготовка отчета о голосовании и сводки отзывов по 45B/377/FDIS	
8	МЭК 60846, изд.2	Radiation protection instrumentation - Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation protection (Revision of IEC 60846 (1989)	Подготовка отчета о голосовании и сводки отзывов по 45B/263/CDV	
9	МЭК 61005, изд.2	Radiation protection instrumentation - Neutron ambient dose equivalent (rate) meters (Revision of IEC 61005 (1990)	Подготовка сводки отзывов	
10	МЭК 61098, изд.2	Installed personnel surface contamination monitoring assemblies	45B/340/CDV	15.03 02
11	IEC 61134 Ed.2	Radiation protection instrumentation – Airborne instrumentation for measurement of terrestrial gamma radiation	Подготовка сводки отзывов по 45B/296/CD	
12	МЭК 61524, изд.1	Radiation protection instrumentation – Equipment for noble gas monitoring in the environment	Подготовка сводки отзывов по 45B/172/CD	
13	IEC 61526 Ed.2	Radiation protection instrumentation – Measurement of personal dose equivalents Hp(10) and Hp(0,07) for X. Gamma, neutron and beta radiations – Direct reading personal dose equivalent meters and monitors and personal warning devices	45B/341/CD	22 02.02
14	МЭК 61577-3, изд.1	Radon and radon decay product measuring instruments - Part 3: Specific requirements for radon decay product measuring instruments	Подготовка к изданию	
15	МЭК 61581, изд.1	Radiation protection instrumentation – Equipment for monitoring of aerosol bound actinides in working areas	Подготовка CDV	

16	МЭК 61582-1, изд.1	Radiation protection instrumentation – Part 1: Equipment for in vivo monitoring – General requirements and installed systems	45B/270/CD	
17	МЭК 61898, изд.1	Draft amendment to IEC 61559 (1996): Radiation in nuclear facilities – Centralized systems for continuous monitoring of radiation and/or levels of radioactivity – First supplement: Requirements for discharge, environmental, accident, or post accident monitoring functions	Подготовка сводки отзывов по 45B/282/CDV	
18	МЭК 62022, изд.1	Installed monitors for the control and detection of radioactivity of γ-emitters contained in materials or waste	Подготовка CD	
19	IEC 62244/Ed.1	Radiation Monitors for the Detection of Radioactive and Nuclear Materials at National Borders	45B/291/RVN	
20		Radiation protection instrumentation – Radiation monitors for the detection of illicit movement of radioactive sources and nuclear materials across national borders – Spectrometers	45B/343/NP	01.03.02
21		Noble gas monitors	Подготовка сводки отзывов по 45B/326/NP	
22		Equipment for monitoring airborne tritium	Подготовка сводки отзывов по 45B/327/NP	

Полиграфучасток ГП «ВНИИФТРИ»
Зак. № 289 Тир 500

gost.e-ecolog.ru