

211/1103704

**НИИАР-18(821)**

**В.В.Голушко, А.Л.Семенов, О.П.Чухлова,  
А.М.Кузнецов, Ю.Н.Корчков, Т.А.Канрашина**

НИИАР - 18 - 821 .

**УСТАНОВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
КОНТРОЛЯ ТВЭЛОВ  
С ВИБРОУПЛОТНЕННЫМ  
УРАН-ПЛУТОНИЕВЫМ ТОПЛИВОМ  
П р е п р и н т**

**Димитровград-1991**

УДК 621.039.548:621.039.564

УСТАНОВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТВЭЛОВ С ЭНЕРГО-УПЛОТНЕННЫМ УРАН-ПЛУТОНИЕВЫМ ТОПЛИВОМ: Полепринт. НИИАР-19(821)/ В.Э.Голушко, А.Л.Семенов, О.П.Чухлова, А.М.Кузнецов, К.Ч.Чеслов, Т.А.Кондрашина.- Димитровград, 1991.- 16 с.

Описано установочное снятие спектров твэлов с энергоуплотненным уран-плутониевым топливом, в котором используется одновременно гамма-абсорбионный метод измерения плотности топлива и метод регистрации собственного гамма-излучения плутония для измерения его массы. В измерительно-аппаратуре, в основном выполненной из стандартных блоков ЧМММ, используются сцинтилляционные блоки детектирования (БДЭГ2-17 и БДЭГ2-22). Автоматизация выполняемых операций осуществляется на основе вычислительного комплекса "ЭРА-50". Результаты испытаний со специальными обозначениями в режиме, обеспечиваемом производительностью установки 5 твэлов в час, показывают, что ожидаемые границы погрешности определения средней плотности топлива в твэле реактора БМ-500 не превышают  $\pm 2\%$ , а общей массы плутония  $\pm 6\%$ . При доверительно вероятности 0,95 границы погрешностей определения отношения локальных значений плотности топлива и массы плутония к их средним значениям по активной зоне не превышают 0,8 и 1,7%. Установка предназначена для разбраковки твэлов по качеству распределения в них топлива в составе линии опытного производства экспериментальных тепловыделяющих сборок (рис.4, список лит. - 5 назв.).

Научный редактор - канд. техн. наук В.А.Качалин

© Научно-исследовательский институт  
атомных реакторов им. В.И.Ленина  
(НИИАР), 1991

В.В.Голушко, А.Л.Семенов,  
О.П.Чухлова, А.М.Кузнецов,  
Ю.Н.Корчков, Т.А.Кандрашина

НИИАР-TR(92I)  
УДК 621.039.548:621.039.564

Установка технологического контроля твэлов с виброуплотненным  
уран-плутониевым топливом

Описывается установка сканирования, обеспечивающая разбраковку твэлов по качеству распределения в них топлива. Применяется гамма-абсорбционный метод измерения плотности топлива и метод регистрации его собственного излучения. В измерительной аппаратуре, в основном состоящей из стандартных блоков КАНАК, используются сцинтилляционные блоки детектирования. Автоматизация измерений осуществляется на основе вычислительного комплекса МЕНА-60. Разработан комплекс программ для автоматизации выполняемых процедур при работе установки в составе линии опытного производства твэлов с виброуплотненным уран-плутониевым топливом.

Препринт, 1991

Y.V.Golushko, A.L.Semenov,  
O.P.Chukhlova, A.M.Kuznetsov,  
Yu.N.Korchkov, T.A.Kandrashina

RIAR-18(R2I)  
UDC 621.039.548:621.039.564

Setting of Technological Control of Vibropac Uranium-Plutonium  
Fuel Pins

Setting of scanning providing control of fuel pins for quality of fuel distribution in them is described. The gamma-absorption method of fuel density measurement and the method of its own radiation registration are applied. Scintillation detection blocks are used in the measuring equipment mainly consisting of standard blocks KANAK. Automatization of measurements is performed on the basis of the computer complex MENA-60. A complex of programs for automatization of the procedures under way is developed when the facility operates within the test production line of vibropac uranium-plutonium fuel pins.

