



*Российский Федеральный Ядерный Центр –
Всероссийский НИИ технической физики
имени академика Е.И. Забабахина*

ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

XIV международная конференция
«Забабахинские научные чтения»
18-22 марта 2019г.

Система для идентификации устройств, содержащих делящиеся и взрывчатые материалы

И.И. Костенко,
А.А. Юдов,
С.С. Бесов,
Ю.А. Соколов,
С.Ю. Касьянов

Система обеспечивает измерение следующих характеристик

- наличие плутония;
- подтверждение качества плутония по соотношению изотопов $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$;
- наличие плутония с массой, превышающей пороговое значение (в системе при тестировании было установлено пороговое значение равное 500г);
- наличие урана;
- степени обогащения урана по урану-235;
- наличие высокообогащённого урана с массой превышающей пороговое значение (в системе при тестировании было установлено пороговое значение равное 500г);
- наличие ВВ с массой, превышающей 1 кг.

Измерительная система

Внешний компьютер

Блок электроники

Модельная сборка

Детектор нейтронов

Измерительный
стенд

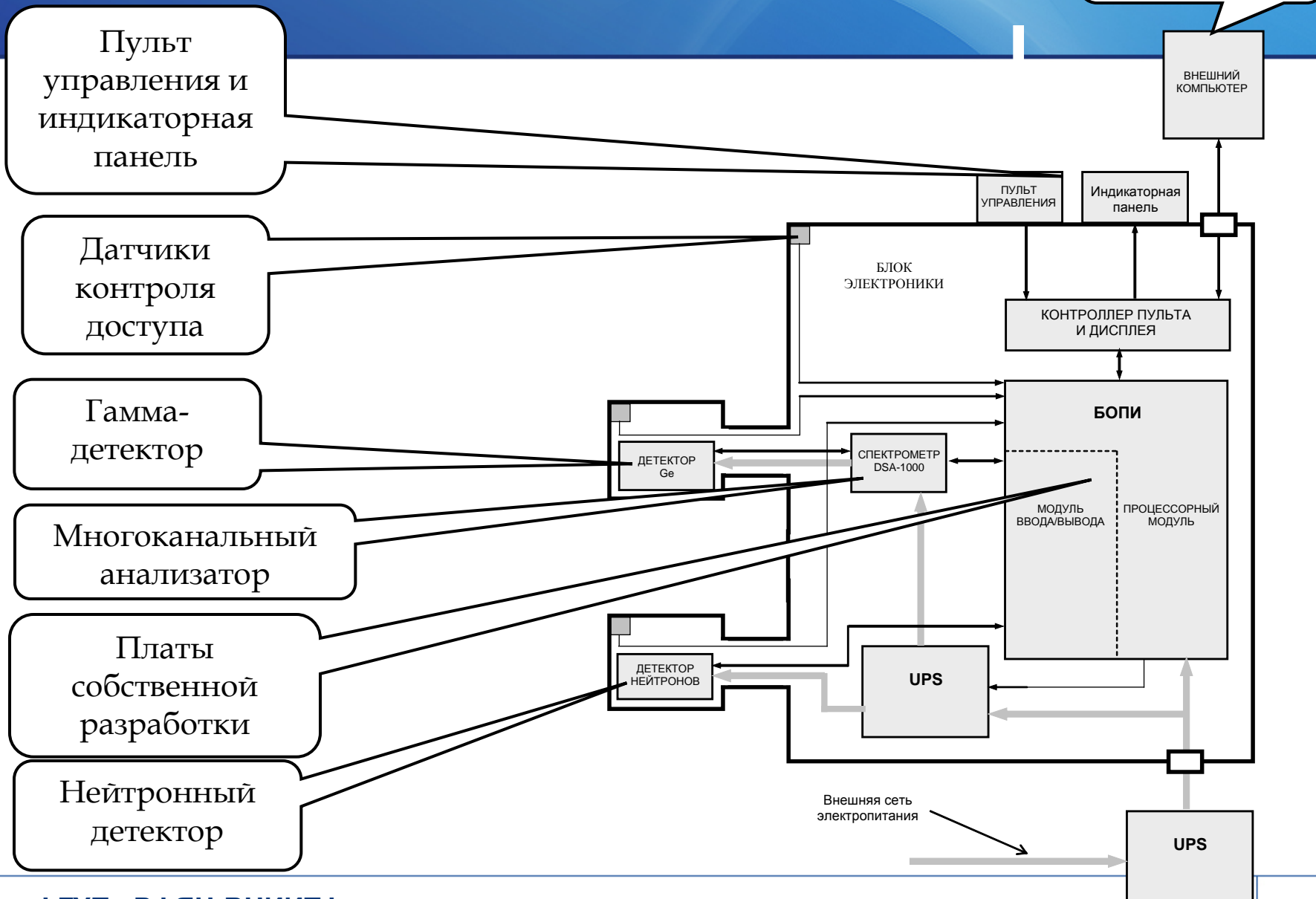
Блок
управления
нейтронного
генератора

ОЧГ
детектор

Нейтронный
генератор

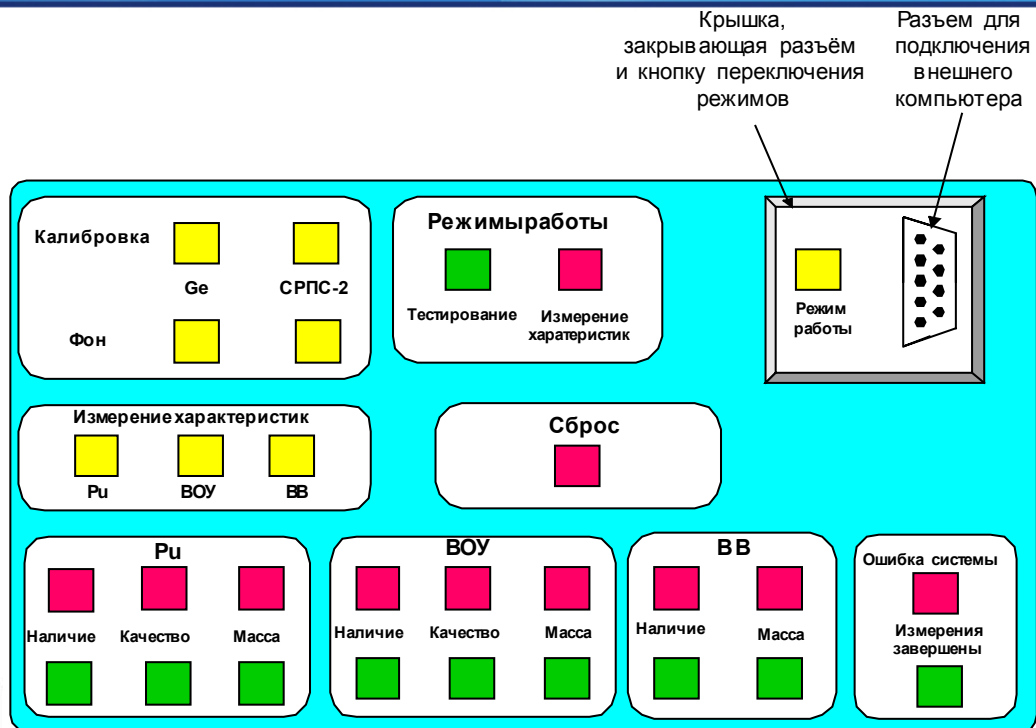
Измерительная система

Внешний компьютер



Пульт управления и индикаторная панель

Пульт управления и индикаторная панель конструктивно совмещены с верхней панелью блока электроники

