

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В СИСТЕМЕ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ОАО «ГНЦ НИИАР»**

А.П. Малков, В.А. Гремячкин, А.К. Горобец, А.Л. Ворохобов, А.Н.Жданов,  
Ю.И. Лещенко, А.И.Теллин, В.М.Чистяков

ОАО "ГНЦ НИИАР", Димитровград

### **ВВЕДЕНИЕ**

Контроль наличия и определения характеристик ядерных материалов (ЯМ) невозможен без применения калиброванной измерительной аппаратуры, соответствующих методик измерения, процедур измерения, специальных технических средств (коллиматоров, блоков защиты от фонового излучения, ступеней для размещения измеряемых изделий и т.д.). В целях решения задач контроля и учета ЯМ в ОАО «ГНЦ НИИАР» применяют следующие технические средства: весовое оборудование для измерения массы ЯМ; приборы для неразрушающего анализа ЯМ; оборудование для разрушающего анализа ЯМ; радиационные мониторы; системы видеонаблюдения за действиями с ЯМ; устройства индикации вмешательства (УИВ); компьютерное оборудование для обработки и хранения информации и оформления документации. Для калибровки аппаратуры изготовлены и сертифицированы стандартные образцы массы, изотопного состава, обогащения ЯМ, а также эталоны массы.

С целью повышения точности и достоверности результатов измерений проводят исследовательские работы по влиянию различных факторов на точность измерений (состав материала и толщина стенки контейнера, расстояние от источника измерений до детектора, геометрия измерений, наличие примесей в ЯМ, наличие фонового излучения и т.д.). На основании результатов статистически значимых серий измерений характеристик сертифицированных стандартных образцов проводят аттестацию средств измерений. Выполняют работы по подготовке и аттестации методик измерений, программ измерений, программ качества измерений.

В докладе приводится информация об организации работ по применению технических средств в системе учета и контроля ЯМ в НИИАР и некоторые примеры использования этих средств.

### **1. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УиК ЯМ**

Характеристики используемого оборудования: вид, тип, марка оборудования и объем (количество) элементов зависит от специфики используемых ядерных материалов и их обращения в каждом из подразделений института.

Весовое оборудование (весы, весовые станции, динамометры, компараторы) применяют для учетных и подтверждающих измерений массы ЯМ в процессе технологических операций, изготовления твэлов и ТВС, а также при проведении физических инвентаризаций. Неразрушающие измерения с использованием гамма-спектрометров и счетчиков нейтронных совпадений применяют для подтверждающих измерений обогащения урана, определения изотопного состава и массы ЯМ в изделиях при проведениях физических инвентаризаций и при изготовлении стандартных образцов. Разрушающие измерения с использованием масс-спектрометров, кулонометров, аппаратуры для химического анализа применяют для определения состава материала, учетных и подтверждающих измерений.

Портальные (железнодорожные и автомобильные), пешеходные стационарные и переносные радиационные мониторы используют для контроля проноса ЯМ с площадки и зданий. Системы видеонаблюдения и УИВ применяют в качестве средств контроля доступа, а также для контроля действий персонала при работе с ЯМ. Подводные системы видеонаблюдения применяют для проверки номеров учетных единиц при проведении физических инвентаризаций изделий с облученным топливом в бассейнах выдержки. Для повышения оперативности и точности ведения и оформления учетной документации разрабатывают программное обеспечение для баз данных ЯМ и автоматизированных рабочих мест персонала, выполняющего работы по учету ЯМ.

На рис. 1 приведена укрупненная структура применяемых технических систем УиК ЯМ.

Использование технических средств СУиК ядерных материалов в НИИАР осуществляется:

- на институтском уровне;
- в подразделениях института;
- в лабораториях, на опытных и экспериментальных установках.

Организация системы УиК ЯМ в институте, а также контроль использования ЯМ и соблюдения требований нормативных документов действующих в институте при обращении ЯМ в подразделения института осуществляется отделом хранения транспортировки, учета и контроля (ОХТУК), который подчинен заместителю главного инженера института по ядерной и радиационной безопасности.

Организация системы УиК ЯМ в подразделениях института, а также обеспечение сохранности и соблюдения требований нормативных документов действующих в подразделениях при обращении ЯМ в лабораториях, опытных и экспериментальных установках подразделений выполняется группами учета и хранения ЯМ подразделения. Методическое руководство деятельностью групп учета и хранения ЯМ осуществляет ОХТУК.

На рис. 2 приведена укрупненная структура взаимодействия подразделений, деятельность которых связана с обеспечением эксплуатации и обслуживанием технических средств элементов СУиК ЯМ.

