

548606304



Ордена Ленина и Ордена Славы Советской Республики

Институт атомной энергии

им. И. В. Курчатова

А.В. Жирнов, А.С. Каминский

ИАЭ-4102/4

**ФИЗИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВТГР С ПОЛОСТЬЮ
В РАМКАХ ДИФфуЗИОННОГО ПРИБЛИЖЕНИЯ**

Москва 1985

РУБРИКАТОР ПРЕПРИНТОВ ИАЗ

1. Общая, теоретическая и математическая физика
2. Ядерная физика

3. Общие проблемы ядерной энергетики
4. Физика и техника ядерных реакторов
5. Методы и программы расчета ядерных реакторов

6. Теоретическая физика плазмы
7. Экспериментальная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез
8. Проблемы теорядерного реактора

9. Физика конденсированного состояния вещества
10. Физика низких температур и техническая сверхпроводимость
11. Радиационная физика твердого тела и радиационное материаловедение

12. Атомная и молекулярная физика
13. Химия и химическая технология

14. Приборы и техника эксперимента
15. Автоматизация и методы обработки экспериментальных данных
16. Вычислительная математика и техника

Индекс рубрики дается через дробь после основного номера ИАЗ.

Ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции
Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова

А.В. Жирнов, А.С. Калмыцкий

**ФИЗИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВТГР С ПОЛОСТЬЮ
В РАМКАХ ДИФФУЗИОННОГО ПРИБЛИЖЕНИЯ**

Москва
1985

УДК 621.039.51

Ключевые слова: высокотемпературный газоохлаждаемый реактор (ВТГР), нейтронно-физические характеристики, эффекты полости, методики, апробация.

Рассмотрены методики учета большой полости с введенными поглощающими стержнями при расчете таких систем в рамках диффузионного приближения. Методики и программы апробированы по данным, полученным на критических сборках КАНТЕР.

© Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова, 1985

Редактор Л.И. Кирюхина
Технический редактор Н.А. Малькова
Корректор Г.Я. Кармадонова

Т-19591. 5.10.84. Формат 60x90/16. Уч.-изд.л. 1,1.
Тираж 105. Индекс 3624. Заказ 63

Отпечатано в ИАЭ

ВВЕДЕНИЕ

Одной из особенностей высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (ВТГР) является наличие технологической полости (в том числе и с введенными регулируемыми стержнями) между активной зоной из шаровых элементов и верхним торцевым отражателем.

Для расчета таких реакторов обычные диффузионные программы не могут быть использованы, поскольку диффузионное приближение неприменимо в полости. Программы, реализующие кинетическое уравнение, требуют весьма больших счетных времен при определении нейтронно-физических характеристик ВТГР. Очевидно, для практических расчетов таких реакторов необходимо использовать комбинированный подход, позволяющий описывать систему с полостью в рамках диффузионного приближения.

В данной работе рассмотрены методы и программы расчета в рамках диффузионного приближения ВТГР с большой полостью (в том числе и с введенными регулируемыми стержнями) и выполнена их апробация по данным критсборок КАНТЕР, исследовавшихся в ФРГ [1].

1. МЕТОДИКИ УЧЕТА ПОЛОСТИ И ПОГЛОЩАЮЩИХ СТЕРЖНЕЙ

Обычно при расчетах систем с большой полостью в рамках диффузионного приближения используются два подхода [2 — 4].

В первом подходе применяется метод, который сочетает в себе комбинацию теории переноса в полости и теории диффузии в остальной (основной) части реактора при использовании соответствующих граничных условий. Связь между границами полости дается матрицей переноса

са нейтронов M , описывающей зависимость между односторонними токами диффузионного решения:

$$\bar{I}_{\text{вх}} = M \bar{I}_{\text{вх}} \quad (1)$$

Для цилиндрической полости без стержней матрицы парного нейтронов при равномерном и азимутальном угловом распределении потока нейтронов определяются аналитически.

Элементарная матрица берется с равномерным шагом, рассчитываясь методом Монте-Карло. При этом получается возможность расчета не только пустой полости, но и полости с регулирующими стержнями, произвольным расположением в полости. Считая внешю в данном случае по сравнению с расчетом всей системы методом Монте-Карло значительно меньше.

Во втором подходе система рассчитывается с помощью обычных диффузионных программ, при этом полость описывается эквивалентными константами.

При выводе диффузионных констант рассматривается цилиндрическая полость без стержней, окруженная, как и в ВТТ Р, сверху и сбоку графитовым отражателем, снизу активной зоной с графитовым замедлителем. В этом случае азимутальная зависимость потока нейтронов отсутствует, сечение поглощения в пустой полости можно положить равным нулю, поэтому уравнение диффузии записывается в виде:

$$\left(D_r \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r \frac{\partial}{\partial r} + D_z \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \Phi(r, z) = 0 \quad (2)$$

Так как из кинетической теории известно, что пространственная зависимость потока нейтронов в полости слабая, решение ограничивается квадратичными членами разложения в ряд по пространственным координатам. Теория диффузии позволяет вычислить из полученных потоков токи нейтронов через поверхность полости, зависящие от коэффициентов диффузии в полости. Делая предположения о пространственном распределении влетающих в полость нейтронов, из кинетической теории также можно получить выражения для токов нейтронов через поверхность полости. Значения D_r и D_z определяются из условия равенства токов нейтронов, входящих в полость через поверхность активной зоны, для диффузионного и кинетического решений.

Соотношения для эффективных коэффициентов диффузии в полости имеют вид [4]:

— для изотропного входного тока нейтронов:

$$D_z = \frac{(H+4)\sqrt{H^2+4} - 8 + 4H - H^2}{12H}; \quad (3)$$

$$D_r = \frac{\frac{3}{2} D_z H^2 (H\sqrt{H^2+4} - H^2 - 2 + 4 \ln \frac{H + \sqrt{H^2+4}}{2H})}{(24 + 14H + 2H^2 + H^3)\sqrt{H^2+4} - 48 - 28H - 16H^2 - 2H^3 - H^4 + \dots + 24 \ln \frac{H + \sqrt{H^2+4}}{2}}; \quad (4)$$

— для линейно-анизотропного углового распределения входного потока нейтронов:

$$D_{z1} = \frac{\pi(\sqrt{H^2+4}(H^2+H) - 8 - 6H - H^3)}{12H(\frac{H^2}{\sqrt{H^2+4}} K(\frac{2}{\sqrt{H^2+4}}) - \sqrt{H^2+4} E(\frac{2}{\sqrt{H^2+4}}))}; \quad (5)$$

$$D_{r1} = \frac{\frac{3}{2} D_{z1} H^2 (H\sqrt{H^2+4} - H^2 - 2 + 4 \ln \frac{H + \sqrt{H^2+4}}{2H})}{H^4 - 16H - H(H^2 - 2)\sqrt{H^2+4} + 24 \ln \frac{H + \sqrt{H^2+4}}{2} + \frac{8D_{z1}}{\pi} \times \dots \times (3\pi H - 8 + \frac{H^2(H^2-2)}{\sqrt{H^2+4}} K(\frac{2}{\sqrt{H^2+4}}) - \frac{H^4-16}{\sqrt{H^2-4}} E(\frac{2}{H^2+4}))}; \quad (6)$$

где $H = \Delta/R$ — отношение ширины к радиусу полости; K , E — полные эллиптические интегралы соответственно первого и второго рода.