Preprint, 1991

(НИИАР), 1991

При изготовлении твэлов с сердечником из виброуплотненного топлива одним из наиболее ответственных этапов производства является анализ его распределения. В последние годы для такого анализа уран-плутониевого топлива по длине твэлов используются установки, в которых реализуется гамма-абсорбционный метод измерения плотности [1] в сочетании с методом гамма-сканирования [2]. Многообразие установок сканирования твэлов в основном связано с различным уровнем автоматизации, с условиями эксплуатации и решаемыми задачами, учитывающими специфику конкретного типа твэлов [3-5].

В данной работе описывается установка сканирования твэлов, предназначенная для технологического контроля в составе линии опытного производства ТВС реактора БН-600, в которой с помощью ЭВМ (MERA-60) полностью автоматизированы процедуры градуировки, метрологической аттестации, получения распределений плутония и плотности топлива по длине твэла с оперативной оценкой качества контролируемого твэла.

#### **МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

На установке реализуются одновременно два способа:

- 1) гамма-абсорбционный метод измерения плотности топлива [1];
- 2) метод регистрации собственного  $\gamma$ -излучения плутония [2] для измерения его массы.

По результатам сканирования масса плутония на  $i$ -м участке твэла оценивается согласно выражению

$$M_i = \frac{K}{t} [(N_i - Q) - \eta (\Phi_i - q)] \mathcal{F}_i, \quad (1)$$

где  $K$  - коэффициент пропорциональности, определяемый при градуировке установки;

$t$  - время экспозиции;

$N_i, \Phi_i$  - результаты регистрации собственного  $\gamma$ -излучения твэла в диапазоне энергий 350-450 и 450-600 кэВ;

$Q, q$  - фоновые отсчеты в тех же диапазонах энергий;

$\eta$  - константа, значение которой получает при градуировке установки, определяемая видом аппаратурного спектра  $\gamma$ -излучения твэла;

$\mathcal{F}_i$  - поправка на самопоглощение.

Для учета фонового  $\gamma$ -излучения под пиками полного поглощения  $\gamma$ -квантов используется результат регистрации  $\gamma$ -излучения в диапазоне 450-600 кэВ. Значение в квадратных скобках на  $i$ -м участке твэла (1) представляет суммарную площадь фотопиков в области 350-450 кэВ, содержащей неразрешенные сцинтилляционным детектором линии  $\gamma$ -квантов  $^{239}\text{Pu}$ .

По результатам регистрации на  $i$ -м участке прошедшего через твэл излучения внешнего гамма-источника  $\mathcal{F}_i$  (на основе  $^{75}\text{Se}$ ) определяется плотность топлива  $\rho_i$ , для чего используется зависимость

$$\rho_i = \frac{C - B - \alpha}{A d},$$

где  $C = \ln [J_i / (t - \tau J_i) - \frac{B}{t} (N_i - Q)]$ ;  
 $\tau$  - "мертвое" время регистрирующего тракта (измеряется);

$A, B$  - константы, определяемые при градуировке установки;

$d$  - внутренний диаметр оболочки твэла;

$\alpha$  - поправка, учитывающая естественный распад источника;

$\rho$  - константа, равная отношению интенсивностей собственного излучения твэла в каналах измерения  $J_i$  и  $N_i$  при отсутствии внешнего источника.

Для учета вклада собственного излучения твэла при определении  $\rho_i$  используется результат измерения  $N_i$ . Значение  $\rho_i$ , в свою очередь, применяется для оценки поправки

$$J_i = \frac{K}{1 - \exp(-\mu \rho_i)}$$

где  $\mu$  - линейный коэффициент ослабления собственного  $\gamma$ -излучения в топливе.

Для градуировки установки используются специальные образцы, которые являются мерой средней по длине сердечника плотности топлива и массы плутония. Процедура градуировки заключается в определении параметров  $A, B, K, \eta$  методом наименьших квадратов по усредненным результатам сканирования образцов на участке топливного сердечника. Поправка  $\rho$  определяется по реперным отсчетам, которые получает, применяя шторку с постоянным коэффициентом поглощения гамма-излучения (во время градуировки установки и перед измерением твэла).

## ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Транспортировка контролируемого твэла и передача его захвату трюверсы привода твэла осуществляется транспортной машиной технологической линии, расположенной в защитной камере. С этого момента управление процессом измерений передается ЭВМ установки, которая обеспечивает подачу твэла по транспортному каналу в коалиционно-защитный блок с детекторами, получение необходимых сигналов с детекторов в зависимости от координаты по длине твэла, обработку результатов измерений и возврат твэла после окончания измерений транспортной машине.

### Измерительные узлы

Измерительные узлы находятся в коллимационно-защитном блоке, расположенном на стойке в подкамерном помещении. Конструктивно этот блок объединяет в одно целое два таких узла:

- 1) просвечивания твэла;
- 2) регистрации собственного гамма-излучения.

Первый измерительный узел, расположенный в верхней части заднего блока (рис.1), содержит источник гамма-излучения, коллиматор, снабженный сцинтилляционным детектором, и шторку, перекрывающую поток гамма-излучения без твэла. Источник на основе родиюнуклида  $^{75}\text{Se}$ , имеющий активную часть диаметром 2,6 мм, размещается в гнезде, вблизи внешней поверхности трубы транспортного канала. Основу узла регистрации собственного излучения составляют восемь сцинтилляционных детекторов. Форма и размеры коллиматоров измерительных узлов позволяют выделять гамма-излучение с участка твэла длиной 10 мм (расстояние между узлами по оси составляет 110 мм).

Во время измерений твэл подается приводом в коллимационно-защитный блок по транспортному каналу, который одновременно предохраняет от загрязнения радиоактивными продуктами подкамерное помещение. Для обеспечения постоянства геометрии измерений транспортный канал снабжен титровочным устройством, позволяющим проводить ориентацию дистанционирующей спирали твэла с последующей фиксацией ее положения. Эта процедура выполняется во время подачи твэла на начальную позицию измерения. В дальнейшем во время сканирования твэла, как в дискретном режиме с шагом 10 мм, так и в непрерывном со скоростью 3,5 мм/с, ориентация его сохраняется до окончания измерений.

### Структура электронной части

Электронная часть установки включает (рис.2):

- блоки детектирования, размещенные в подкамерном помещении, которые разбиты на две группы по функциональному на-

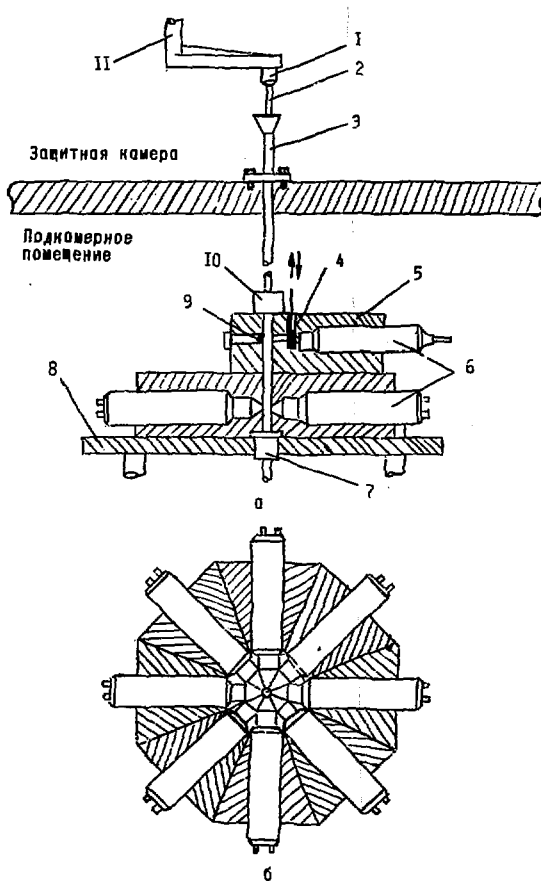


Рис.1. Механическая часть установки: а - схема измерительных узлов: I - захват твэла; 2 - твэл; 3 - транспортный канал; 4 - шторка; 5 - защитный блок узла просвечивания; 6 - блоки Б93И-17; БДЭГ-2-22; 7 - устройство центровки твэла; 8 - стойка; 9 - гамма-источник; 10 - фиксатор твэла; II - траверса; б - секция узла регистрации собственного излучения