Разнообразные технические средства, используемые в системе учета и контроля ядерных материалов, их сложность и интеграция с технологическим процессом и методами измерений и обработки данных требуют для поддержания их в работоспособном состоянии привлечения высококвалифицированного персонала различных специальностей непосредственно в ЗБМ. С другой стороны, использование одних и тех же элементов СУиК ЯМ в различных подразделениях института приводит к необходимости унификации технических средств УиК ЯМ. Поэтому, в институте принят подход назначения ведущих подразделений, курирующих применение технических средств и их обслуживание по каждому направлению.

ОХТУК является головным подразделением по разработке нормативной базы, внедрению технических средств УиК, применению средств индикации вмешательства (УИВ), разработке идеологии применения штриховых кодов. Одной из основных задач в деятельности ОХТУК является обеспечение эффективного, надежного и долговременного функционирования системы учета и контроля ЯМ, а следовательно и управление основными элементами поддержания работоспособности средств УиК ЯМ. Для ее выполнения ОХТУК привлекает головные подразделения по направлениям технических средств СУиК.

Лаборатория технических средств СУиК, входящая в состав отдела ядерной безопасности (ОЯБ) определена головным подразделением по применению в СУиК ЯМ:

- методов и средств неразрушающего анализа ЯМ;
- методов и средств радиационного контроля за ЯМ;
- изготовлению стандартных образцов ЯМ и источников излучения.

