

## МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИМПУЛЬСНОГО НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА УСТАНОВКАХ ТИПА ПЛАЗМЕННЫЙ ФОКУС

В.М. Климов

*Разработан автоматизированный комплекс для исследования энергетического и временного распределения импульсной нейтронной эмиссии на установке плазменный фокус (ФЛОРА). Созданы математические методы обработки данных с учетом конкретной геометрии эксперимента.*

Импульсное нейтронное излучение, сопровождающее процессы в плазменном фокусе (ПФ), дает ценную информацию о динамике плазменных образований, достижимых температурах ионов и является характеристикой рабочего режима установки. Все физические процессы протекают в ПФ в наносекундном диапазоне, поэтому анализирующая аппаратура должна обладать предельным быстродействием и обеспечивать требуемую точность измерения.

Для исследования энергетического и временного распределения импульсной нейтронной эмиссии на установке ПФ (ФЛОРА) разработан многофункциональный диагностический комплекс, позволяющий за один рабочий цикл регистрировать, анализировать и накапливать информацию. Блок-схема комплекса (рис. 1) состоит из следующих функциональных частей: спектрометрической – 64-х канальная сцинтилляционная времяпролетная детектирующая матрица с быстрым временным анализатором нейтронных событий, сверхоперативным запоминающим устройством емкостью  $64 \times 128$  бит информации, модулей высоковольтного

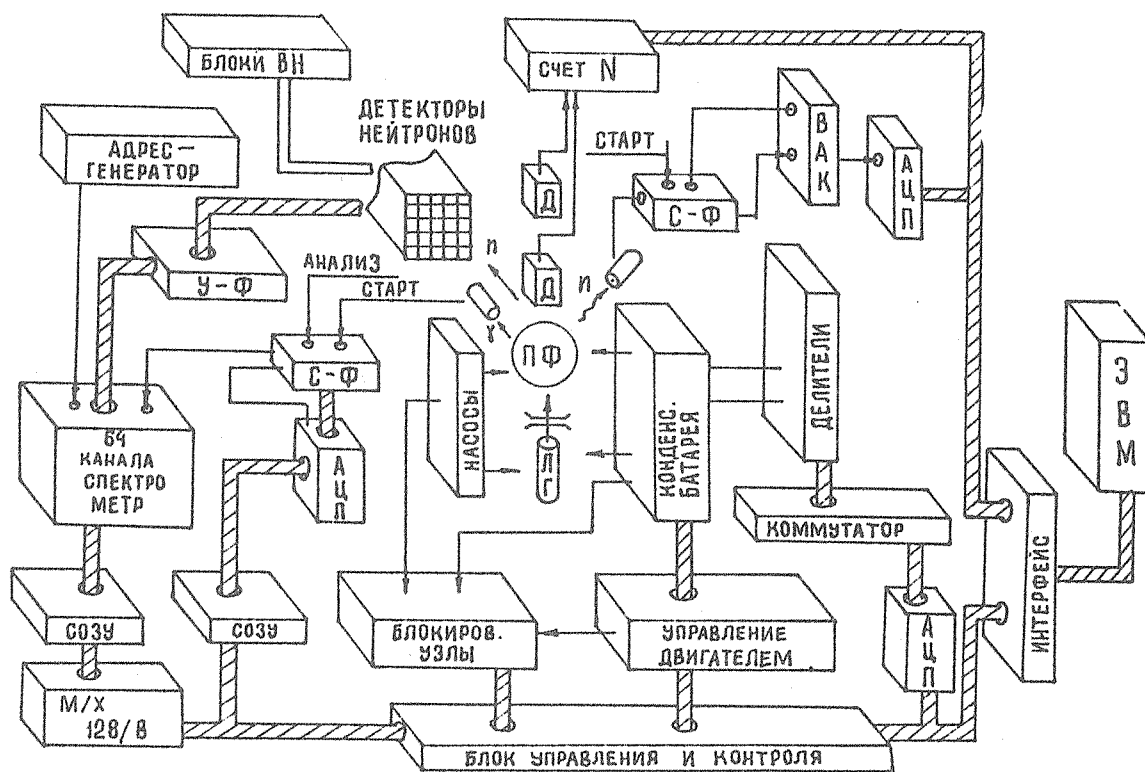
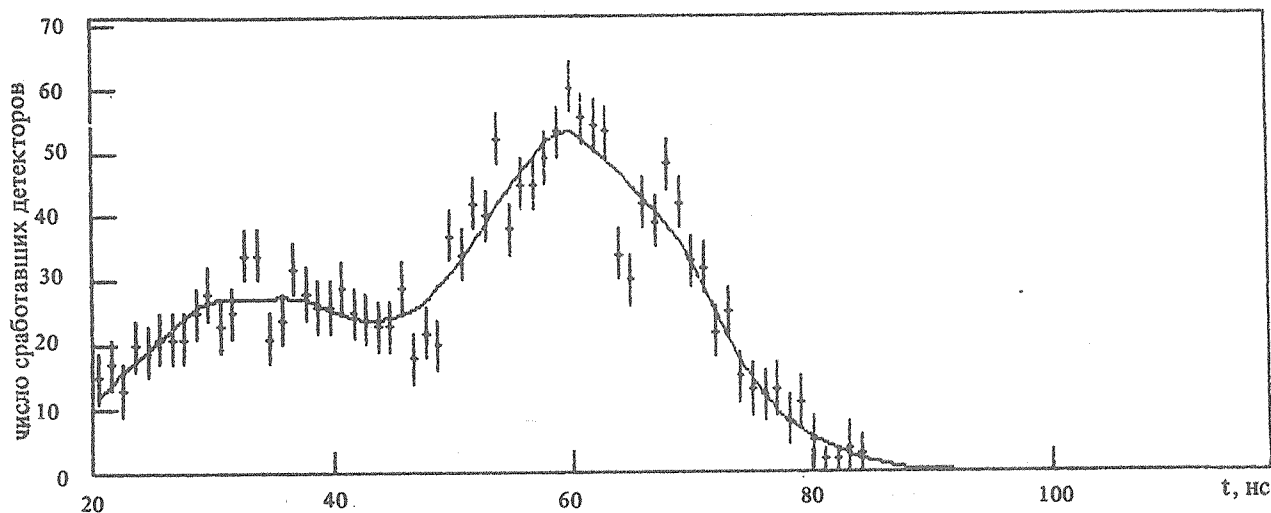