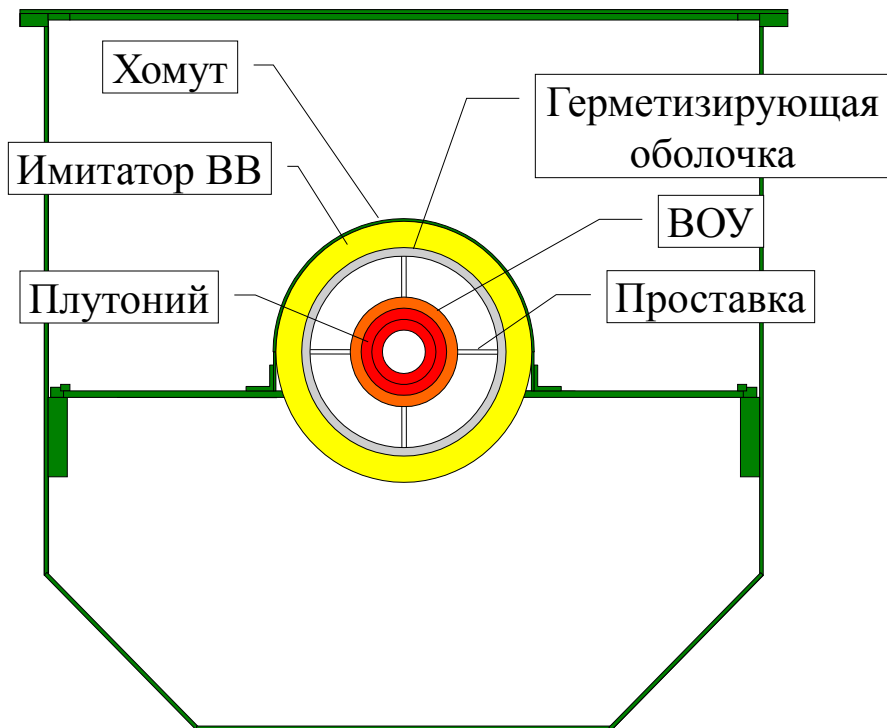


Все измеряемые характеристики разделены на три группы: плутоний, уран, ВВ.

Процедуры измерения характеристик каждого материала запускаются нажатием соответствующей отдельной кнопки.

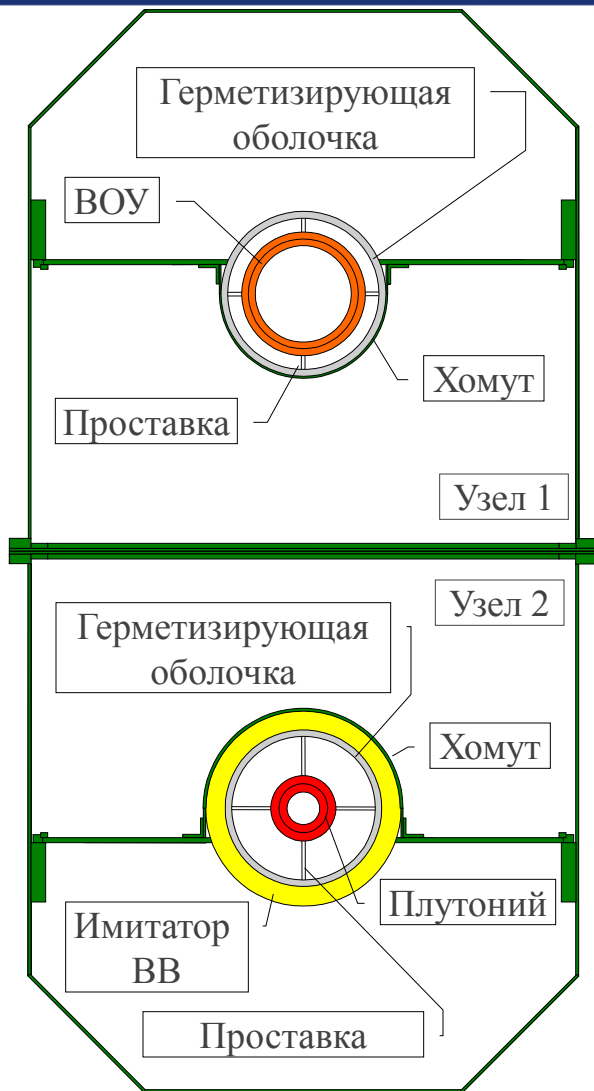
Модельная сборка для проведения измерений

Схема модельной сборки содержащей плутоний, ВОУ и имитатор ВВ



Внешний вид модельной сборки

Модельная сборка для проведения измерений содержащая два узла



Внешний вид модельной сборки

Измерение характеристик плутония

- присутствие Pu определялось по наличию γ -линий Pu в диапазоне 630...670 кэВ,
- подтверждение качества Pu осуществлялось путём измерения изотопного отношения $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$.
Измеренные аппаратурные спектры обрабатывались с помощью программы Pu600. Программа Pu600 позволяет определить наличие плутония и изотопное отношение $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$.
- подтверждение массы Pu осуществлялось путём измерения общего нейтронного выхода из образца.

Измерение характеристик плутония

Результаты измерений нейтронного выходаборок с плутонием различной массы и обработки измеренных аппаратурных спектров программой Pu600

№ сборки	Масса Pu, г	Pu600	Скорость счета нейтронов , 1/с
		$^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$	СРПС-2
1	113	0,099	33,6
2	930	0,102	344,9
3	1682	0,096	574,4
4	3200	0,089	1226,4

По результатам измерений была построена зависимость скорости счета нейтронного детектора СРПС-2 от массы ^{240}Pu в плутониевом образце. Зависимость скорости счёта нейтронов детектором от массы ^{240}Pu носит линейный характер и слабо зависит от конструкции конкретной сборки.

Полученная зависимость используется для оценки массы плутония в измеряемом образце.