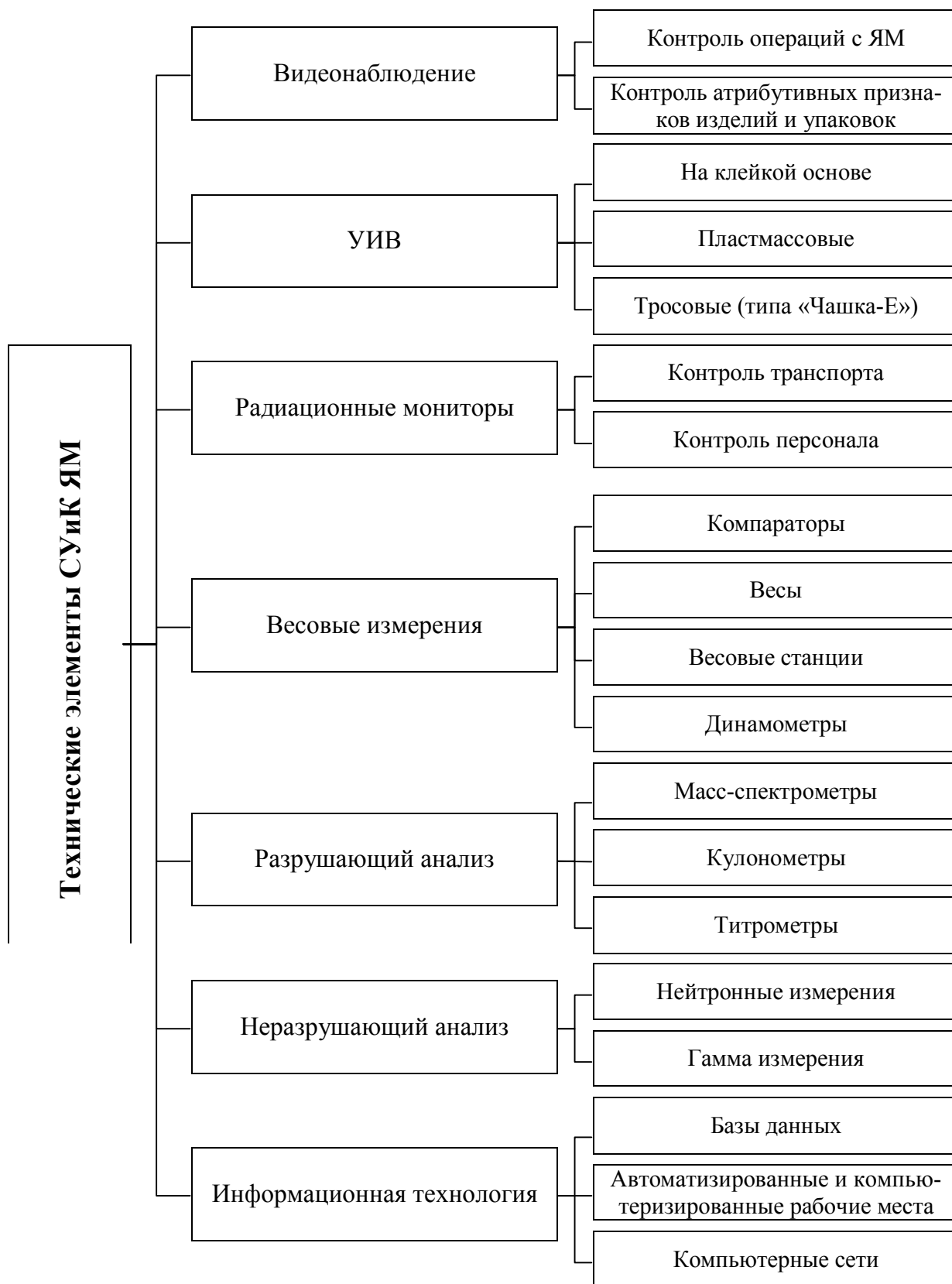


Рис. 1. Укрупненная структура систем СУиК ЯМ

Радиохимическое объединение (РХО) ответственно за разработку методов и методик контроля ЯМ разрушающими методами, создание стандартных образцов для разрушающих измерений.

Химико-технологическое отделение (ХТО) определено головным подразделением по применению в СУиК ЯМ:

- методов и средств разрушающего (физико-химического) анализа ЯМ;
- весовых измерений ЯМ;
- изготовлению рабочих стандартов масс.

Разработка информационных систем СУиК, обслуживание и ремонт технических средств информационных систем (персональные компьютеры, сетевое оборудование, штрихкодированное оборудование), а также поддержка системного и прикладного программного обеспечения выполняется отделом информационных систем (ОИС) института.

Системы видеонаблюдения поддерживают в работоспособном состоянии соответствующие технологические службы подразделений.

Метрологическая служба института (ОМИТ) проводит проверку и государственную поверку приборов, их ремонт, аттестацию методик выполнения измерений.

На базе учебно-тренировочного центра (УТЦ) НИИАР организуется обучение специалистов института по вопросам СУиК.

В настоящее время в институте проводятся работы по разработке процедур и инструкций по обращению с оборудованием СУиК в каждой ЗБМ. В этих документах определяются вопросы использования, технического обслуживания и ремонта оборудования по каждому направлению (НРА, разрушающий анализ, весовые измерения и т.д.), а также вопросы взаимодействия между специалистами ЗБМ и специалистами головных подразделений по направлениям деятельности.

## **2. ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В СИСТЕМЕ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯМ В НИИАР**

### **2.1. Весовые измерения**

Весовые измерения являются наиболее простым, точным и быстрым видом измерений в системе учета и контроля ЯМ. Весами и весоизмерительными комплексами оснащены все зоны баланса института. Весовые измерения используют при выполнении учетных, проверочных (арбитражных) и подтверждающих измерений при:

- переработке на производственных участках значительных количеств «привлекательных» ЯМ в балк-форме с постоянным выполнением учетных измерений массы ЯМ;
- сопровождающих производственные процессы разрушающих аналитических измерений, для которых необходимы высокоточные измерения массы;
- проведении физической инвентаризации. При этом атрибутивный признак инвентарной единицы – «масса брутто» является одной из ее индивидуальных характеристик, доступных для достаточно точных оперативных подтверждающих измерений, а в совокупности с современными устройствами индикации вмешательства, подтверждающие измерения массы брутто позволяют с высокой степенью вероятности регистрировать попытки несанкционированного доступа к ЯМ.

При выборе типа весов учитываются требования к точности измерения массы ЯМ, изложенные в нормативных документах по системе учета и контроля ЯМ и условия проведения измерений в ключевых точках. Часть весов размещается в защитных камерах и боксах.

