Увеличение всех размеров до 12 *мм* дало максимальный ток 500 *мка*.

Испытывались нити двух форм: цилиндрические и конические спирали. Существенной разницы не наблюдалось. Ток через нити составлял 5,5—10 *а* в зависимости от диаметра проволоки, толщины нанесенного алюмосиликата и желаемого тока ионов. Максимальная мощность, выделяемая на одной нити, не превышала 20 *вт*. Ток полученных ионов лития изменялся от нити к нити в 1,5—2 раза. Возможными причинами этого могли быть установка нитей относительно вытягивающего электрода и различная толщина наносимого эмиттера.

Поступило в Редакцию 18/II 1966 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. S. Allison et al. Phys. Rev., **102**, 1182 (1956).
2. S. Allison, M. Kamegai. Rev. Scient. Instrum., **32**. 1090 (1961).
3. Я. М. Фогель, А. Д. Тимофеев. «Уч. зап. Харьковск. ун-та», XCVIII, 177 (1958).

Способ решения уравнения диффузии

В. С. ШУЛЕПИН

УДК 621.039.512.4

Известно [1], что уравнение диффузии сводится к факторизованной системе трех нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка. Покажем, что однородное уравнение для потока нейтронов в симметричном одномерном реакторе можно привести к системе двух нелинейных уравнений первого порядка.

Запишем уравнение диффузии в виде

$$\frac{1}{r^{\nu}}\cdot\frac{d}{dr}\left(r^{\nu}D\frac{d\Phi}{dr}\right)+B^{2}\Phi=0, \tag{1}$$

где D — коэффициент диффузии; Φ — скалярный поток нейтронов; $B^2=\frac{\nu_f\Sigma_f}{k_{эфф}}-\Sigma_c$; ν_f — число нейтронов, образующихся в одном акте деления; Σ_c, Σ_f — сечения поглощения и деления соответственно; ν равно 0; 1 и 2 для плоской, цилиндрической и сферической геометрий соответственно.

Введем функцию

$$\beta(r)=\frac{\frac{\Phi}{2}+D\frac{d\Phi}{dr}}{\frac{\Phi}{2}}. \tag{2}$$

Из равенства (2) получим

$$\Phi\beta=\Phi+2D\frac{d\Phi}{dr}; \tag{3}$$

$$\frac{d\Phi}{dr}=\frac{\Phi(\beta-1)}{2D}. \tag{4}$$

Применив к обеим частям равенства (3) оператор $\frac{1}{r^{\nu}}\cdot\frac{d}{dr}r^{\nu}$, запишем

$$\frac{1}{r^{\nu}}\cdot\frac{d}{dr}(r^{\nu}\beta\Phi)=\frac{1}{r^{\nu}}\cdot\frac{d}{dr}(r^{\nu}\Phi)+\frac{2}{r^{\nu}}\cdot\frac{d}{dr}\left(r^{\nu}D\frac{d\Phi}{dr}\right), \tag{5}$$

откуда с помощью выражений (1) и (4) придем к следующему уравнению для β:

$$\frac{d\beta}{dr}=(1-\beta)\left[\frac{\nu}{r}+\frac{(\beta-1)}{2D}\right]-2B^{2}. \tag{6}$$

Из формулы (2) видно, что при $r=0$ (центр реактора) $\beta=1$, так как в этой точке $\frac{r\Phi}{dr}=0$ вследствие симметрии потока. Условие на границе двух сред представляет собой непрерывность величины β, что является следствием граничных условий диффузионного приближения.

Уравнение (6) можно решить численно, например методом Кутта [2]. Для этого необходимо знать величину правой части уравнения в точке $r=0$, где она имеет особенность. Преобразуем уравнение (6) с целью устранения этой особенности, для чего умножим обе части уравнения на r и введем функцию $\alpha=\beta r$. Тогда получим

$$\frac{d\alpha}{dr}=\frac{\alpha}{r}+\left(1-\frac{\alpha}{r}\right)\left[\nu+\frac{\left(\frac{\alpha}{r}-1\right)r}{2D}\right]-2rB^{2} \tag{7}$$

с условием $\alpha(0)=0$. Величина $\frac{\alpha}{r}$ в правой части уравнения (7) определена при $r=0$, так как $\lim\limits_{r\to 0}\frac{\alpha}{r}=\beta(0)=1$.

Если функция $\beta(r)$ известна, то поток Φ можно найти путем решения уравнения (4), для которого $\left.\frac{d\Phi}{dr}\right|_{r=0}=0$. Аналитическое решение уравнения (4) имеет вид

$$\Phi(r)=C\exp\int\limits_0^r\frac{(\beta-1)}{2D}\,dr,$$

где C — постоянная.

Известно, что при решении задачи в диффузионном приближении на внешней границе реактора ($r=R_{гр}$) ставится условие

$$\frac{\Phi(R_{гр})}{2}+D\left.\frac{d\Phi}{dr}\right|_{r=R_{гр}}=0,$$

которое в соответствии с равенством (2) можно записать в виде

$$\beta(R_{гр})=0. \tag{8}$$

Условие (8) позволяет найти величину $k_{эфф}$ реактора конечного размера. Для этого уравнение (7) решается несколько раз при различных значениях $k_{эфф}$, а затем строится график зависимости $\beta(R_{гр})$ от $k_{эфф}$, с помощью которого искомая величина $k_{эфф}$ определяется при $\beta=0$. Данный метод может обладать преимуществом по сравнению с методом итераций, применяемым для решения факторизованной системы уравнений, эквивалентной уравнению (1), так как при медленной сходимости итерационного процесса позволяет быстрее найти величину $k_{эфф}$.