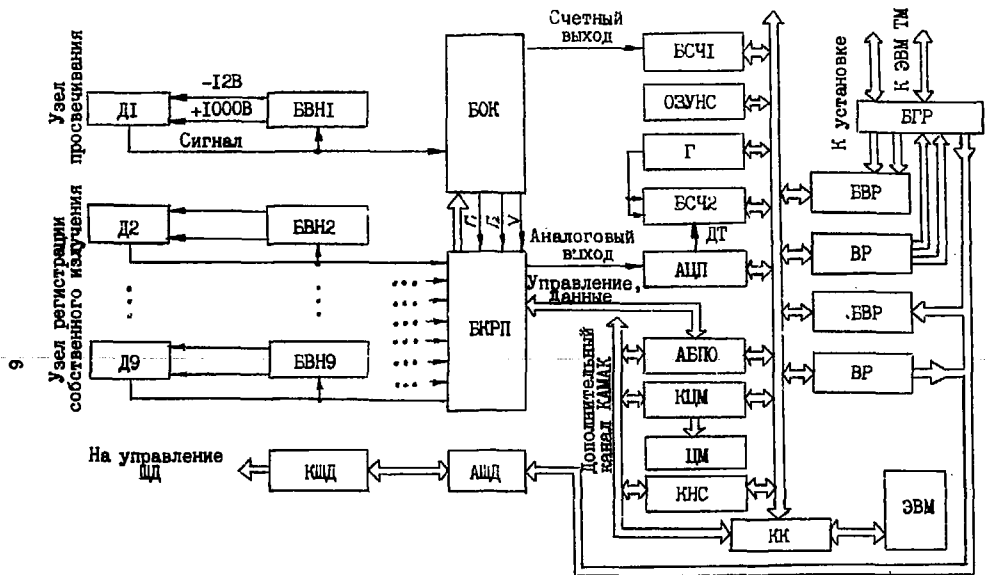


Рис.2. Схема электронной аппаратуры: стандартные блоки: детектирования Д1 - 693I-17, Д2-Д9 - БДЭГ2-22; СВН - высоковольтное напряжение 1904; БСЧ - счетчиков 40I; БРП - входных регистров 305; ВР - выходных регистров 350; Г - генератор 730В; АЦП - аналого-цифровой преобразователь 712; КК - контроллер крейта 106; ЭВМ - мини-ЭВМ МЕРА-60; КШД - контроллер шагового двигателя FITRON; нестандартные блоки: ОЗУНС, КНС - накопитель спектра и его контроллер; ЦМ, КЦМ - цветной монитор и его контроллер; АШД - адаптер шагового двигателя; АБПО - адаптер блока предварительной обработки; БРП, БОИ БКРП - блоки гальванической развязки, основного канала и контроля распределения plutония соответственно; V - сигнал

значению : А1 - для измерения плотности топлива; А2-А9 - для измерения массы плутония;

- стойку БВН, расположенную в подоператорском помещении, которая предназначена для обеспечения блоков детектирования стабилизированным высоковольтным питанием;

- аналоговый крейт для предварительной обработки информации с детекторов и передачи её в систему регистрации;

- цифровой крейт, который обеспечивает: одновременную регистрацию спектров гамма-излучения по восьми каналам измерения плутония и счетных импульсов с канала плотномера; связь системы с датчиками и исполнительными механизмами установки сканирования; связь с ЭВМ MERA-60 для управления установкой и обработки информации;

- связь с ЭВМ транспортной машины (ЭВМ ТМ) для передачи и приема данных или сигналов до и после измерений;

- цветной монитор для отображения гистограмм распределений спектров;

- контроллер шагового двигателя (ША) для программного управления приводам твэра;

- ЭВМ MERA-60 в составе процессора, накопителя на гибких магнитных дисках, дисплея и печатающего устройства;

- блок гальванической развязки, обеспечивающий помехоустойчивую связь ЭВМ с объектами управления.

Аналоговый и цифровой крейты, контроллер ША, цветной монитор и ЭВМ MERA-60 с блоком БГР размещаются в операторском помещении (длина линии связи до измерительных узлов около 60 м).