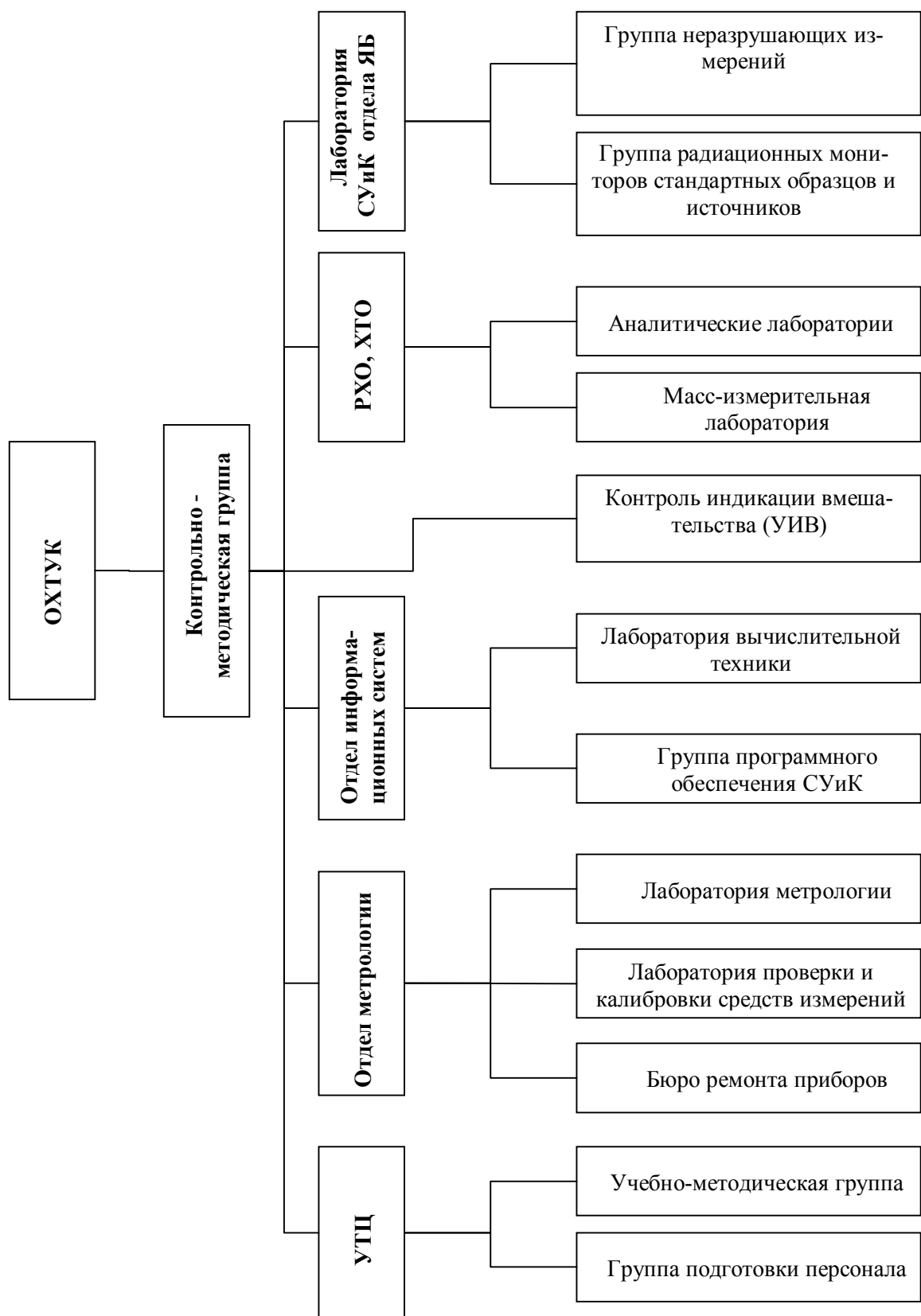


Рис. 2. Структурная схема подразделений НИИАР, обеспечивающих эксплуатацию и обслуживание технических средств СУиК

Это накладывает дополнительные требования к весам, используемым для взвешивания ЯМ в таких условиях:

- обязательное наличие пульта дистанционного наблюдения и управления,
- обязательное наличие механизма внутренней калибровки,
- повышенную жесткость и хорошую устойчивость весовой платформы,
- в ряде случаев повышенную устойчивость к агрессивной среде.

В значительной мере этим требованиям соответствуют весы фирмы Mettler-Toledo, которые и составляют основной объем используемых измерительных систем в институте.

Применяемые весовые системы можно условно разделить на три категории:

- промышленные весы, предназначенные для выполнения процедур системы учета и контроля ЯМ при взвешивании содержащих ЯМ изделий и значительных количеств ЯМ в балк-форме, в том числе и в контейнерах;
- аналитические весы, используемые при взвешивании малых количеств ЯМ, например при отборе проб, или при выполнении разрушающих измерений в аналитической лаборатории, или при изготовлении стандартных образцов;
- компараторы массы, предназначенные для выполнения процедур поверки эталонов массы в системе контроля качества измерений массы ЯМ, в том числе и при аттестации вновь изготовленных рабочих эталонов массы.

Для всех установленных весовых систем выполнена проверка их работоспособности, входная метрологическая поверка, поверка после инсталляции на рабочих местах и выписаны свидетельства о поверке установленного образца.