Поскольку в некоторых существующих диффузионных программах отсутствует возможность учета анизотропии диффузии, рассмотрим также средний коэффициент диффузии в полости. Он определяется из условия, что средняя длина пробега через полое пространство находится из соотношения:

$$l = 4V/S, \quad (7)$$

и эта величина истолковывается как длина пути перемещения. Здесь V , S — объем и поверхность полости соответственно. Тогда одну треть этой длины следует рассматривать как постоянную диффузии, т.е.

$$D = \frac{l}{3} = \frac{4V}{3S}. \quad (8)$$

Изменение эффективных констант полости при погружении в нее поглощающих стержней слабо влияет на нейтронно-физические характеристики, поэтому коэффициенты диффузии в полости со стержнями можно принимать такими же, как и при отсутствии последних. Это подтверждается в работах [1,4] и проведенными исследованиями.

Расчеты систем с поглощающими стержнями по диффузионным программам выполняются при представлении стержней через граничные условия на поверхности областей, содержащих стержни, или с использованием эквивалентных сечений в этих областях. Широко применяется метод описания эквивалентных сечений поглощающих стержней путем взвешивания реальных сечений в области стержня по нейтронным потокам, полученным из кинетических одно или двумерных расчетов.

В [5] предлагается метод определения эквивалентных сечений для представления поглощающих стержней в диффузионных расчетах, основанный на равенстве утечек в кинетических и диффузионных расчетах. Утечка определяется непосредственно из кинетических вычислений или из нейтронного баланса, полученного из кинетических расчетов:

$$L(r_1) = L_+ - L_- - P_a + P_f, \quad (9)$$

где r_1 — радиус зоны, по которой делается усреднение; L_+ , L_- , P_a , P_f — скорость втекания, вытекания, поглощения и деления нейтронов в зоне усреднения соответственно.

Приравнявая кинетическую и диффузионную утечки и используя принятую в рассматриваемой диффузионной программе сеточную схему, вычисляется средний поток в области зоны усреднения $\bar{\varphi}$. Эквивалентная скорость i -й реакции внутри зоны усреднения, рассчитанная по диффузионной теории, есть

$$A_i = \Sigma_i \bar{\varphi} V, \quad (10)$$

где Σ_i — искомое эквивалентное макросечение i -й реакции; V — объем области усреднения.

Достоинство предложенного в [5] метода в том, что при выборе r_1 равным радиусу поглощающего стержня имеется возможность определения энерговыделения около стержня. Однако при использовании этого метода усложняется вычисление эквивалентных констант поглощающих стержней для диффузионного расчета и алгоритм существенно зависит от пространственной сетки программы.

2. МЕТОДЫ И ПРОГРАММЫ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКОГО РАСЧЕТА

При описании полости с помощью эффективных констант расчеты выполнялись по программам, широко применяемым для определения нейтронно-физических характеристик ВТГР.

Для расчета групповых констант использовались программы WIMS [6,7] и НЕКТАР [8]. Расчет элементарных ячеек проводился по программе WIMS, при этом переход от сферической к цилиндрической геометрии осуществлялся из условия сохранения средней хорды в топливной зоне твэла и отношения объемов зон топлива и замедлителя. Учет резонансных эффектов в системах с двойной гетерогенностью выполнялся с помощью программы НЕКТАР. Особенности переноса нейтронов в шаровой засыпке и в зонах с каналами (например, под стержни СУЗ) учитывались корректировкой транспортных сечений, используя соотношения [9]:

$$\Sigma_{tr} = \Sigma_{tr}^{гом} - \frac{3(\Sigma_{tr}^{гом})^2}{3\Sigma_{tr}^{гом} + 1/C_B} \quad (11)$$

где $C_B = (2/3)f[(1-f)/f]^2 + 1/8$ — для шаровой засыпки; $C_B = (8/9)f(1-f)(V_n/S_n)$ — для зоны с каналами; $f = V_M/V$; V_n , S_n — объем и поверхность канала соответственно; V_M , V — объем материалов и общий объем ячейки соответственно.

Эффективный коэффициент размножения, пространственно-энергетическое распределение нейтронов при наличии и отсутствии поглощающих стержней определялись по трехмерной программе QUM-3-HER [10].

При расчете систем без поглощающих стержней использовалась также двумерная программа ПЕНАП [11].

Метсдика, использующая матрицу переноса нейтронов, реализована в двумерной программе ДОП [3].

3. АПРОБАЦИЯ МЕТОДИК И ПРОГРАММ ПО ДАННЫМ КРИТСБОРОК КАНТЕР

Краткое описание критсборок

В критической установке КАНТЕР (рис. 1) на стальной основе был смонтирован боковой графитовый отражатель, который представлял собой полый цилиндр с внешним диаметром 296 см и толщиной 40 см. Высота сборки 300 см, толщина верхнего торцевого отражателя 50 см, нижнего 24 см. Между верхним торцевым отражателем и активной зоной реализована полость шириной 50 см.

В установке использовались шаровые топливные элементы AVR двух типов: AVR-1 и AVR-2 и ТНТР. Топливные элементы содержали топливо в форме микротвэлов с $(U - Th) - O_2$ -кернами для ТНТР-твэлов и $(U - Th) - C_2$ -кернами для AVR-1-твэлов. AVR-2-твэлы представляли собой шары из графитовой оболочки, которые заполнялись смесью $U - Th - C$ и закрывались графитовой заглушкой. Массы урана и тория в обоих AVR-твэлах одинаковы. В табл. 1 приведены геометрические параметры и состав данных топливных элементов.

В экспериментах использовались также графитовые и боросодержащие поглощающие шаровые элементы диаметром 6 см. Поглощающие элементы (пэлы) содержали в центре графитовых шаров борные вставки, высота и диаметр которых 2 см. Среднее содержание B_3N в них 668 мг. Плотность графита в этих элементах $1,687 \text{ г/см}^3$, эффективное сечение поглощения графита (0,0253 эВ) $4,87 \cdot 10^{-3} \text{ б}$.

Для имитации профиля мощности ВТГР с принципом ОПАЗ в критической установке собиралась многослойная активная зона. На нижний отражатель загружалась смесь пэлов и графитовых шаров (в соотношении 1 : 1) толщиной 26 см. Затем помещалась смесь ТНТР-твэлов и графитовых элементов (в соотношении 3 : 1) толщиной 113 см. Сверху активной зоны располагалась смесь AVR-твэлов и графитовых шаров (в соотношении 3 : 1), внизу помещались AVR-1-твэлы (толщина зоны 29,8 см), сверху — AVR-2-твэлы (толщина зоны выбиралась из условия обеспечения критичности сборки). Над активной зоной следует полость с алюминиевыми несущими конструкциями для удержания верхнего торцевого отражателя.

Для управления и обеспечения безопасности в установке имелись 8 поглощающих стержней в боковом отражателе и 1 центральный стержень, который двигался в алюминиевой трубе.