Измерение характеристик урана

- подтверждение присутствия урана определялось по наличию γ -линий ($E_\gamma=186, 1001$ кэВ).
- обогащение урана определялось по наличию в спектре гамма-излучения линии 2614 кэВ. Программа определяет площадь пика 2614 кэВ и на основе сравнения значения площади данного пика с фоновым значением делает вывод о присутствии ВОУ.

Результаты обработки измеренных аппаратурных спектров программами определения присутствия урана и обогащения урана

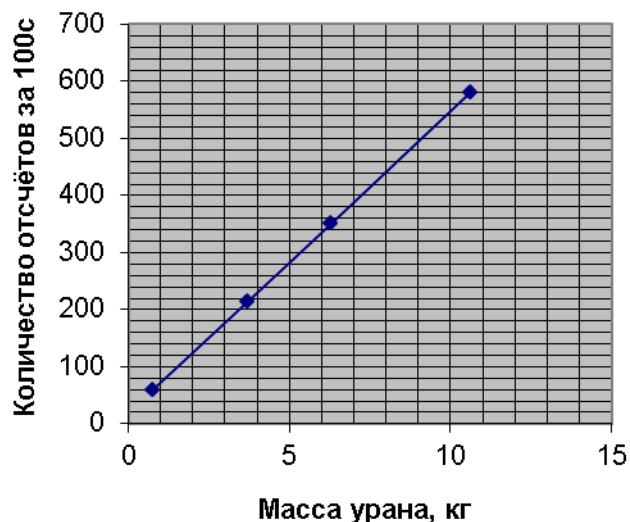
№ сборки	Масса урана, кг	Скорость счета в пике, отсч/с		
		186 кэВ	1001 кэВ	2614 кэВ
1	~0,76	212,4	1,47	8,9
2	~3,7	217,5	1,5	8
3	~6,3	214	1,4	7,3

Для всехборок в спектре гамма-излучения присутствуют линии урана 186 кэВ, 1001 кэВ, 2614 кэВ и скорость счета в пиках соответствующих линий превышает фоновую скорость счета более чем в 20 раз.

Измерение характеристик урана

- оценка массы урана осуществлялась путём регистрации запаздывающих нейтронов деления, возникающих в образце ВОУ после его облучения нейтронами генератора ИНГ-07Д. Счёт производится в течении 100с после прекращения облучения. Для повышения доли тепловых нейтронов в нейтронном спектре использовалась камера из полиэтилена.

зависимость скорости счёта
нейтронного детектора от
массы урана



Результаты измерения запаздывающих
нейтронов деления

№ сборки	Масса урана, кг	Кол-во отсчётов в каждом измерении длительностью 10 сек									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	~0,76	36	27	29	14	23	17	16	24	14	20
2	~3,7	90	63	50	37	27	31	18	16	24	18
3	~6,3	146	86	49	45	37	26	32	44	28	18
4	~10,6	215	120	85	65	61	58	40	34	35	27