Для обеспечения требуемого качества измерений выполняются следующие организационные процедуры:

- обязательная первичная аттестация или поверка до ввода в эксплуатацию, а затем периодическая поверка с установленным межповерочным интервалом всех элементов измерительной системы;
- периодическая калибровка весов (под калибровкой в данном случае понимается выставление шкалы весов по эталону);
- обязательное проведение во время измерений контрольных взвешиваний рабочих эталонов массы;
- обучение персонала технологии взвешивания в соответствии с регламентирующими документами;
- допуск к работам по взвешиванию, техническому обслуживанию и поверке только персонала, прошедшего специальное обучение;
- соблюдение при взвешивании и выполнении работ по техническому обслуживанию и поверке предписаний регламентирующих документов (инструкций и правил эксплуатации);
- четкое документирование результатов всех измерений, в том числе и контрольных;
- периодический анализ результатов контрольных взвешиваний.

Для контроля качества измерений массы ЯМ в химико-технологическом отделении создана лаборатория метрологии массы, которая оснащена необходимым оборудованием и эталонами. В составе лаборатории имеется специализированный участок, оснащенный необходимым оборудованием для выполнения работ по техническому обслуживанию, программированию, ремонту, поверке и калибровке весов. На нем размещено несколько рабочих мест для работы с весами, имеются постаменты для размещения весов при их поверке и настройке и сейф для хранения первичных эталонов массы.

## **2.2. Средства неразрушающего анализа ЯМ**

Аппаратура для измерений методами неразрушающего анализа применяется для подтверждения характеристик ЯМ в процедурах их физической инвентаризации и передач. В задачи неразрушающих измерений входят:

- идентификация наличия и типа ЯМ в инвентарных единицах для обнаружения грубых аномалий (полное отсутствие ЯМ или его подмена ЯМ другого типа),
- измерение характеристик ЯМ (изотопного состава плутония, обогащения урана) в инвентарных единицах для подтверждения их соответствия декларируемым учетным данным,
- измерение массы делящихся материалов для подтверждения данных о их количестве.

К настоящему времени аппаратурой для неразрушающих измерений оснащены большинство ключевых точек измерений в выделенных зонах баланса ЯМ. Перечень имеющегося оборудования, включающего гамма-спектрометры различного типа с соответствующим прикладным программным обеспечением и счетчики нейтронных совпадений, приведен в табл. 1

Таблица 1.

Аппаратурное обеспечение неразрушающих измерений ЯМ

Измерительная система	Кол-во	Прикладное ПО	Назначение
Гамма-спектрометры высокого разрешения с Ge-детекторами планарного типа ("Canberra")	4	MGA MGAU IMCA	Измерение изотопного состава Pu Измерение изотопного состава U Измерение обогащения U
Гамма-спектрометры высокого разрешения с Ge-детекторами коаксиального типа ("Canberra", "Ortec")	3	FRAM	Измерение изотопного состава Pu/U
Гамма-спектрометры низкого разрешения с NaI-детекторами Inspector ("Canberra"), МЗСА ("Aquila") Колибри ("Грин-Стар"),	3	IMCA ENRICH	Измерение обогащения U
Гамма-спектрометры низкого разрешения Scout ("Quantrad Sensor")	2	Pu/UMaster	Идентификация типа ЯМ
Счетчик нейтронных совпадений AWCC ("Canberra")	1	NCC	Измерение массы <sup>235</sup> U
Счетчик множественных нейтронных совпадений ("НИИАР-ЛАНТ")	1	INCC	Измерение массы Pu

Основными методами, применяемыми для подтверждающих измерений в процедурах УиК ЯМ, наряду с измерением веса-брутто единиц, являются методы измерения изотопного состава урана и плутония с использованием гамма-спектрометров высокого разрешения. Основной объем измерений выполняется с использованием спектрометров, программное обеспечение которых включает программные коды MGA и MGAU, требующие по сравнению с кодом FRAM существенно меньших затрат времени для достижения необходимой статистики счета. Измерения кодом FRAM главным образом используются для подтверждения данных об изотопном составе плутония, который содержится в хранилище ЯМ в толстостенных защитных транспортных контейнерах, а также данных об изотопном составе урана или плутония в оборотных материалах на опытной установке по производству топлива, которые могут иметь неоднородный состав. Методы изотопных измерений хорошо работают в применении к большинству видов единиц ЯМ. Исключение составляют изделия, содержащие рефабрикованный уран, а также слабооблученные ТВС и твэлы. Измерения таких единиц выполняются классическим методом определения обогащения урана по гамма-пику <sup>235</sup>U с

энергией 185.7кэВ с использованием гамма-спектрометров высокого разрешения с программным кодом ИМСА.