### Работа аппаратуры

Работоспособность установки во многом определяется стабильностью и помехоустойчивостью аналоговой аппаратуры. Для стабилизации каждого аналогового тракта в установке исполь-

зуются схемы автоматической подстройки напряжения питания блоков детектирования. Они основываются на регистрации интегрального счета импульсов от  $\alpha$ -излучения радионуклида  $^{241}\text{Am}$ , специально внедренного в каждый кристалл  $\text{NaI(Tl)}$  блоков детектирования. Однотипные схемы стабилизации, встроенные в блоки БВН, используют сигналы детекторов, которые поступают в блоки аналогового крейта (см. рис.2).

Аналоговый крейт состоит из блоков основного канала и контроля распределения плутония. Первый содержит амплитудный дифференциальный дискриминатор, предназначенный для выделения и формирования нормализованных сигналов, которые соответствуют необходимому диапазону энергий гамма-излучения узла просвечивания твэла. В процессе измерений сформированные сигналы регистрируются в цифровом крейте счетчиком БСЧ1 (емкость составляет 32 двоичных разряда). Блок БКРП содержит дискриминаторы нижнего и верхнего уровней для амплитудного анализа сигналов в каждом из восьми трактов регистрации собственного излучения и специальный блок, подключающий выделенные по амплитуде сигналы любого из восьми трактов к входу аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Специальный блок предназначен для формирования кода принадлежности первого зарегистрированного сигнала и передачи его через адаптер предварительной обработки (АБПО) в основную магистраль КАМАК. Обслуживание трактов узла регистрации собственного излучения по принципу "кто первый?" позволяет осуществить параллельный набор спектров гамма-излучения на восьми страницах памяти ОЗУНС (емкость одной страницы составляет 256 слов по 24 двоичных разряда).

Для аппаратурной реализации режима многоканального амплитудного анализа с визуализацией спектра на цветном мониторе используются контроллеры КНС и КЦМ. Высший приоритет в работе с основным каналом КАМАК отдан ЭВМ, далее следует КНС и низший приоритет у КЦМ (цикл КАМАК, генерируемый ЭВМ, составляет 1,2 мкс, а КНС и КЦМ — примерно 1,6; 8 мкс). Использование дополнительного канала КАМАК позволяет передавать управление основным его каналом одному из контроллеров. Си-

стема арбитража, рассредоточенная по контроллерам КК IO6, КНС и КЦМ, обеспечивает параллельное выполнение функций накопления, обработки и отображения спектров в реальном времени. Управление режимами работы контроллеров КНС и КЦМ осуществляется рядом команд, которые подаются ЭВМ.

При обслуживании трактов узла регистрации собственного излучения АЦП по окончании кодирования выдает сигнал прерывания, по которому контроллер КНС считывает содержимое с АЦП, интерпретирует его как адрес ОЗУНС и обеспечивает запись "+I" по этому адресу. Одновременно (при считывании содержимого из АЦП) к его коду добавляется код номера транта из АБПО. Таким образом, "+I" попадает в соответствующую страницу памяти ОЗУНС, а при переполнении любой ячейки выдается сигнал прерывания, который обрабатывается ЭВМ.

В процессе измерений время экспозиции на единичном участке твэла задается программно. Для обеспечения точного времени экспозиции в состав цифрового крейта входит генератор с кварцевой стабилизацией частоты следования импульсов. Количество импульсов как реального времени при экспозиции, так и в интервалах мертвого (живого) времени при работе АЦП определяется счетчиком БСЧ2. Результаты, накопленные за время экспозиции в счетчиках и ОЗУНС, пересылаются в память ЭВМ, где организуются массивы скоростей счета, полученные по трактом регистрации в зависимости от координаты по длине твэла. Для автоматизации перемещений твэла применяется адаптер шагового двигателя, который принимает управляющие команды от ЭВМ и передает их через контроллер КШД на двигатель привода твэла.