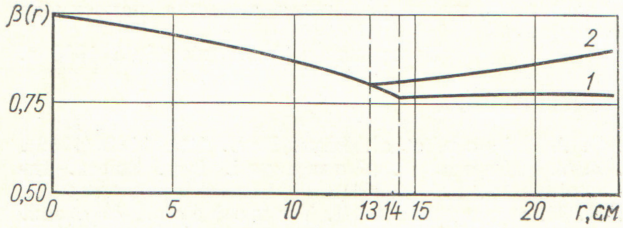

График функции β (r).

Критерий (8) нельзя применить для определения $k_{эфф}$ реактора с бесконечным отражателем. В этом случае, как показывает численный расчет, β стремится к постоянной величине по мере удаления от активной зоны (см. рисунок). Путем аналитического решения уравнения (1) было найдено, что при $k_{эфф} = 1$ критический радиус активной зоны $R_{а.з} = 14{,}2$ *см*. Уравнение (7) решалось методом Кутта с шагом по r, равным 1 *см*, при указанных значениях $k_{эфф}$ и $R_{а.з}$. Расчетные константы приведены в таблице.

Как видно из рисунка, функция β (r) убывает по мере удаления от центра активной зоны и стремится к постоянной величине в отражателе (кривая *1*). Проведен также расчет реактора при $k_{эфф} = 1$ и $R_{а.з} = 13$ *см*, т. е. подкритического реактора. В этом случае функция β (r) в отражателе возрастает (кривая *2*).

Функция β (r) не единственная, с помощью которой можно осуществить переход от уравнения (1) к уравнениям типа (4) и (6). В работе [3] показано, что использование функции $\eta(r) = \dfrac{\frac{d\Phi}{dr}}{\Phi}$ также приводит к уравнениям, аналогичным (4) и (6).

Расчетные константы

Константы	Активная зона	Отражатель
D	1,30	1,00
Σ_c	0,028	0,0070
$\nu_f\Sigma_f$	0,040	0,00

Распространение метода на случай многих групп возможно при известных отношениях $\frac{\Phi_1}{\Phi_2}, \frac{\Phi_1}{\Phi_3}, \frac{\Phi_2}{\Phi_3} \ldots$ (индексы 1, 2, 3 ... — номера групп) в центре реактора, которые могут быть заданы приближенно, например как отношения групповых потоков в бесконечной среде.

Автор выражает благодарность Г. Я. Румянцеву, Ю. И. Орехову и Л. Я. Исаковой за ценные критические замечания.

Поступило в Редакцию 22/II 1966 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. И. Марчук. Методы расчета ядерных реакторов. М., Госатомиздат, 1961.
2. Э. Д. Бут. Численные методы. М., Физматгиз, 1959.
3. С. Бингулац и др. Доклад № 706, представленный Югославией на Третью международную конференцию по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1964).

Об использовании универсальных электронно-вычислительных машин для комплексной оценки результатов исследований при поисках месторождений урана

И. А. ЛУЧИН

УДК 550.8

Все известные месторождения урана открыты радиометрическими методами. Однако глубинность этих методов очень мала. С их помощью можно вести поиски месторождений на площадях с мощностью рыхлых отложений не более 10—12 *м*. Поиски не выходящих на поверхность земли и глубоко залегающих месторождений ведутся на более высоком уровне с широким применением общих геофизических (грави-, электро- и магнитометрического), литолого-петрографических, геохимических и других методов.

Объем информации, получаемой при таких исследованиях, велик, ее переработка традиционными приемами трудна, а выводы в известной степени субъективны. Для комплексного анализа результатов геолого-геофизических исследований могут быть использованы методы теории вероятностей, теории статистических решений и теории игр. Анализ информации целесообразно проводить на ЭВМ (предполагается использование ЦЭВМ — цифровых электронно-вычислительных машин), способных хранить и обрабатывать большой объем информации. Таким путем могут быть выявлены содержащиеся в последней закономерности и связи, установлены статистические критерии.

Такая обработка материалов по известным геологическим объектам и сравнение полученных данных с информацией по исследуемой площади дает возможность установить критерии, определяющие вероятность нахождения месторождений, перспективность отдельных геологических районов, оценить выявленные аномалии и рудопроявления. Результаты машинного анализа могут послужить объективной основой для составления металлогенических и прогнозных карт.

Известно, что локализация месторождения на той или иной площади является результатом совместного действия большого числа факторов, частью установленных, частью предполагаемых. Одна из сложностей комплексного анализа состоит в том, что исследователь имеет дело не с причинами, а с их следствиями, причем в ряде случаев одна и та же причина может привести к различным результатам.

Целью анализа на ЦЭВМ является установление статистически обоснованных связей между известными