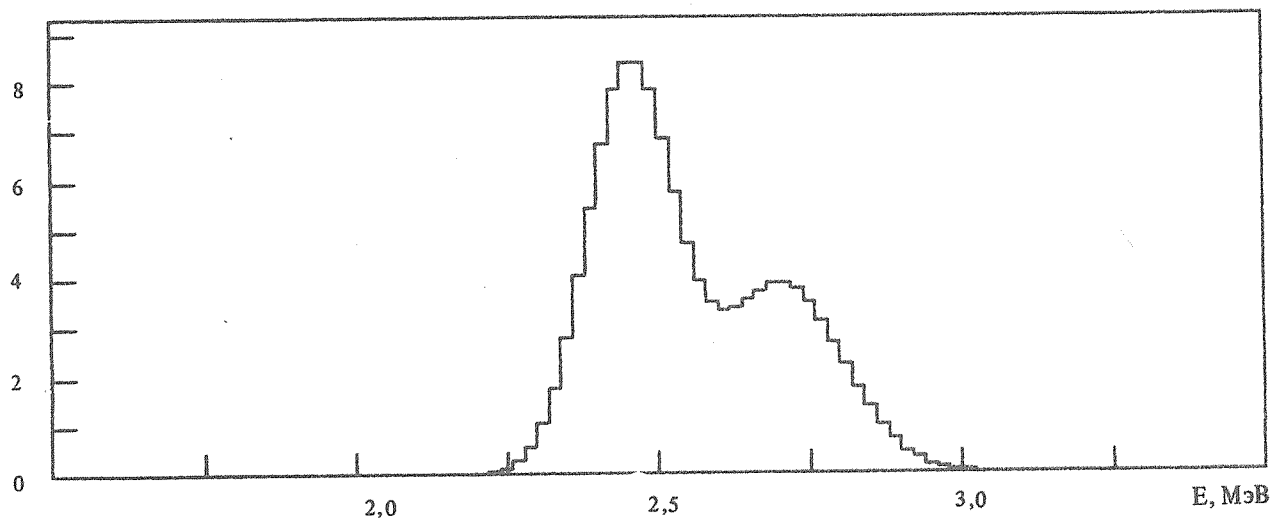
Рис. 1. Блок-схема многофункционального диагностического комплекса.