Для настройки тракта регистрации узла просвечивания в блоке БОК предусматриваются три аналоговых выхода, которые через БКРП подключаются к АЦП, что позволяет визуально контролировать положение порогов Г1 и Г2 выделенного диапазона энергии гамма-излучения для анализа плотности топлива. Управление коэффициентом усиления и коммутацией точек в БКРП и БОК осуществляется от ЭВМ через адаптер блока предварительной обработки.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Весь комплект программного обеспечения для вычислительного комплекса MERA-60 оформлен в виде шести пакетов, хранящихся на гибких дискетах. Разработанная структура программы рассчитана на последовательное использование отдельных пакетов, каждый из которых предназначен для автоматизации определенной процедуры в составе технологической линии при изготовлении твэлов. В результате выполнения отдельной процедуры на дискете предусматривается формирование файла данных, который при необходимости передается в другие программные пакеты. Программное обеспечение включает пакеты для:

- настройки спектрометрических трактов с программой управления транспортными операциями по доставке в измерительный узел (и обратно) источников гамма-излучения и с программой для работы установки в режиме многоканального амплитудного анализатора [6];

- проверки метрологической исправности радиометрических каналов установки с программой управления транспортными операциями по доставке в определенное место транспортного канала образцового твэла (и обратно) и с программой для оценки временной нестабильности аналоговой аппаратуры по результатам дисперсионного анализа массивов показаний регистрирующих каналов;

- градуировки установки (обеспечивает поочередное сканирование образцов с записью результатов на дискету и обработку результатов измерений с целью получения файла параметров градуировочных характеристик);

- рабочей программы (обеспечивает получение и обработку распределений плутония и плотности топлива по длине твэла с оперативной оценкой качества контролируемого твэла);

- метрологической аттестации установки с программой оценки погрешностей по результатам многократных измерений образцов и с программой расчета границ погрешностей по известным функциональным зависимостям плотности топлива и массы плу-

тония от отдельных параметров и погрешности их определения;

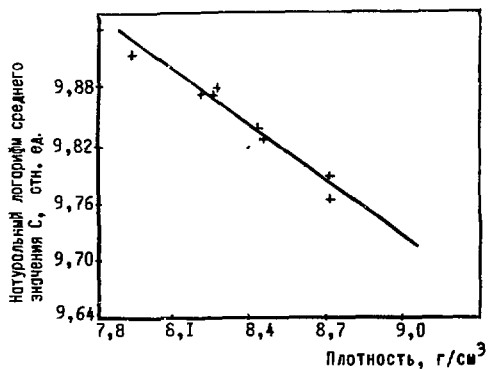
- периодической метрологической поверки установки в целом (обеспечивает сканирование контрольного образца и оперативную обработку для сравнения измеренных распределений плотности топлива и массы плутония по длине с базовыми, полученными после градуировки, во время метрологической аттестации установки).

Программы в основном написаны на языке Фортран-IV, часть подпрограмм, касающихся управления транспортировкой твэлов и работы измерительной аппаратуры, - на языке макроассемблера. Программы работают в режиме диалога с оператором и при отклонении от нормальной работы выдают диагностические сообщения. Каждый пакет снабжается сервисными программами для вывода в цифровом виде результатов измерений и математической обработки на печатающее устройство и дисплей. Общий объем загрузочных модулей комплекта программ составляет 436 кбайт.

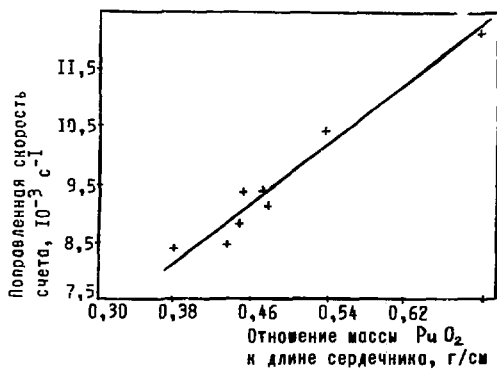
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Чувствительность установки к наличию топливной композиции в твэле можно оценить по градуировочным характеристикам (рис.3), которые получены при испытаниях установки с помощью специальных образцовых твэлов с вибруплотненным уран-плутониевым топливом.