Для неразрушающих количественных измерений ЯМ используют счетчик множественных нейтронных совпадений, изготовленный в рамках совместной работы НИИАР и ЛАНЛ. Счетчик был разработан специально для измерений массы плутония в контейнерных упаковках на установке по производству МОКС-топлива, так как применение для этих целей счетчика двойных совпадений с использованием методов "калибровочной кривой" и "известной альфа" затруднено из-за наличия в топливе значительных количеств неконтролируемых примесей легких элементов, влияющих на выход нейтронов ( $\alpha, n$ )-реакции. Сфера применения активного счетчика совпадений АУСС ограничена задачами измерения массы  $^{235}\text{U}$  в однотипных контейнерных упаковках с оксидами высокообогащенного урана. Основной проблемой в практической реализации активного метода является обеспечение представительными наборами стандартных образцов для калибровки. На установках НИИАР, где имеется разнообразие единиц с различными характеристиками химического и изотопного состава урана и типов используемых контейнерных упаковок, решение этой задачи требует больших затрат. Альтернативой измерениям активным методом является измерение массы урана с использованием пассивного счетчика множественных нейтронных совпадений. Измерения методом пассивного счета совпадений обеспечивают удовлетворительную точность определения массы урана низкого и среднего обогащений в диапазоне масс выше 1 кг. Благодаря слабой зависимости результатов измерений от химического состава, плотности ЯМ, формы и размеров контейнера, применение метода позволяет свести к минимуму потребность в стандартных образцах.

Обязательными условиями для легитимного применения измерений в процедурах УиК ЯМ являются наличие утвержденных метрологически аттестованных методик выполнения измерений (МВИ), соответствующих стандартных образцов (СО) ЯМ и руководящих рабочих документов в поддержку эксплуатации измерительной аппаратуры и контроля качества измерений. До настоящего времени эта задача в полной мере решена только для измерений обогащения урана (массовой доли  $^{235}\text{U}$  в уране) с использованием гамма-спектрометров высокого разрешения с программным кодом МГАУ. Методика аттестована на уровне предприятия в применении к измерениям обогащения металлического урана и оксидов урана в контейнерных упаковках, а также обогащения урана в ТВС реакторных установок, включая измерения ТВС в транспортных контейнерах.

### **2.3. Аппаратура и методы разрушающего анализа ЯМ**

Разрушающие методы анализа ЯМ, находящихся в твердой и жидкой фазах разных технологических продуктов, применяются в аналитических подразделениях РХО и ХТО для сопровождения технологических процессов и научных исследований. Для этих целей применяют следующие физико-химические методы:

- ядерная спектрометрия ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - измерения подготовленных источников),
- масс-спектрометрия (для количественных измерений применяется метод изотопного разбавления),
- спектрофотометрия,
- кулонометрия,
- рентгено-флуоресцентный метод анализа,
- эмиссионная спектрография,
- титриметрические методы, включая метод Дэвиса-Грея.

Аппаратурное оснащение указанных методов, существующее в настоящее время в подразделениях института, позволяет определять массовые и долевые характеристики ЯМ с суммарной погрешностью в диапазоне массовых долей 0,05 – 30 % в зависимости от применяемого метода. Так спектрографическому методу определения малых количеств



ЯМ в разных продуктах соответствует погрешность 30 %, а прецизионная методика определения массовой доли плутония методом автоматического кулонометрического титрования позволяет определять содержание плутония с погрешностью < 0,05 %. Следует отметить, что данная методика была применена при аттестации первого в России Государственного стандартного образца (ГСО) оксида плутония на содержание в нем массовой доли плутония. ГСО зарегистрирован и внесен в Госреестр.

Все методики выполнения измерений (МВИ) ЯМ метрологически аттестованы на уровне СТО, или соответствуют отраслевым стандартам.

#### 2.4. Радиационные мониторы

В системе контроля ЯМ при транспортировке в институте функционирует система стационарных и переносных радиационных мониторов. Стационарными (портальными) мониторами оснащены в настоящее время автомобильные контрольно-пропускные пункты (КПП) площадки НИИАР и железнодорожный въезд. Портальные радиационные мониторы (ПРМ) объединены с помощью специальных линий связи и сервера в систему ПРМ (см. рис.3). С декабря 1997 г ПРМ включены в информационную систему, калиброваны, и находятся в эксплуатации по настоящее время.