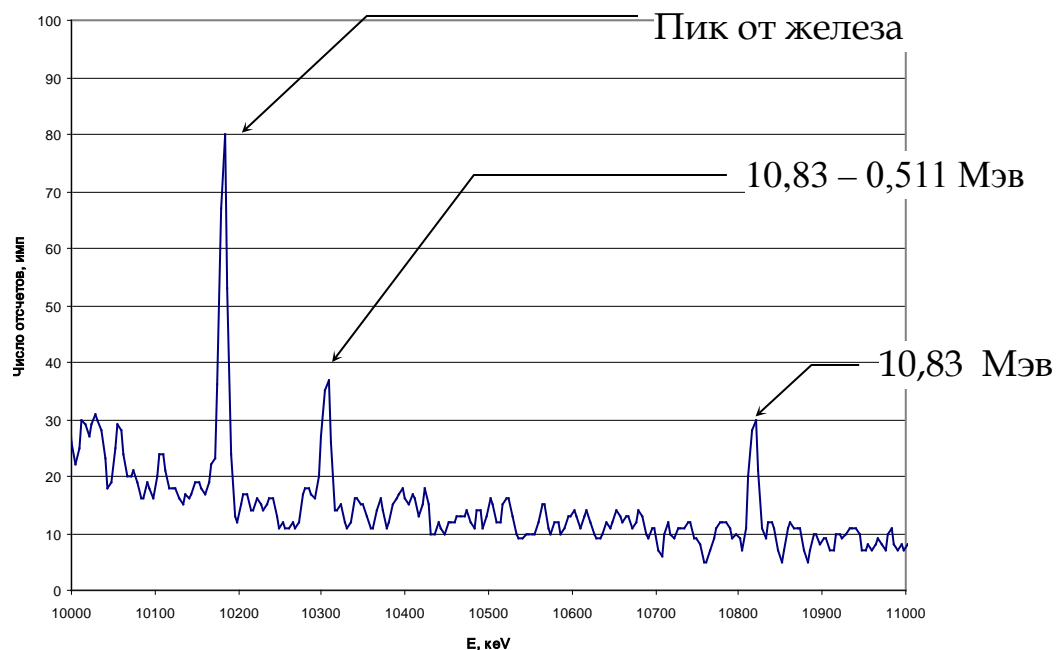
Измерение характеристик ВВ

- обнаружение ВВ минимальной массы по γ -излучению азота ($E_\gamma=10,83$) под действием нейтронов от нейтронного генератора. Время измерений 1 час.

Аппаратурный гамма-спектр в области 10 МэВ для сборки 3 (2 кг ВВ), полученный с помощью детектора из особо чистого германия

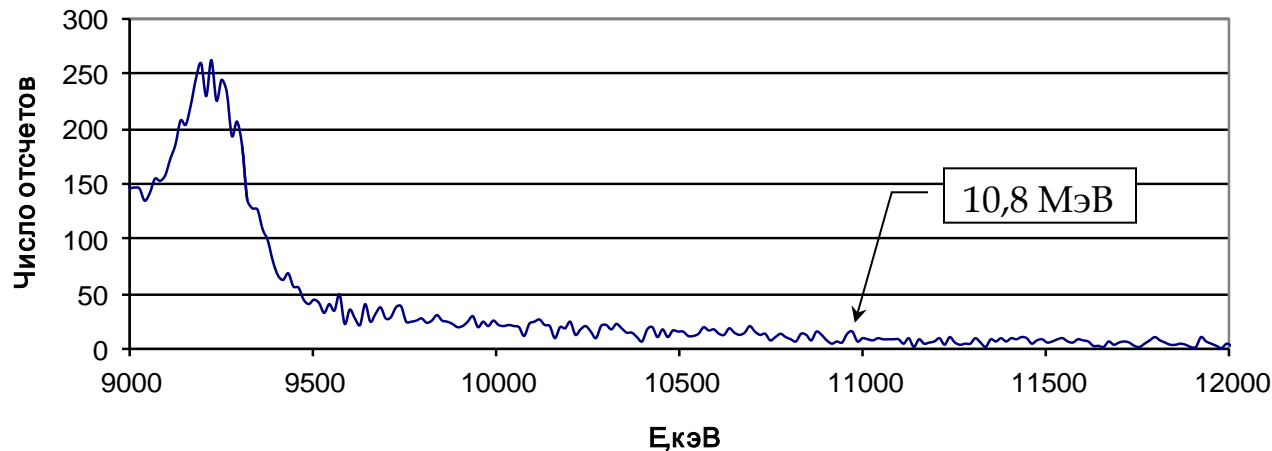
Результаты измерений по обнаружению ВВ

№ сборки	Масса имитатора ВВ, кг	Площадь пика 10,8 МэВ, имп
1	~0,43	-
2	~1,0	32
3	~2,0	38
4	~2,9	43



Измерение характеристик ВВ

Аппаратурный спектр гамма-излучения в области 10 МэВ для сборки № 4 (2,9 кг ВВ). Спектр измерен детектором на основе NaI(Tl) размером 150x100 мм.



Обнаружение ВВ в составе модельной сборки возможно при использовании ОЧГ детектора.

Требуемое время измерений для получения приемлемой статистики составляет 1...2 часа при массе измеряемого ВВ более 1 кг.

Заключение

1 Результаты тестирования экспериментального образца системы показали, что полный контроль модельной сборки содержащей уран, плутоний и ВВ занимает время около 2 часов, при этом значительное время потребуется для измерения характеристик ВВ. Для измерения характеристик урана потребуется около 30 минут. Для определения характеристик плутония потребуется около 15 минут.

2 В системе удалось реализовать процедуру оценки массы ВОУ. Метод позволяет производить оценку масс образцов из ВОУ, практически начиная с 500 грамм.

3 Система не позволяет производить измерения массы урана для уран-плутониевых систем. Решение проблемы измерения массы урана в уран-плутониевых системах представляется очень сложной и требует дальнейших исследований по поиску новых методов.

4 Использование нейтронного генератора позволяет полностью автоматизировать процесс проведения измерений.

5 Наличие камеры из полиэтилена для увеличения потока тепловых нейтронов не позволяет существенно снизить время обнаружения ВВ. Использование её в измерительной системы нецелесообразно.

Спасибо
за внимание!