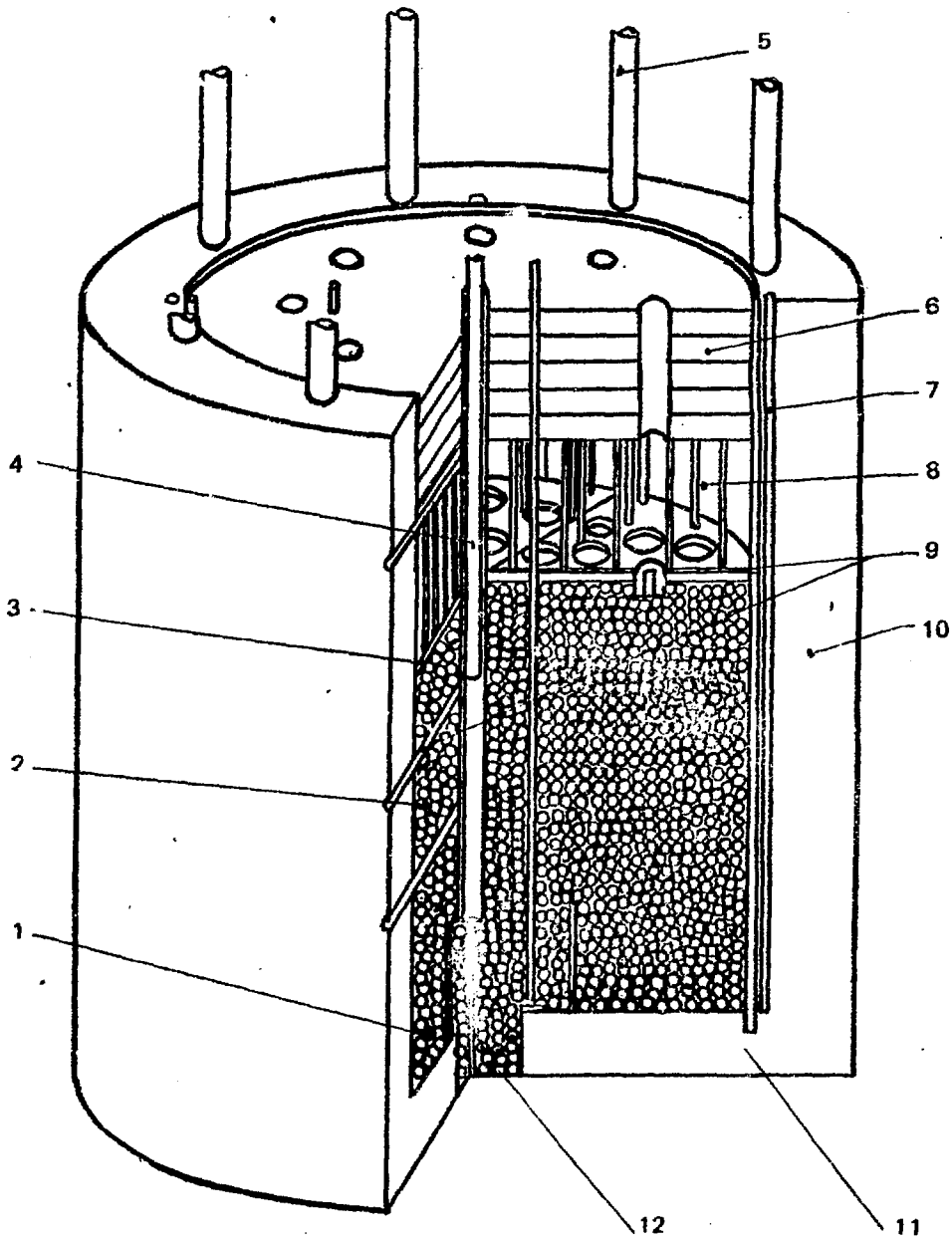


Рис. 1. Критическая сборка КАНТЕР: 1 – пзлы; 2 – твэлы типа ТНТР; 3 – твэлы типа AVR; 4 – центральный регулирующий стержень; 5 – регулирующие стержни в боковом отражателе; 6 – верхний торцевой отражатель; 7 – каналы для детекторов; 8 – полость; 9 – алюминиевые трубы для измерений; 10 – боковой отражатель; 11 – нижний торцевой отражатель; 12 – разгрузочный канал

Т а б л и ц а 1. Параметры топливных элементов критсборок

Параметр	THTR	AVR-1	AVR-2
Внешний радиус твэла, м	30	30	30
Радиус топливного сердечника, мм	23	25	19
Содержание урана, г	1,0322	1,075	1,075
Содержание урана-235, г	0,96	1,00059	1,00059
Обогащение урана по урану-235, %	93	93,078	93,078
Содержание тория, г	10,2	4,97	4,97
Содержание графита в твэле, г	192	192,7	190,7
Эффективное микросечение поглощения графита (0,0253 эВ), б	$3,8 \cdot 10^{-3}$	$3,72 \cdot 10^{-3}$	$3,72 \cdot 10^{-3}$
Радиус микротвэла, мкм	390	378,1	—
Радиус зерна, мкм	200	192,5	—
Плотность зерна, г/см ³	8,27	9,9	—

Изучение эффектов стержней проводилось при расположении исследуемых поглощающих стержней в верхнем торцевом отражателе и полости, при этом регулировочные стержни извлекались. Реализованы критсборки с погруженными на глубину полости 2, 4 и 8 исследуемыми стержнями, размещенными симметрично относительно центра на радиусе 68 см, и без стержней. Общее количество элементов в активной зоне сборки без поглощающих стержней равно 21 805, при погружении 2, 4 и 8 стержней соответственно составило 22 255, 22551, 23 061.

Для расчетов исследуемой стержень представлялся в виде трех цилиндрических зон, радиусы и составы которых приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Параметры исследуемого поглощающего стержня

Изотоп	Зона 1 R = 1,8 см	Зона 2 R = 2,8 см	Зона 3 R = 3,5 см
¹⁰ B	—	$1,450 \cdot 10^{-2}$	—
¹¹ B	—	$5,942 \cdot 10^{-2}$	—
C	—	$1,848 \cdot 10^{-21}$	—
N	$3,142 \cdot 10^{-5}$	—	$2,931 \cdot 10^{-5}$
O	$8,328 \cdot 10^{-6}$	—	$7,767 \cdot 10^{-6}$
Fe	$1,781 \cdot 10^{-2}$	—	$2,232 \cdot 10^{-2}$

Анализ результатов исследований

Как видно из табл. 3, в рассматриваемых твэлах имеет место удовлетворительное согласие определенных резонансных интегралов и соответствующих значений [1] (отличие не превышает ~6%).

Таблица 3. Полные резонансные интегралы в твэлах сборки

Тип твэла	Полученные в данной работе величины						Расчетные значения [1]					
	^{232}Th	^{235}U	^{238}U	^{232}Th	^{235}U	^{238}U	^{232}Th	^{235}U	^{238}U	^{232}Th	^{235}U	^{238}U
ТНТР	39,84	233,21	267,96	42,33	248,49	264,43						
AVR-1	49,38	264,64	265,24	52,50	248,13	263,80						
AVR-2	46,84	237,22	263,15	46,84	246,00	260,84						

Наблюдается также близость рассчитанных спектров и значений коэффициентов размножения нейтронов в твэльных зонах с соответствующими данными [1], что иллюстрируют рис. 2 и табл. 4.

Таблица 4. K_{∞} в твэльных ячейках сборки КАНТЕР

Тип твэла	Полученные в данной работе величины	Расчетные значения [1]
ТНТР	1,48	1,53
AVR-1	1,69	1,70
AVR-2	1,69	1,71

Тестирование рассмотренных методик и программ вначале выполнено для сборки КАНТЕР без исследуемых поглощающих стержней.