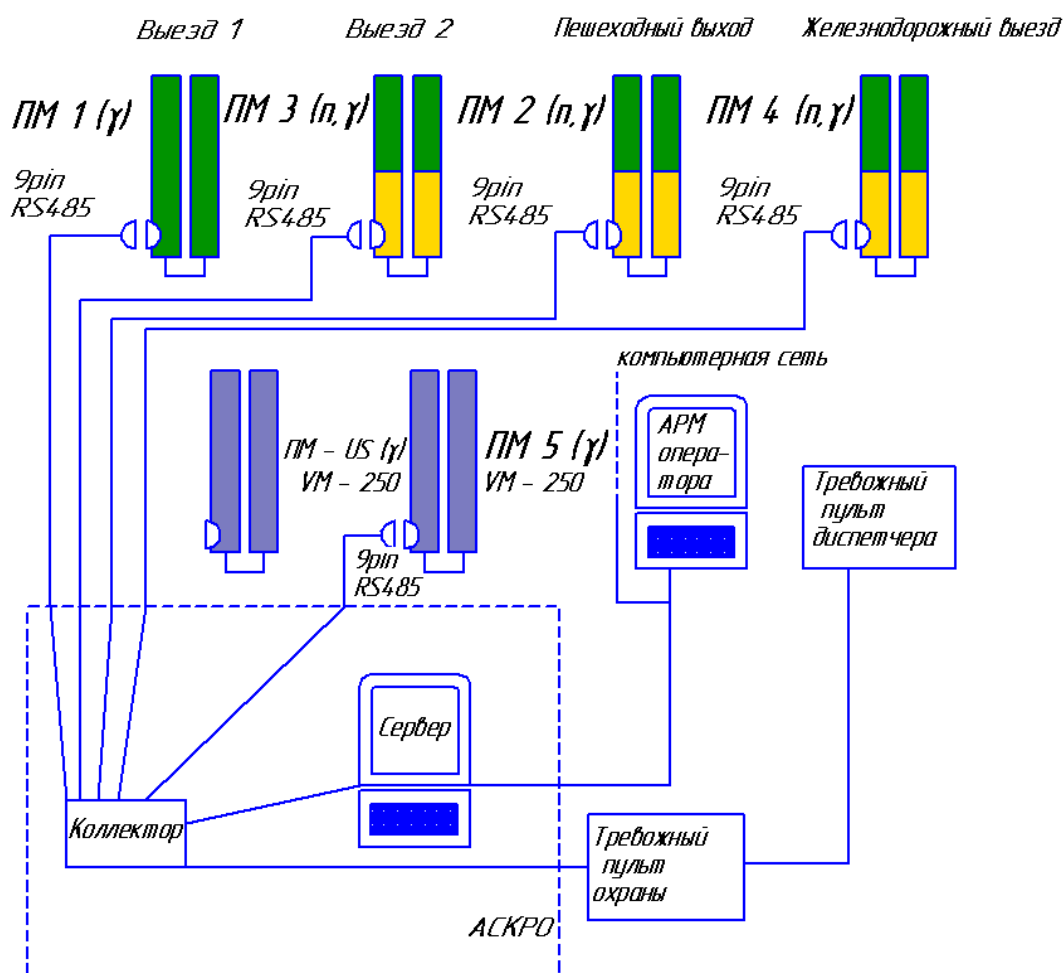


Рис. 3. Структурная схема системы портальных радиационных мониторов

Для контроля генерируемых ПРМ сигналов в НИИАР разработано специальное программное обеспечение «**SYGNAL version 1**», которое позволяет:

- одновременное и постоянное наблюдение за значением счета нейтронных и гамма детекторов порталных мониторов (контроллер SC-755);
- одновременное и постоянное наблюдение за аварийной сигнализацией порталных мониторов;
- для порталных мониторов предусмотрена регистрация срабатываний датчика присутствия, отсутствие питания, разряд батареи, вскрытие портала, а также для всех порталных мониторов – отсутствие связи;
- проведение любых операций (просмотр архивов, получение сведений о конфигурации порталного монитора, получение сведений о параметрах настройки порталного монитора) без остановки процесса наблюдения за состоянием всех порталных мониторов.

Постоянная работоспособность порталных мониторов обеспечена в результате операций контроля, настройки и обслуживания, таких как:

- ежедневного контроля показаний фона измерительных каналов мониторов на экране компьютера АРМ лаборатории технических средств СУиК, реагируют на аномальное поведение счёта и предупреждают охрану о проблемах в системе контроля;
- измерений с периодичностью два раза в неделю характеристик мониторов с помощью комплекта альтернативных нейтронных и гамма источников;
- ежеквартального контроля параметров измерительных каналов мониторов.

С учетом морального и физического старения аппаратуры в 2009г начаты работы по модернизации системы порталных мониторов, в рамках которой старые мониторы будут заменены современными мониторами фирмы АСПЕКТ, а также будет реализована функция видео регистрации транспортных операций.