питания; временной – амплитудный анализатор временной формы нейтронного импульса с быстрой буферной памятью на  $265 \times 6$  бит информации с разрешением 5 нс; контроля и управления – диалоговый режим задания рабочих режимов, контроль рабочих параметров ПФ, принятие решений в аварийных ситуациях; программной – модуль диалоговой системы, позволяющий выбрать необходимое действие.



а

$\partial N/\partial E$ , отн. ед.



б

Рис. 2 а) Временное распределение нейтронов на пролетной базе 100 м; б) Восстановленный спектр нейтронов.

Конструктивно диагностическая система выполнена на базе системы КАМАК с модернизированной шиной сопряжения с отечественной микро-ЭВМ /1, 2/.

Применение времяпролетной методики на установках типа ПФ осложнено тем, что спектр нейтронов искажен вследствие конечного времени испускания нейтронов источником (50–200 нс). Учитывая ограниченные временные возможности анализирующей аппаратуры, быстродействие детектирующей системы, отсутствие хорошо изученных физических импульсных источников быстрых нейтронов, пригодных для калибровочных измерений (аналогичных ПФ), разработан машинный метод моделирования оптимальной

геометрии эксперимента и определения функции отклика регистрирующей части комплекса.

Данные времяпролетных измерений требуют математической обработки для получения истинного распределения нейтронов источника. Для этого используются данные о временной форме нейтронного импульса (результаты сверхбыстрого амплитудного анализа временного тракта).

По данным о распределении сработавших нейтронных детекторов формируется массив начальных значений, из которых вычисляется математическое ожидание экспериментального распределения нейтронной эмиссии. С помощью программы HFIT, которая входит в стандартный пакет программ для гистограммирования данных НВООК /3/, проводится подгонка расчетной кривой к распределению начальных значений (рис. 2). Конечные значения варьируемых параметров соответствуют в общем случае минимуму функционала

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K [(C_i - f(t_i, P_1, \dots, P_n)) / \Delta C_i]^2,$$

где  $K$  — число каналов регистрации спектра;  $C_i \pm \Delta C_i$  — содержимое с ошибкой (экспериментальные точки по  $t_i$ );  $t_i$  — центр канала;  $P_1, \dots, P_n$  — параметры;  $f$  — параметрическая функция.

В качестве параметрической функции применяется выражение вида  $f(t, E)$  с параметрами  $E_1, A_1, \sigma_1, E_2, A_2, \sigma_2$ , определив которые можно восстановить распределение по энергии нейтронов. Анализ результатов фитирования показывает, что данный минимум параметрической функции является глобальным при варьировании исходных значений в разумных пределах.

Разработанная диагностическая система позволяет получать экспресс-информацию в каждом рабочем цикле ПФ за время порядка 3 — 4 минут.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грибков В.А. и др. Препринт ФИАН № 133, М., 1979.
2. Климов В.М., Мытко И.З. Препринт ФИАН № 170, М., 1987.
3. Вун R. et al. НВООК. Users Guide, CERN Computer Centre, 1984, p. 117.

Поступила в редакцию 23 мая 1988 г.