Анализ результатов табл. 5, в которой представлены экспериментальные и расчетные значения эффективного коэффициента размножения нейтронов, позволяет сделать следующие выводы:

1. Совпадают значения эффективных коэффициентов размножения нейтронов, полученные как с анизотропными коэффициентами диффу-

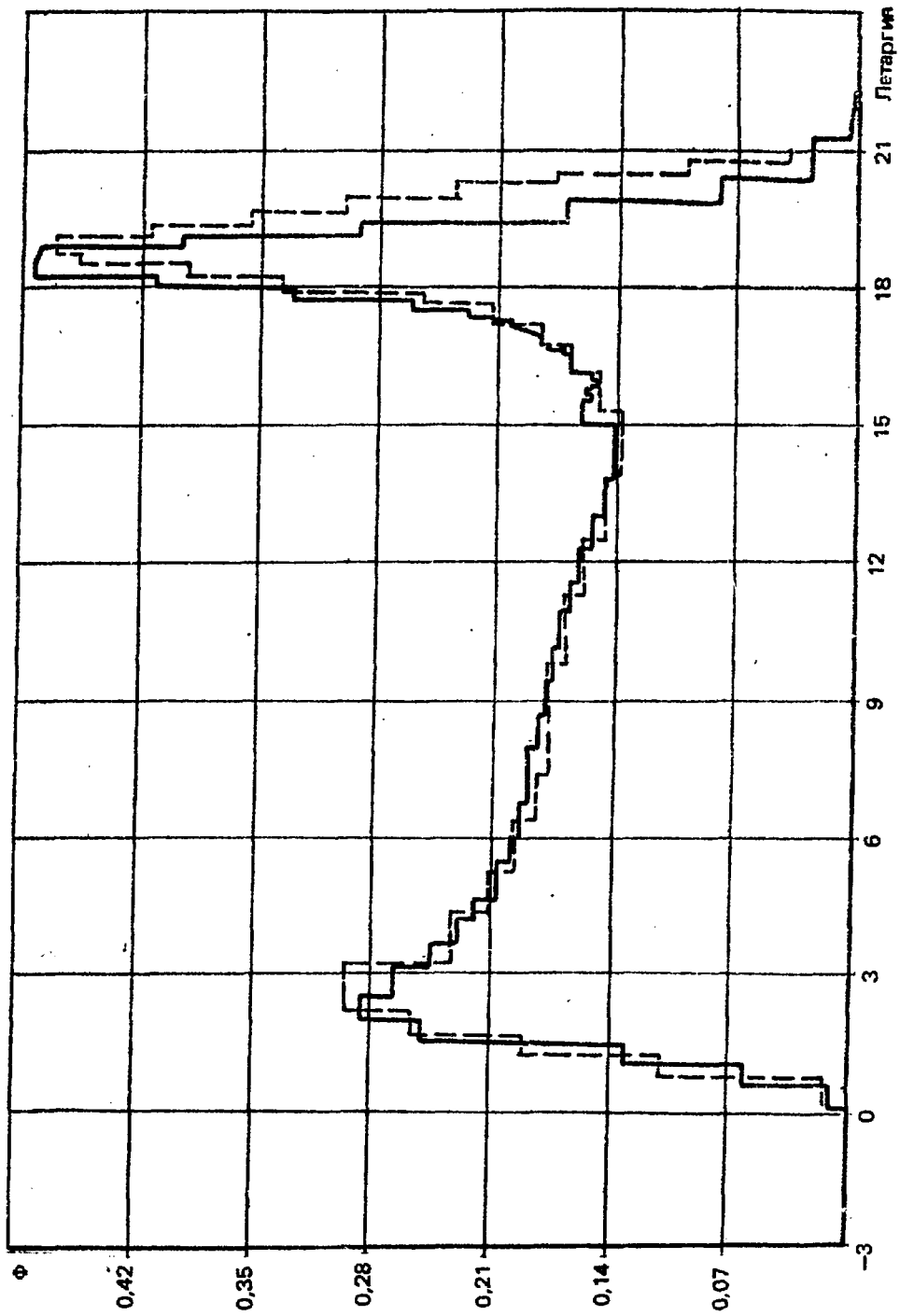


Рис. 2. Спектр нейтронов в тэлле ТНТР: — расчет [1]; - - - расчет в данной работе

Таблица 5. $K_{эф}$ сборки КАНТЕР без исследуемых поглощающих стержней

Метод	Эксперимент	Расчет [1]	ДОП	ПЕНАП, D_r, D_z	ПЕНАП, D_{r1}, D_{z1}	ПЕНАП, D	QUM-3-HER, D
$K_{эф}$	1,001	0,997 – 1,006	1,000	0,999	0,999	0,999	1,007

зии (рассчитанными в предположениях изотропного и линейно-изотропного углового распределения входного потока нейтронов), так и с изотропными коэффициентами диффузии.

2. Наблюдается удовлетворительное согласие значений $K_{эф}$, определенных по программе ДОП с использованием матриц переноса нейтронов и по программе ПЕНАП с эффективными диффузионными константами полости (отличие составляет 0,1%).

3. Экспериментальное значение эффективного коэффициента размножения нейтронов и расчетные величины, полученные по программам ДОП и ПЕНАП, различаются не более 0,2%, по программе QUM-3-HER – 0,6%, что близко к различиям экспериментального значения $K_{эф}$ и расчетных величин [1].

Пространственно-энергетические распределения нейтронов, определенные с помощью рассмотренных методов учета полости, также слабо различаются (рис. 3 и 4).

Сравнение экспериментальных аксиальных и радиальных (для различных r и z) распределений скоростей реакций ^{164}Dy , ^{235}U и соответствующих расчетных зависимостей, полученных с использованием различных методов учета полости в рамках диффузионного приближения и программ, показывает удовлетворительное их согласие (отличие не превышает 10%), что близко к различию экспериментальных и расчетных [1] распределений. Иллюстрацией характерного соответствия распределений являются рис. 5 – 7.

Расчет сборки КАНТЕР с погруженными в верхний торцевой отражатель и полость исследуемыми поглощающими стержнями выполнялся по трехмерной программе QUM-3-HER и двумерной программе ДОП. В последнем случае определение матриц переноса нейтронов для полости проводилось с использованием метода Монте-Карло, а в верхнем торцевом отражателе стержни представлялись в виде эквивалентного кольца. Рассматривались сборки при погружении 2, 4 и 8 стержней. Наиболее

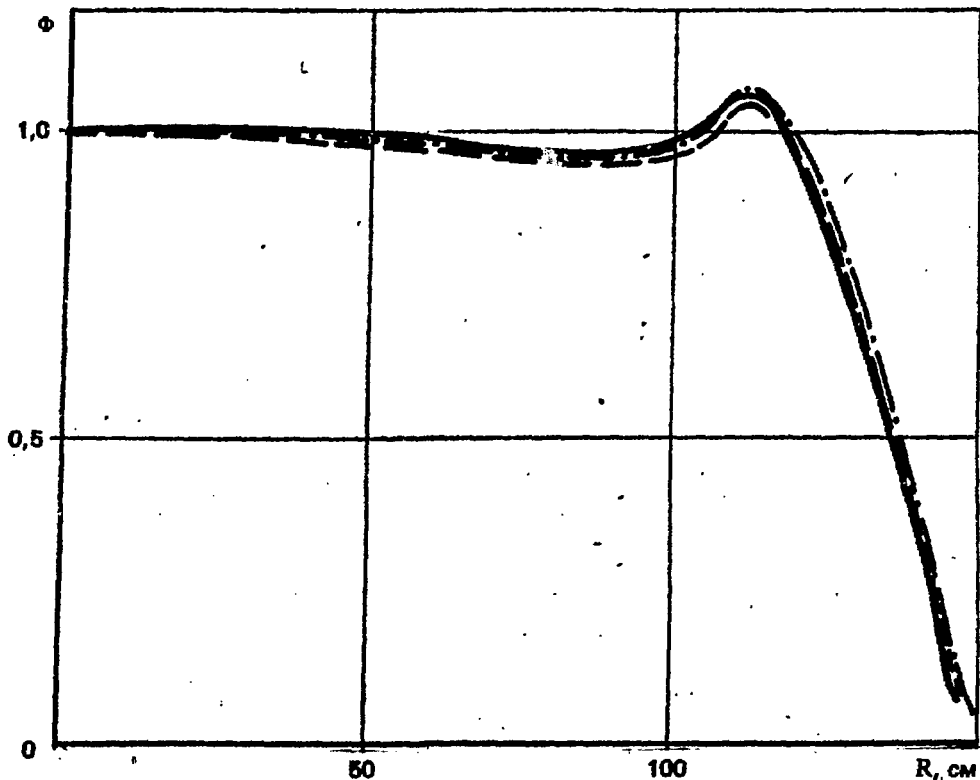


Рис. 3. Радиальное распределение потока тепловых нейтронов в сборке КАНТЕР без стержней ($z = 187,8$ см): — — — расчет по программе ДОФ; - - - - расчет по программе ПЕНАП (D_2, D_3); - · - · - расчет по программе ПЕНАП (D)

полная информация имеется для трехмерной программы QUM-3-HER, поскольку для двумерных программ возникают трудности корректного расчета малого количества стержней.