## **2.5. Системы видеонаблюдения**

Системы видеонаблюдения в системе УиК ЯМ применяются в НИИАР для:

- обнаружения несанкционированных действий по отношению к ЯМ,
- визуального наблюдения и контроля действий персонала по обращению с ЯМ;
- записи операций с ЯМ на электронные носители,
- обеспечения дистанционного контроля технологическими процессами и выполнения контрольных операций с ЯМ в защищенных помещениях (горячих камерах и защитных боксах),
- идентификации учетных номеров в процедурах физической инвентаризации с облученным топливом.

В рамках программы усовершенствований системы УиК разработаны и реализованы системы видеонаблюдения за технологическим процессом в пяти подразделениях института (см. табл.2). Запланированы работы по оснащению системами видеоконтроля остальных ЗБМ института и модернизации с расширением возможностей действующих систем.

Краткая характеристика существующих систем видеонаблюдения  
за технологическим процессом

Объект	Существующее телевидение контроля ЯМ и возможности системы	Характер процессов контроля
Реактор БОР-60	Система включает 3 черно-белые не радиационно-стойкие камеры без записи и обработки изображения. Сигнал выведен на пульт реактора БОР-60	Контроль в режиме реального времени: - действий персонала в хранилище ЯМ, - контроль перегружаемых ТВС на перегрузочной машине, - контроль действий персонала при обращении с ЯМ в центральном зале
Комплекс реакторов МИР, РБТ-10, критстендов СМ и МИР	Система включает тринадцать камер цветного и черно-белого изображения. Имеется система подводного видеоконтроля за ТВС в бассейне выдержки с возможностями записи и обработки изображения.	Система реализует следующие функции: • контроль и запись действий персонала при операциях с ЯМ в хранилищах необлученного топлива; • наблюдение за помещением критборок СМ и МИР; • контроль операций перегрузки реактора МИР в центральном зале, • дистанционный контроль операций по разборке и сборке экспериментальных ТВС в защитной камере; • контроль технологических операций в центральном зале реактора РБТ-10 с пульта управления реактора РБТ-10 и пульта крановщика. Подводная система: контроль (как в режиме нормального времени, так и с видеозаписью) наличия, состояния и номеров изделий с ЯМ в бассейне выдержки реактора МИР
Зд. 180	Система включает в себя 29 черно-белых телевизионных камер на различных технологических участках, в том числе и в горячих камерах и боксах с частично реализованной функцией видеорегистрации. Система выполняет функции средств контроля доступа, контроля действий персонала при обращении с ЯМ, функции учета и контроля ЯМ, контроля пунктов хранения ЯМ.	Реализованная система в режиме реального времени решает следующие задачи: - видеоконтроль операций с ЯМ на рабочих местах, - идентификация ЯМ, - видеоконтроль за хранением ЯМ на рабочих местах, - видеоконтроль за персоналом, - видеоконтроль за местами хранения ЯМ, - видеоконтроль за доступом персонала к местам хранения ЯМ и работы с ЯМ
Лаборатория СУиК	Система включает 5 черно-белых не радиационно-стойкие камеры для контроля действий персонала при обращении с ЯМ.	Контроль в режиме реального времени действий персонала при обращении с ЯМ в хранилище ЯМ и измерительном участке
Центральное хранилище облученного топлива	Имеется система подводного видеоконтроля за ТВС в бассейне выдержки, которая включает 4 цветные камеры в установке сканирования отработавших ТВС	Идентификация в режиме реального времени и с видеозаписью номеров и состояния ТВС

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Применение технических средств в системе учёта и контроля ядерных материалов требует решения многих вопросов, связанных с поддержанием долговременного обеспечения их работоспособности. Основными из них являются: техническое обслуживание и ремонт оборудования, обеспечение измерений метрологически аттестованными методиками и наборами аттестованных стандартных образцов, обеспечение рабочими документами, регламентирующими процедуры эксплуатации, поверки и контроля качества измерений, обучение и подготовка персонала.

Наиболее проблемными являются вопросы подготовки квалифицированного персонала, разработки и аттестации методик выполнения измерений методами разрушающего и неразрушающего анализа, ремонт оборудования. Эти проблемы являются общими для многих предприятий, решение которых требует объединения усилий.

Примером плодотворного сотрудничества может служить объединение усилий предприятий по выполнению программы разработки и аттестации методик выполнения измерений, координируемое ВНИИА.

Предприятия в основном оснащены однотипным оборудованием для неразрушающего анализа ядерных материалов, ремонт которых может быть обеспечен в специально организованных региональных центрах.