Испытания проводили при активности селенового источника примерно  $6 \cdot 10^8$  Бк в дискретном режиме сканирования (с шагом 10 мм и выдержкой в точке измерения 2 с), обеспечиваемой производительность установки 5 твэлов в час. Для анализа плотности использовали неразрешенные сцинтилляционным детектором гамма-линии радионуклида  $^{75}\text{Se}$  с энергиями 265 и 280 кэВ. Параметры градуировочных характеристик рассчитывали по методу наименьших квадратов с применением данных образцов и результатов сканирования, усредненных по участку топливного сердечника.



а



б

Рис.3. Градуировочная характеристика: а - плотномера; б - начала измерения плутония; + - экспериментальные данные

По результатам испытаний границы погрешности определения средней плотности топлива не превышают 2 %, а общей массы плутония - 6 % при доверительной вероятности 0,95.

Стабильность показаний установки определяли по 45 измерениям в течение трех дней. За это время среднеквадратическое отклонение нормированной на среднее значение по длине топливного сердечника локальной плотности не превышало 0,3 %, нормированной локальной массы плутония - 0,8 %. На рис.4 показан фрагмент выдачи на печать гистограмм распределений нормированных величин по длине образца и полосы допусков (в основной части активной зоны  $\pm 5$  %, на краях зоны длиной по 20 мм  $\pm 15$  %), по которым на первом этапе эксплуатации установки осуществляется разбраковка твэлов.

АТА: 6.3.91 ВРЕМЯ: 10: 0: 0  
 УМЕР ТВЭЛА: Р 0  
 АНАЛЫ: ПЛОТНОСТИ ПЛУТОНИЯ  
 (В ДОЛЯХ ОТ СРЕДНЕГО ЗНАЧЕНИЯ)  
 X 1.03710 1.02365  
 N 0.89161 0.03977  
 СМ. ПО Y 0.1 0.1  
 АЧ. ОТСЧ. 0.7 0.7

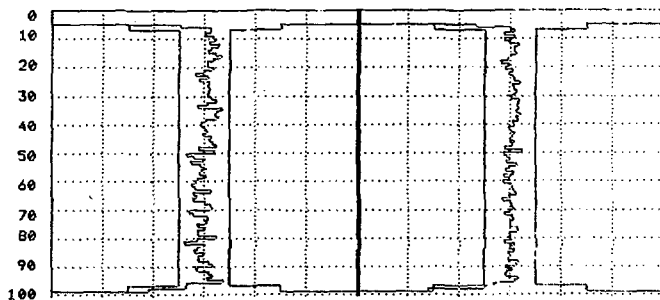


Рис.4. Распечатка гистограмм распределений плотности и массы плутония по высоте образца



Основные технические характеристики установки:

Диаметр измеряемых твэлов .....	6,6 мм
Максимальное число шагов по твэлу .....	130
Режим перемещения твэла:	
непрерывный со скоростью .....	3,5 мм/с
дискретный с шагом .....	10 мм
Расстояние между узлами собственного излучения и просветки .....	110 мм
Размеры детекторов гамма-излучения (сцинтил- ляционные $\text{NaI}(\text{Tl})$ ) .....	40x40 мм 25x25 мм
Энергетическое разрешение по гамма-линии $^{137}\text{Cs}$ не хуже .....	15 %
Начальная активность селенового источника ....	$10^9$ Бк
Периодичность смены источника .....	1,5 года
Диапазон измерения плотности .....	8-9,2 г/см <sup>3</sup>
Массовая доля $\text{PuO}_2$ в топливной композиции ..	> 20 %
Максимальная загрузка канала:	
плотномеро .....	$5 \cdot 10^4$ с <sup>-1</sup>
измерения плутония (при среднем времени кодирования 26 мкс) .....	$10^4$ с <sup>-1</sup>
Время измерения задается программно с шагом 20 мс .....	до 3 с
Емкость счетчиков .....	32 двоичных разрядов

Таким образом, многообразие разработанных установок сканирования твэлов определяется уровнем автоматизации, решаемыми задачами и условиями их эксплуатации [3-5]. Данная установка позволяет получать информацию, необходимую для отработки технологии изготовления твэлов с виброуплотненным смешанным топливом, и отбраковывать твэлы по качеству распределения топлива в составе технологической линии опытного производства ТВС реактора БН-600.