Для сборок КА-ТМД с погруженными стержнями отличие экспериментальных и расчетных значений эффективного коэффициента размножения нейтронов составляет 0,5 – 0,9%, распределений скоростей реакций не превышает 10%, что также близко к различиям соответствующих экспериментальных и расчетных [1] данных (табл. 6 и рис. 8).

Наблюдается относительно слабая чувствительность $K_{эф}$ сборок к небольшим (до 10%) изменениям изотропных коэффициентов диффузии полости ($\Delta K/K < 0,05\%$). Однако при увеличении ΔD это влияние усиливается (для ΔD , равных 25 и 50%, $\Delta K/K$ соответственно составят 0,8 и 1,5%).

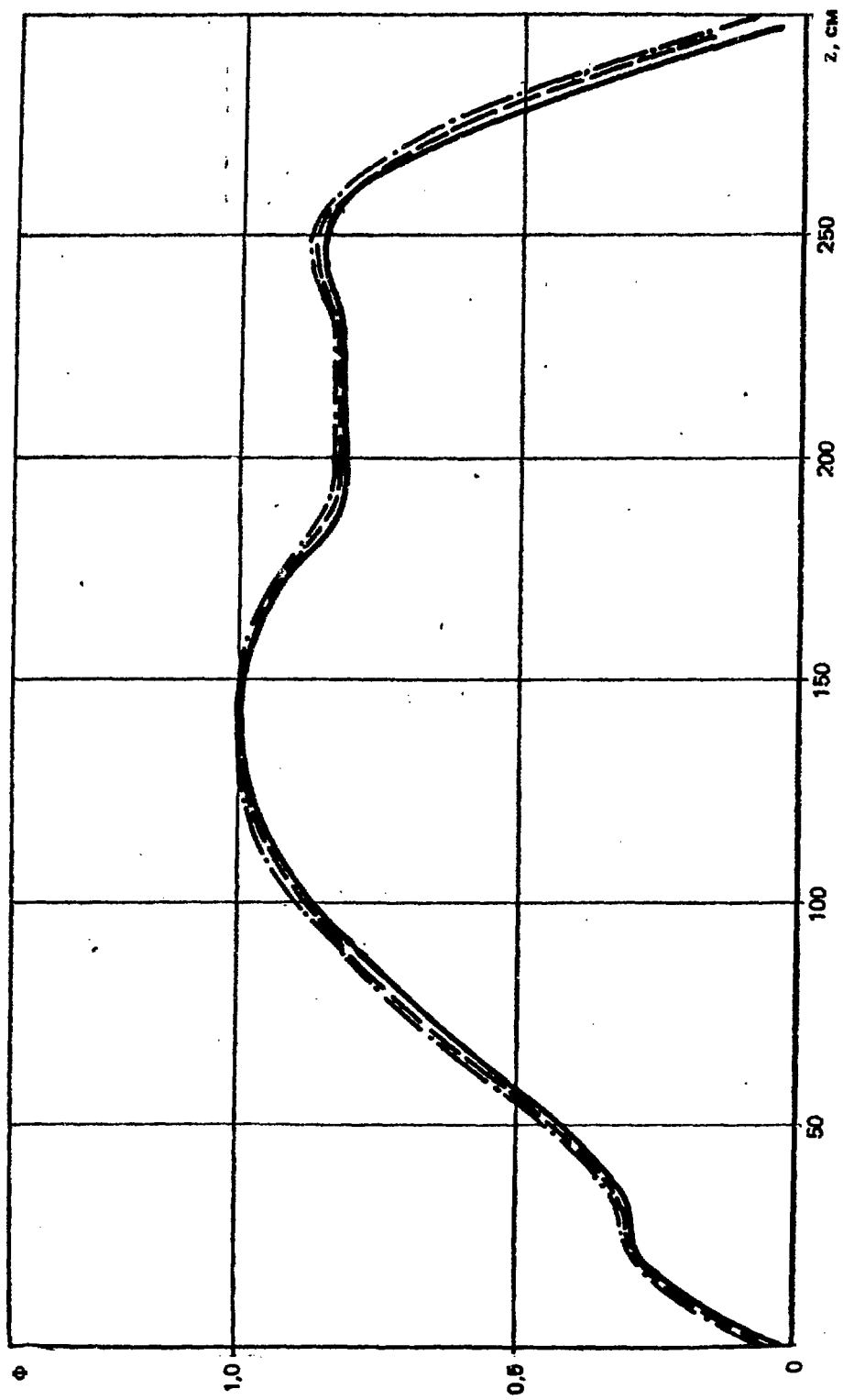


Рис. 4. Аксиальное распределение потока тепловых нейтронов в сборке KANTER без стержней ($R = 23,5$ см): — — расчет по программе ДОП; - - - - расчет по программе ПЕНАП (D_2, D_1); - · - · - расчет по программе ПЕНАП (D).

