

А.А.СЕМЕНОВ, Д.А. СОЛОВЬЁВ

*Московский инженерно-физический институт (государственный университет)*

## **Алгоритм временной дискретизации уравнений нейтронной динамики комплекса ROSA.**

Представлен один из подходов, используемых в комплексе ROSA для решения уравнений динамики нейтронного поля. Подход обобщает предлагавшийся ранее метод замены аналитического интегрирования уравнений для концентраций предшественников запаздывающих нейтронов

Уравнения нейтронной динамики обладают особенностями позволяющими упростить их решение. Причиной возникновения этих особенностей является независимость процессов переноса нейтронов и изотопной динамики. Эту особенность можно использовать для аналитического интегрирования части уравнений. В [1] предлагался подход, в котором использовалась многоуровневая структура матрицы Якоби системы дифференциальных уравнений для упрощения решения системы пошаговых уравнений. Этот подход привлекателен тем, что позволяет использовать разнообразные алгоритмы интегрирования и позволяет отделить физическую. Указывалось, что данный подход можно использовать и для описания других процессов. Далее описывается один из способов реализации такого обобщения.

Оказалось, что для многих методов численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений вида

$$\begin{aligned} \partial_t Y &= f[Y], \\ Y[0] &= Y_0 \end{aligned}$$

Достаточно определить операции нахождения линейных комбинаций состояний дифференциальной системы и решения нелинейной системы алгебраических уравнений

$$Y + h f[t, Y] = b$$

Где вектор  $b$  и число  $h$  определяются выбором метода интегрирования. В том случае, когда требуется использования методик автоматического контроля погрешности необходимо также определить норму в пространстве состояний дифференциальной системы.

Для тестирования данного подхода была разработана программа, реализующая такой интерфейс. Были реализованы явные и неявные методы Эйлера, Рунге-Кутты, и методы класса BDF[2].

В качестве тестовой системы дифференциальных уравнений рассматривались уравнения динамики ядерного реактора типа ВВЭР с обратными связями. Моделировались процессы на мгновенных нейтронах, динамика эмиттеров запаздывающих нейтронов, динамика ксенона 135 и самария 149, а также динамика температур топлива и теплоносителя.

Построение расчетной схемы включало в себя этапы:

- Линеаризации системы уравнений
- Построения интерфейса к интегратору на основе уравнений (2)
- Исключения части уравнений из системы (2)
- Решения пошаговых уравнений относительно нейтронного потока
- Получения остальных переменных на основе обратной подстановки

Применение такого подхода позволило снизить размерность пошаговой системы уравнений в 5 раз. Позволило использовать схемы разного порядка аппроксимации по времени без изменения программы.

Данный алгоритм используется в настоящее время в программном комплексе «ROSA»[3].

#### *Список литературы:*

1. Семенов А.А., Шукин Н.В., Романин С.Д. Использование стандартных методов интегрирования при решении уравнений кинетики реактора. //Сборник научных трудов научной сессии МИФИ-2003, Москва 2003, т.8, с. 163-164.

2. Хайрер Э, Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Жесткие задачи. / Пер. с англ. Е.Л.Старостина, И.А.Кульчицкой, А.В. Тыглияна и С.С.Филиппова. М: МИР, 1999. 685 с.

3. Соловьев Д.А., Семенов А.А., Романин С.Д. Новые возможности программного комплекса «ROSA» для курсового проектирования ЯЭУ. //Сборник научных трудов научной сессии МИФИ-2006, Москва 2006, т.8, с.112-113.