



Ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции

Институт атомной энергии

им. И. В. Курчатова

**С. А. Астахов, Ю. А. Крайнов,
В. С. Ионов**

ИАЭ-3551/5

**ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

Москва 1982

РУБРИКАТОР ПРЕПРИНТОВ ИАЭ

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 термоядерного 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 ИАЭ.

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

**С.А. Астахов, Ю.А. Крайнов,
В.С. Ионов**

**ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

**Москва
1982**

УДК 621.039.15

Ключевые слова: критическая высота, марганциновая проволока, активная зона, критический стержень, среднеквадратичная ошибка, реактивность, аппроксимация, контролирующий детектор.

В работе приведены вычислительные программы для ЭВМ, созданные для обработки экспериментальных данных, полученных по полномасштабной зоне ВВЭР-1000. Программы могут быть использованы в дальнейшем при проведении аналогичных экспериментов.

© Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова, 1982

1. ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Для обработки экспериментальных данных был разработан и применен комплекс программ для ЭВМ HEWLETT-PACKARD (на языке BASIC) и для ЭВМ БЭСМ-6. По этому комплексу программ проводилась оперативная обработка результатов экспериментов при определении критических высот $H_{кр}$, скоростей изменения реактивности в зависимости от высоты залива активной зоны замедлителем $\partial\rho/\partial H$, а также данных по облучениям марганциновых проволок.

Кроме того, часто оказывались необходимыми картограммы активной зоны и кассет.

Описанные ниже программы могут быть использованы в дальнейшем для обработки данных, полученных в физических экспериментах на критических стендах и сборках.

1.1. Программа для обчета критических экспериментов "Крит-1"

Программа "Крит-1" предназначена для статистической обработки показаний ПИР-3 и вычислений по обработанным данным величин критических высот замедлителя $H_{кр}$ и скоростей изменения реактивности в зависимости от высоты залива активной зоны $\partial\rho/\partial H$

А. Описание алгоритмов программы

В программе "Крит-1", текст которой приведен в приложении 1,

происходит усреднение и определение среднеквадратичной ошибки значений величины ρ/β (β — эффективная доля запаздывающих нейтронов, $\beta = 0,007$), полученной с помощью ПИР-3.

Среднее значение реактивности ($\bar{\rho}/\beta$) вычисляется по формуле

$$(\bar{\rho}/\beta) = \frac{\sum_{i=1}^K \rho_i/\beta}{K}, \quad (1)$$

где ρ_i/β — значение реактивности i -го измерения; K — число измерений.

Среднеквадратичная ошибка вычисляется следующим образом:

$$\delta(\rho/\beta)_i = (\rho/\beta)_i - (\bar{\rho}/\beta), \quad (2)$$

$$\delta(\bar{\rho}/\beta) = \left(\sqrt{\sum_{i=1}^K \delta(\rho/\beta)_i^2} \right) / K. \quad (3)$$

Далее, по полученным значениям реактивности ($\bar{\rho}/\beta$) и соответствующим им значениям уровня замедлителя определяются значения критической высоты залива активной зоны $H_{кр}$, значение ($\partial\rho/\partial H$) путем аппроксимации зависимости $\rho = \rho(H)$ [3] полиномом первой степени вида

$$\rho(H)/\beta = \alpha \cdot H + \beta. \quad (4)$$

Аппроксимация производится с помощью метода наименьших квадратов, коэффициенты α и β в формуле (4) вычисляются следующим образом:

$$\alpha = \frac{\sum_{j=1}^n H_j \left[\frac{\sum_{j=1}^n (\rho/\beta)_j}{n} - (\rho/\beta)_j \right]}{\sum_{j=1}^n \left[H_j \cdot \left(\sum_{j=1}^n \frac{H_j}{n} - H_j \right) \right]}, \quad (5)$$

$$\beta = \frac{-\alpha \cdot \sum_{j=1}^n H_j + \sum_{j=1}^n (\rho/\beta)_j}{n}. \quad (6)$$

Ошибки в коэффициентах, вычисленных по формулам (5) и (6), определяются по формулам

$$\delta a = \sqrt{\frac{[\sum_{j=1}^n (a \cdot H_j + b - (p/\beta)_j)^2] \cdot n}{(n-2) \cdot [n \cdot \sum_{j=1}^n H_j^2 - (\sum_{j=1}^n H_j)^2]}}, \quad (7)$$

$$\delta b = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (a \cdot H_j + b - (p/\beta)_j)^2 \cdot (\sum_{j=1}^n H_j^2)}{(n-2) \cdot [n \cdot \sum_{j=1}^n H_j^2 - (\sum_{j=1}^n H_j)^2]}}. \quad (8)$$