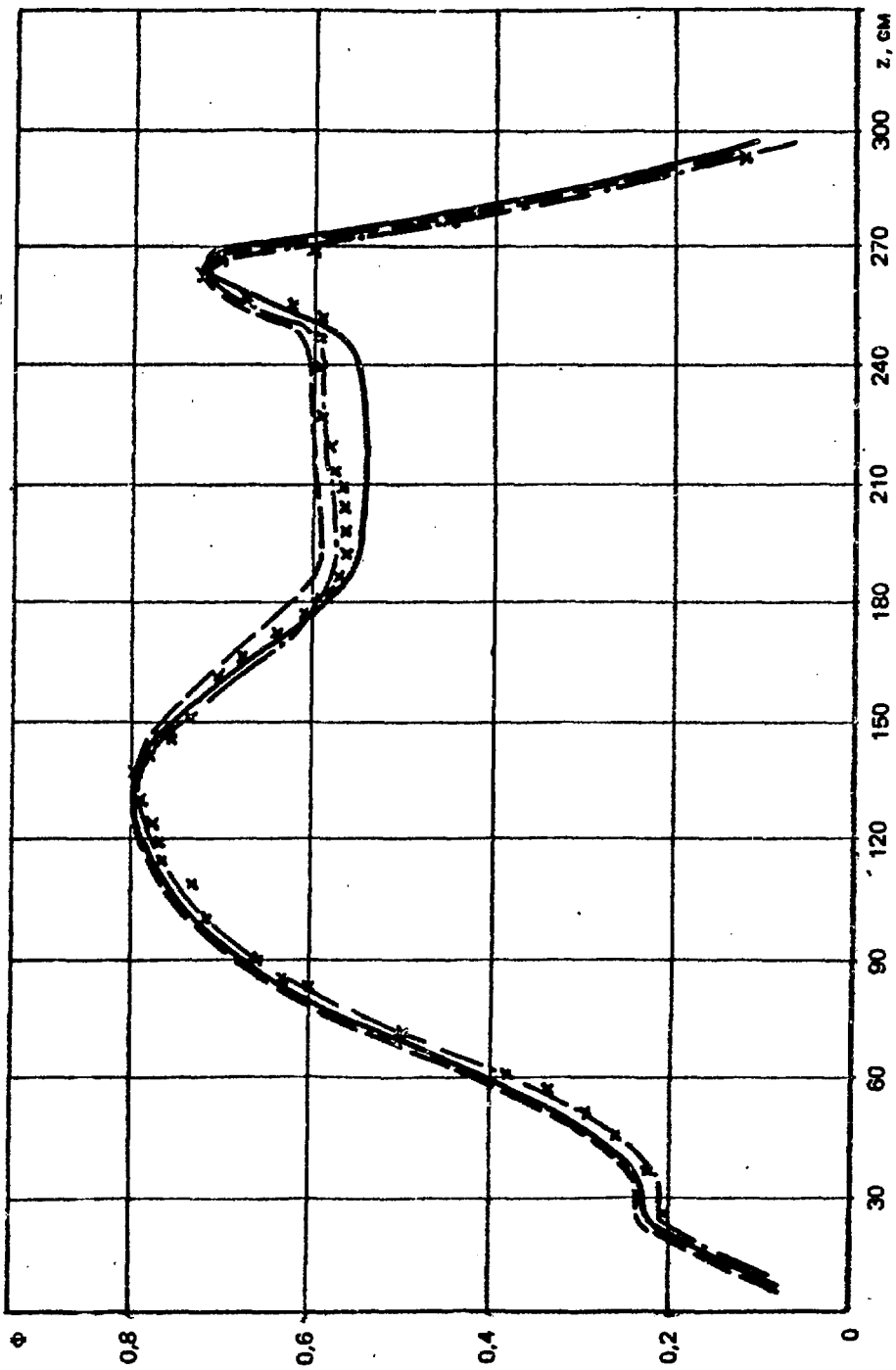


Рис. 5. Аксиальное распределение скоростей реакции ^{164}Du в сборке КАНТЕР без стержней ($R = 23,5 \text{ см}$): \times — эксперимент; — — — расчет по программе QUM-3-HER; - - - - - расчет по программе ПЕНАП (D_2, D_1); ····· расчет по программе ДОП

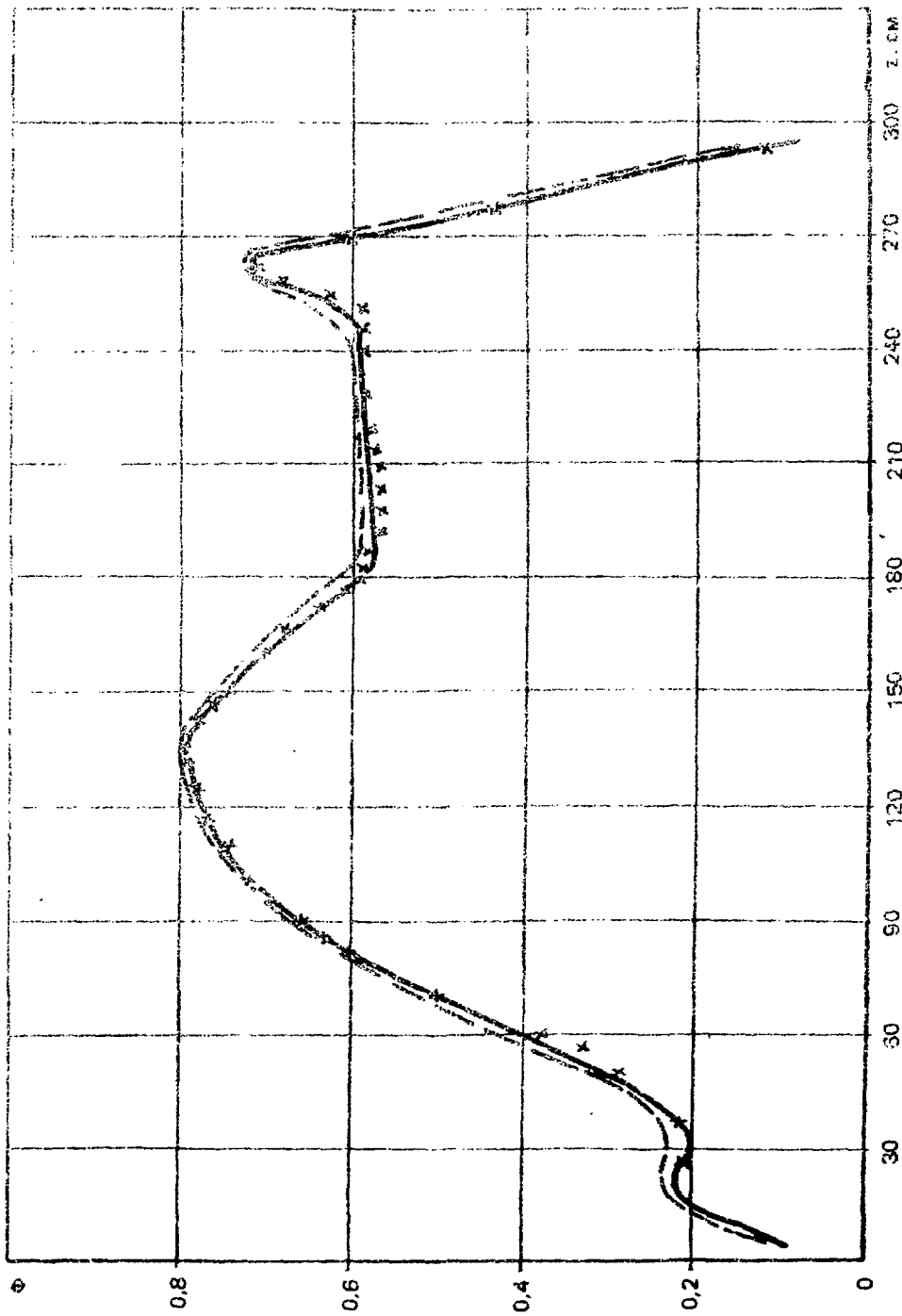


Рис. 6. Аксиальное распределение скоростей реакции ^{14}Dy в сборке КАНТЕР без стержней ($R = 23,5$ см); x — эксперимент; — — — расчет [1]; — — — расчет по программе ПЕНАП (D_2, D_1)