Разработка установки и опыт эксплуатации в производственных условиях показывают, что особое внимание следует уделять процедурам, определяющим ее готовность к эксплуатации. Прежде

всего это относится к градуировке установив, метрологической аттестации " поверке.

Попакетное разделение программного обеспечения отдельных процедур в значительной мере позволяет автоматизировать весь комплекс подготовительных работ и в дальнейшем сводит к минимуму вмешательство оператора в процесс контроля. Целесообразно рекомендовать установку в качестве прототипа при создании подобных установок для работы в промышленных условиях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горобец А.К., Семенов А.Л. Реализация гамма-абсорбционно-го метода для контроля распределения топлива в твэлах: Препринт. НИИАР-43(496). Димитровград, 1981.
2. Горобец А.К., Леценко Ю.И., Семенов А.Л. Измерение распределения плутония в твэлах методом гамма-сканирования: Препринт. НИИАР-7(522). Димитровград, 1982.
3. Горобец А.К., Дунаев В.С., Кривошеев В.А. и др. Установка сканирования необлученных твэлов: Препринт. НИИАР-32(391). Димитровград, 1979.
4. Бакланов В.С., Беседнов Г.Ф., Годжиев Г.И. и др. Автоматизированная установка технологического контроля распределения в твэлах смешанного топлива АКОРТ-1: Препринт. НИИАР-10(525). Димитровград, 1982.
5. Инчагов А.В., Леценко Ю.И., Семенов А.Л. Метрологические исследования методики определения плотности топлива и массы плутония на установке АКОРТ-2// Вопросы атомной науки и техники. Сер. Радиационная техника, 1987. Вып. I(34). С. 54-57.
6. Голушко В.В., Гаврилов В.Д., Дунаев Е.С. и др. Гамма-спектрометр на основе вычислительного комплекса МERA-60: Препринт. НИИАР-4(767). Димитровград, 1989.

Рукопись поступила в ОПИНТИ  
28.07.90, обработана 02.04.91.  
Окончательно подготовлена  
авторами 03.04.91.

Вячеслав Васильевич Голушко  
Александр Лукич Семенов  
Ольга Петровна Чухлова  
Александр Михайлович Кузнецов  
Эрий Николаевич Корчнов  
Татьяна Александровна Кондрашина

**УСТАНОВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЪЗЛОВ  
С ВИБРОУПЛОТНЕННЫМ УРАН-ПАУТОНИЕВЫМ ТОПЛИВОМ**

Редактор Э.В.Бодрова

Корректор Л.Н.Камлюшева

Подписано в печать 24.04.91.

Формат 60x90 1/16.

Печать офсетная. Печ. л. 1,25. Уч.-изд. л. 0,9. Тираж 150 экз.

Зак. тип. № 798.

Цена 13 р. 50 к.

Индекс 3627.

---

Отпечатано в Научно-исследовательском институте  
стационарных реакторов им. В.И.Ленина  
433510, Димитровград-10, НИИАР

**НАСТОЯЩЕЕ ИЗДАНИЕ ЯВЛЯЕТСЯ самостоятельной, не всегда дублирующейся впоследствии в других изданиях ПУБЛИКАЦИЕЙ отдельных оригинальных научных трудов, на которую можно сослаться в других публикациях, указывая при этом авторов, наименование, порядковый номер (НИИЯР- ...), год и место издания.**

**ИЗДАЕТСЯ с целью более быстрой или более полной информации по сериям:**

1. Ядерные реакторы
2. Методика и техника облучения
3. Радиационное материаловедение
4. Радиохимия
5. Ядерная физика
6. Вычислительная техника и электроника
7. Вычислительная математика и программирование
8. Информатика и управление

**ПЕЧАТАЕТСЯ** тиражом 180-200 экз.

**РАССЫЛАЕТСЯ** в научные организации, научно-технические библиотеки и отдельным лицам в соответствии с установленным порядком.

13 р. 50 н.

Индекс 3622

УСТАНОВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТВЭЛОВ  
С ВИБРОУПЛОТНЕННЫМ УРАН-ПЛУТОНИЕВЫМ ТОПЛИВОМ

Препринт. НИИАР-1В(821), 1991, I-16