Кроме того, определяются величина $(\partial p / \partial H)^{-1/3}$ и ошибка в этой величине:

$$\delta[(\partial p / \partial H)^{-1/3}] = \frac{a^{-4/3}}{3} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (a \cdot H_j + b - (p/\beta)_j)^2}{n \cdot (n-2) \cdot ((\sum_{j=1}^n H_j^2)/n - (\sum_{j=1}^n H_j/n)^2)}}. \quad (9)$$

Критический уровень замедлителя определяется из формулы (4) при равенстве реактивности нулю:

$$H_{кр} = -b/a. \quad (10)$$

Ошибку в значении критического уровня замедлителя можно вычислить по формуле

$$\delta H_{кр} = \frac{\delta a \cdot b + a \cdot \delta b}{a^2}. \quad (11)$$

Б. Работа программы

Программа "Крит-1" записана на магнитной ленте. После считывания текста программы в оперативную память машины и запуска ее на дисплее появляется надпись "КУДА ИДТИ?", означающая,

что надо ввести признак, который может принимать значения 1 или 2. По значению признака 1 программа идет в 1-й блок, предназначенный для усреднения значений реактивности, полученных с помощью ПИР-3. При этом на дисплее появляется надпись "RO PIR = n?", где n — номер вводимого значения (ρ/β). Эта надпись означает, что надо вводить показания реактиметра. Выход из режима ввода данных и переход на счет осуществляется вводом значения реактивности 8888, являющегося признаком окончания ввода данных. По окончании счета на дисплее появляется надпись "RO SR = ... , DRO = ...", где $RO SR = (\rho/\beta)$, а $DRO = \delta(\rho/\beta)$.

Если при появлении надписи "KUDA IDTI?" был введен признак 2, то программа идет в 2-й блок, на расчет критического значения уровня замедлителя $H_{кр}$ и величины $\partial\rho/\partial H$. При этом на дисплее появляется надпись "BBEDI KOL-VO PAR H I RO", означающая, что необходимо ввести количество пар: H — уровень замедлителя и (ρ/β) — соответствующее ему значение реактивности. Далее на дисплее появится "?". Это значит, что надо вводить сами пары значений H и (ρ/β) через запятую. После введения всех пар программа автоматически выходит на счет.

По окончании счета на печать выводятся следующие значения:

$H_{кр}$ — критическая высота замедлителя, определяемая по формуле (10);

$A \approx \partial\rho/\partial H$, вычисленное по формуле (5);

+ — DEL A — ошибка в $\partial\rho/\partial H$ (7);

B — величина, определяемая по формуле (6);

$A^{(-1/3)} = (\partial\rho/\partial H)^{-1/3}$;

+ — DELTA A — ошибка вычисления $(\partial\rho/\partial H)^{-1/3}$, определяется по формуле (9).

1.2. Программа "Крит-2"

для обчета χ -активности детекторов

Программа "Крит-2" предназначена для обработки показаний пересчетной установки, печатающей на ленте время набора заданного числа импульсов I_0 , которое ниже называется интегралом, для определения параметров спада активности мониторирующего детектора и K_2 — относительной активации детектора.

Текст программы "Крит-2" приведен в приложении 2. В програм-

ме сделаны следующие предположения:

1. Фон детектора и установки учитывается по формуле

$$T = T_n \cdot \frac{I_0}{I_0 - I_f \cdot T_n}, \quad (12)$$

где I_0 — интеграл, имп.; T_n — время набора интеграла без учета фона установки, с; I_f — интенсивность фонового излучения, имп./с; T — время набора интеграла, поправленное на фон установки.

2. Обычно активность одного детектора определяют несколько раз, поэтому предусмотрено вычисление среднего значения активности.

3. Учет распада радиоактивных элементов детектора делается по нескольким показаниям мониторирующего детектора.

4. Мертвое время установки не учитывается, но при необходимости в программу можно ввести его учет через показания активации детекторов.

А. Описание алгоритмов

В программе определяется среднее время \bar{T}_i по нескольким показаниям активации одного детектора в течение небольшого промежутка времени:

$$\bar{T}_i = \frac{\sum_{k=1}^n T_{ki}}{n}, \quad (13)$$

где T_{ki} — k -ое значение времени набора интеграла i -м детектором; n — количество измерений одного и того же детектора.