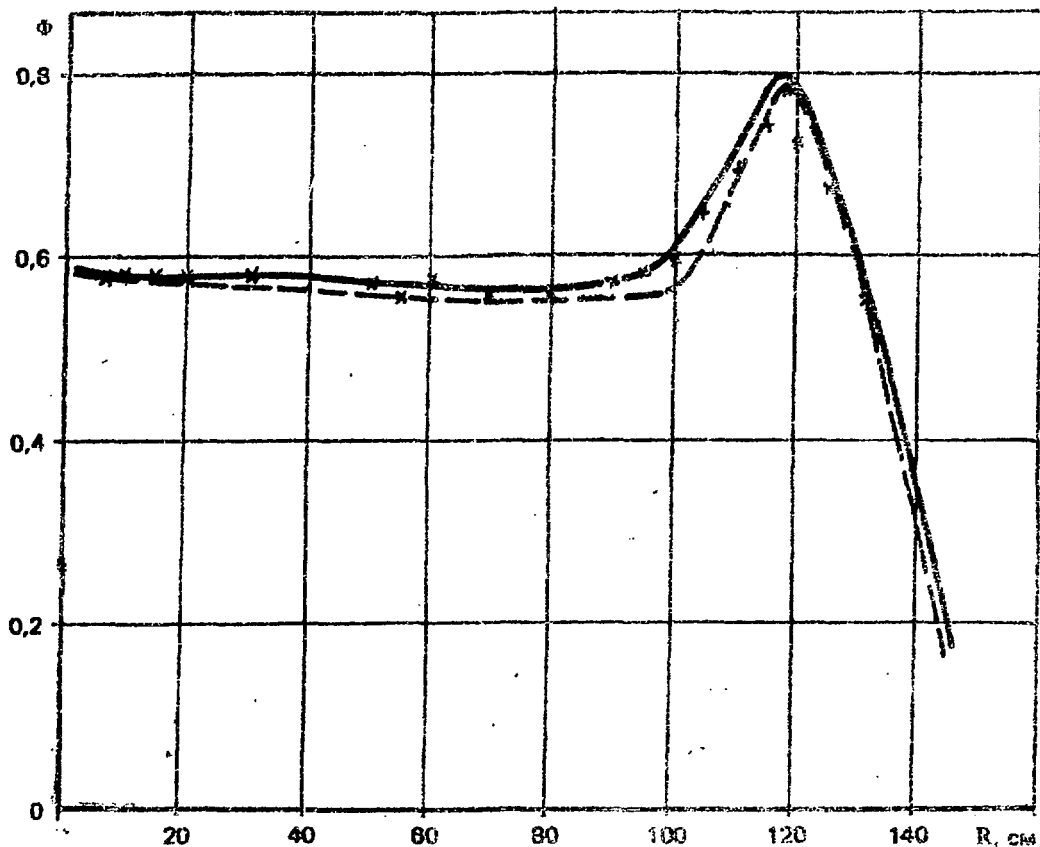


Рис. 7. Радиальное распределение скоростей реакции ^{235}U в сборке КАНТЕР без стержней ($z = 187,8$ см): x — эксперимент; — — — расчет [1]; - - - - расчет по программе ТЕНАП (D_2, D_T)

Сравнение результатов расчетов гипотетических вариантов (на основе сборок КАНТЕР) при широкой вариации размеров и отношения высоты к радиусу полости (H/R) для разных методик ее описания в рамках диффузионного приближения показывает следующее:

— При $H/R < 0,5$ различие $K_{\text{эф}}$, определенных с эффективными константами полости (изотропными и анизотропными коэффициентами диффузии) и с помощью матриц переноса нейтронов, составляет $\sim 0,1\%$, с ростом H/R это отличие возрастает (для H/R , равных 1, 2, 4, $\Delta K/K$ соответственно составляет ~ 1 ; $\sim 1,5$; $\sim 2\%$).

— Различие эффективностей характерных для ВТГР решеток стержней в полости, определенных по программе QUM-3-HER (в изотропными

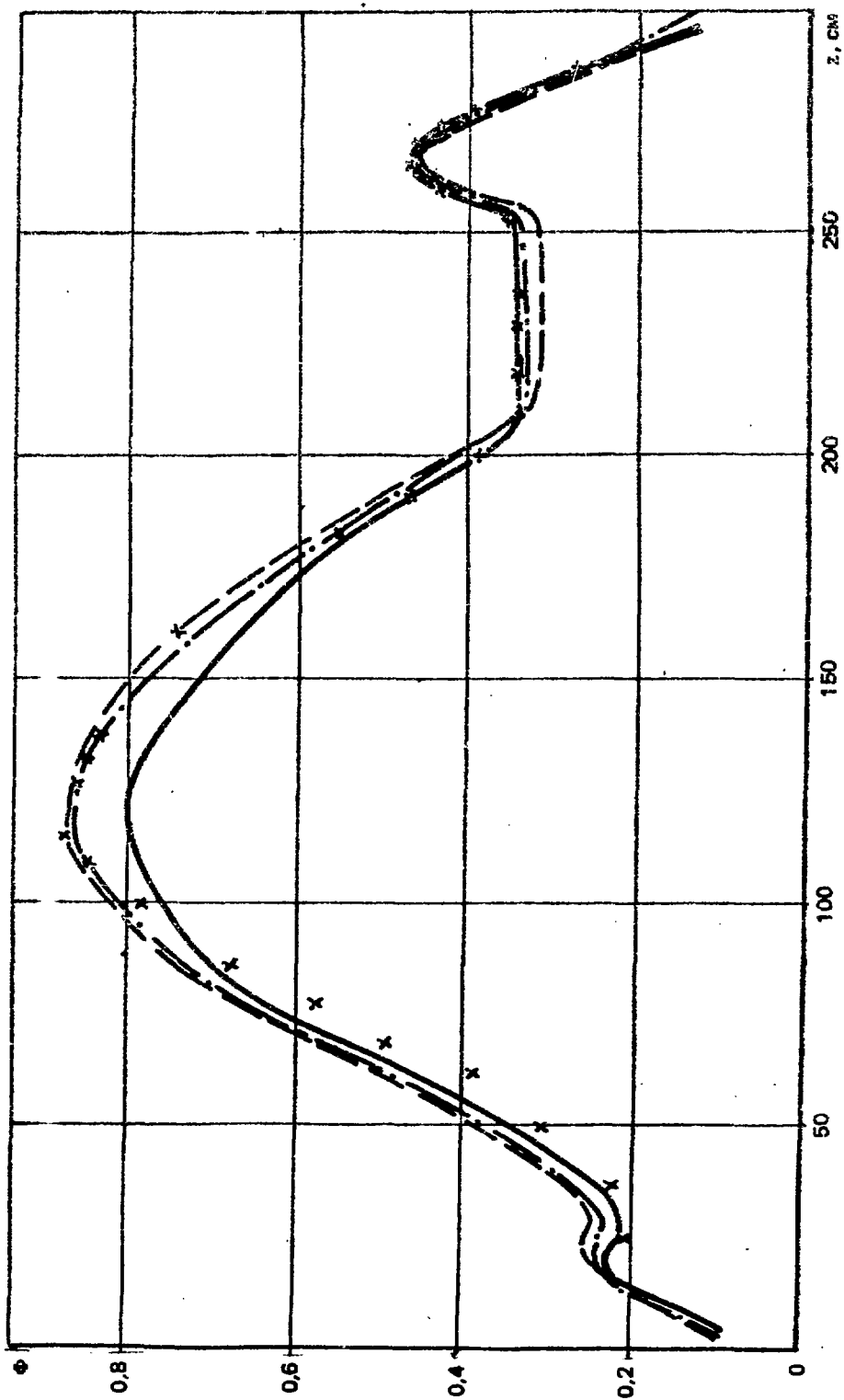


Рис. 8. Аксиальное распределение скоростей реакции ^{144}Pu в сборке КАНТЕР при погруженных в стержнях ($R = 23,5$ см): x — эксперимент; — — расчет [1]; - - - — расчет по программе QUM-3-HER; — · — — расчет по программе ДОП

Т а б л и ц а 6. $K_{эф}$ сборки КАНТЕР с погруженными в верхнем торцевом отражателе и полости поглощающими стержнями

Количество стержней	Эксперимент	Расчет [1]	ДОП	ОЦМ-3-ИИР
2	1,002	—	—	1,008
4	1,000	—	—	1,009
8	1,001	0,994 - 1,006	1,007	1,006

коэффициентами диффузии в полости) и по программе ДОП (с использованием матриц переноса нейтронов), не превышает 10%.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены методы расчета систем с полостью в рамках диффузионного приближения при описании ее эффективными константами (с анизотропными и изотропными коэффициентами диффузии) и с использованием матриц переноса нейтронов на границе полости. В качестве изотропных коэффициентов диффузии принималась треть средней длины пробега через полое пространство. При описании полости эффективными константами использованы обычные методы представления поглощающих стержней в диффузионных расчетах, при этом эффективные константы в полости с поглощающими стержнями принимались такими же, как и при их отсутствии.

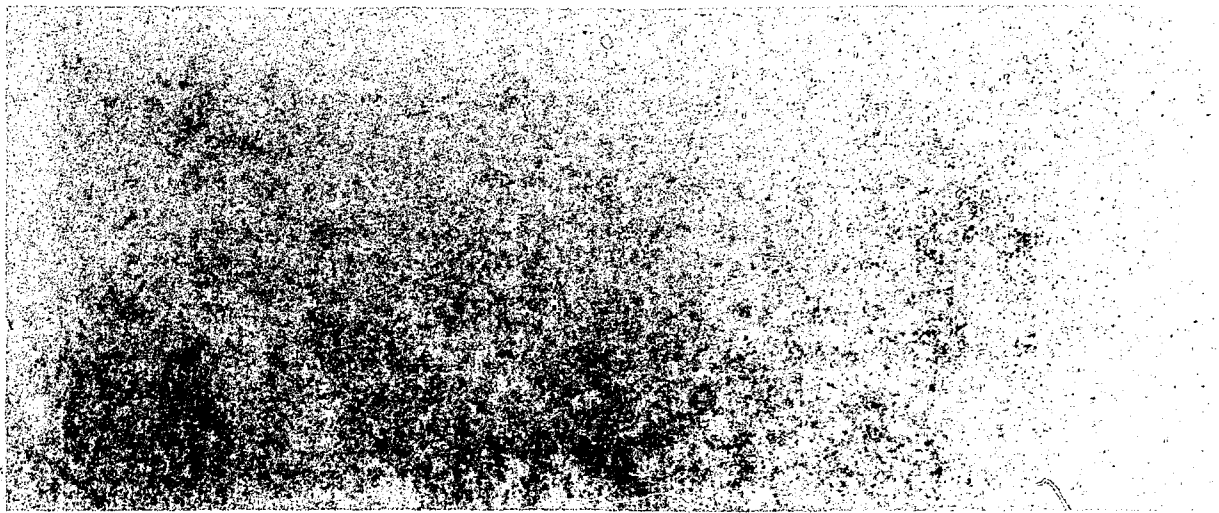
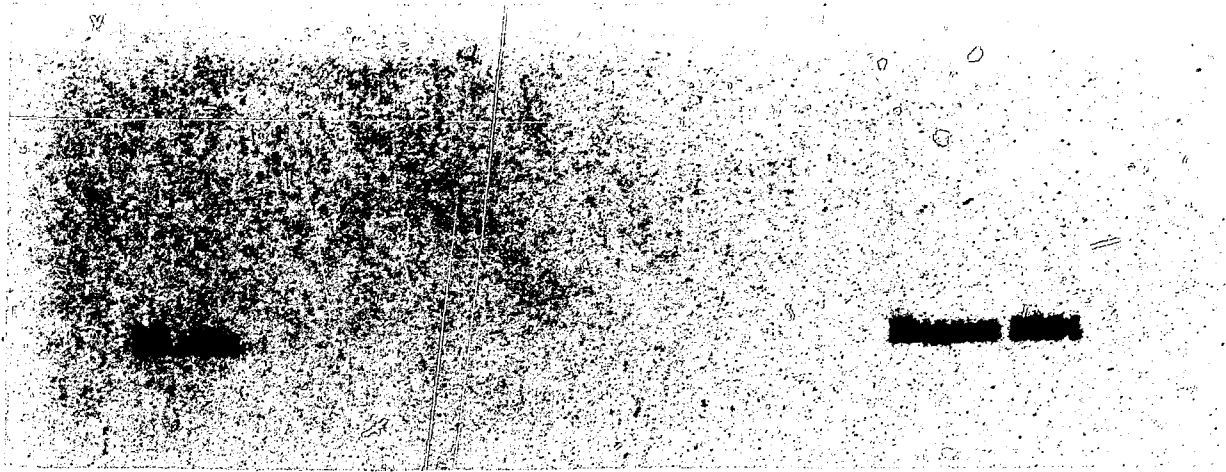
2. Показано удовлетворительное согласие экспериментальных данных для критических сборок КАНТЕР с полостью между верхним торцевым отражателем и активной зоной, моделирующей характерное для ОПАЗ аксиальное распределение энерговыделения, и результатов расчетов по всем рассмотренным методикам и программам (различие $K_{эф}$ и распределений скоростей реакций не превышает соответственно 1 и 10%).

3. Наблюдается аналогичная близость результатов расчетов с характерными параметрами ВТГР при использовании различных методов описания полости в рамках диффузионного приближения.

4. Полученные результаты в сочетании с высоким быстродействием рассмотренных методов и программ делают целесообразным их использование при расчетном исследовании ВТГР.

Список литературы

1. Pohlen E. Erprobung reaktorphysikalischer Rechenverfahren am kritischen Experiment ZUM HTR (КАНТЕР) im Hinblick auf die Güte der Berechenbarkeit des Einflusses des oberen Hohlraumes: Jül-1760, 1982.
2. Bernnat W. Techniques for the treatment of big cavities in pebble bed reactors. — In: ANS Topical Meeting. Atlanta, USA, Sept. 1974.
3. Цибульский В.Ф., Малков В.С. Многогрупповая диффузионная программа ДОП для расчета полей нейтронов в двумерных реакторах с полостями. — ВАНТ. Сер. Атомно-водородная энергетика и технология, 1983, вып. 3 (16), с. 29 — 31.
4. Gerwin H., Scherer W. Ein diffusions theoretisches Simulationsverfahren ZUZ Behandlung des oberen Hohlraumes in Kugelhaufen-HTR: Jül-1599, 1979.
5. Scherer W., Neef N.J. Determination of Equivalent Cross Sections of Representation of Control Rod Region in Diffusion Calculations: Jül-1311, 1976.
6. Ackew J.R. e.a. A General Description of the Lattice Code WIMS. — BNES, 1966, v. 5, № 4, p. 561.
7. Лалетин В.И., Пюлька В.А. О резонансном поглощении нейтронов в ^{238}U . — В кн.: Нейтронная физика, ч. 4, 1980, с. 35.
8. Гольцев А.О., Карлов В.А. НЕКТАР — программа расчета физических характеристик графитовых реакторов с учетом термализации нейтронов и выгорания топлива: Препринт ИАЭ-2795. М., 1977.
9. Scherer W. e.a. Theoretische Analyse des Kritischen HTR — Experimentes KАНТЕР: Jül-1136-RG, 1974.
10. Городков С.С., Гуревич М.И., Позняков Н.Л. Инструкция для пользования программой расчета трехмерного или двумерного гетерогенного реактора QUM-3-HER: Препринт ИАЭ-2794. М., 1977.
11. Алексеев П.Н., Зарицкий С.М., Усачев Л.Н., Шишков Л.К. Комплекс программ ТВК-2D. — ВАНТ. Сер. Физика и техника ядерных реакторов, 1983, вып. 4 (33), с. 32 — 35.



Препринт ИАЭ-4102/4. М., 1985