Затем определяется интенсивность излучения i -го детектора в момент τ_i

$$I_i = \frac{I_0}{\bar{T}_i}, \quad (14)$$

где I_0 — интеграл.

Далее, по нескольким значениям интенсивности излучения j -го мониторирующего детектора и соответствующим астрономическим временам τ_j с помощью метода наименьших квадратов находятся параметры A_j и B_j функции распада мониторирующего детектора:

$$I_j^m = A_j \cdot e^{B_j \cdot \tau_j} \quad (15)$$

Система уравнений в этом случае принимает вид

$$\begin{cases} N \cdot \ln A_j + B_j \cdot \sum_{l=1}^L \tau_{jl} = \sum_{l=1}^L \ln I_{jl}, \\ \ln A_j \cdot \left(\sum_{l=1}^L \tau_{jl} \right) + \left(\sum_{l=1}^L \tau_{jl}^2 \right) \cdot B_j = \sum_{l=1}^L (\ln I_{jl} \cdot \tau_{jl}), \end{cases} \quad (16)$$

где l — номер облучения j -го мониторирующего элемента. $\ln A_j$ и коэффициент B_j определяются из решения системы уравнений (16), а коэффициент A_j определяется по формуле

$$A_j = e^{\ln A_j} \quad (17)$$

Далее, по введенному значению γ -активности i -го детектора I_i в момент его обчета τ_i находятся величина активности K_z , отнесенная к активности j -го мониторирующего детектора I_j^m в тот же момент времени —

$$I_{ji}^m = A_j \cdot e^{B_j \cdot \tau_i} \quad (18)$$

и активность по отношению к j -му мониторирующему детектору —

$$K_z = \frac{I_i}{I_{ji}^m} \quad (19)$$

Б. Ввод данных

Используемые входные данные получают на пересчетной установке.

Прежде чем запустить программу на счет, необходимо проверить соответствие введенных заранее в программу значений настроечных параметров:

I_1 — интеграл $I_1 = 10^4$;

X_5 — количество измерений γ -активности одного детектора ($X_5 = 3$);

$R3 = n+1$, где n — количество обчисленных детекторов между обчислениями мониторирующего детектора ($R3 = 3$).

Эти параметры введены в программу при помощи оператора DATA.

В случае несовпадения данных значений с необходимыми нужно отредактировать эти значения с помощью средств языка ЭВМ HEWLETT-PACKARD.

Затем производится запуск программы на счет, при этом на дисплее появляется надпись "NOMER j MONITOR i ? " ($j = 1, X5$; $i = 1, 3$), означающая, что надо вводить j -ое значение времени набора заданного интеграла i -го обчисления мониторирующего детектора.

После ввода этих значений появится надпись на дисплее "BREMA i ? " ($i = 1, 3$), означающая, что нужно ввести астрономическое время обчисления i -го мониторирующего детектора.

После ввода времени на дисплее появится следующая надпись: "VVEDI NOMER I BREMA PR?", после чего нужно ввести через запятую номер детектора, обчисление которого производилось вслед за первым обчислением мониторирующего детектора, и астрономическое время его обчисления.

Астрономическое время, прошедшее с начала первого обчисления j -го мониторирующего детектора до обчисления i -го детектора или нового обчисления монитора, для удобства ввода записывается следующим образом:

$$T_{astr} = N' \cdot M''$$

где N — минуты; M — секунды, в программе оно пересчитывается в секунды.

После ввода этих значений на дисплее появится надпись "SCHET PROVI?" ($i = 1, X5$), означающая, что надо вводить i -ое значение времени набора интеграла данным детектором.

После ввода всех значений и окончания счета на печать будет выведено: "NOMER = n KP = X ". Эта запись означает: n — номер детектора, обчисленного в данном случае; X — значение коэффициента неравномерности K_{Σ} — относительной активации детектора.

После этого процедура ввода повторяется в цикле. Номера измерений мониторирующего детектора, а также другие номера настраиваются автоматически.

Примечание. Обычно время набора интеграла печатается на ленте КСП в виде шестизначной цифры. Программа настроена таким образом, что вводить нужно только четыре левые цифры, причем последнюю вводимую цифру округлять не обязательно, так как это очень слабо влияет на значение коэффициента неравномерности.

Следует отметить также, что описанную выше программу легко преобразовать для обсчета результатов экспериментов по облучениям, когда пересчетная установка выдает на печать количество зарегистрированных импульсов за определенный промежуток времени.

Отредактированная для такого случая программа показана в приложении 3. В этой версии программы изменяется смысл только идентификатора I_1 , ранее означавшего заданное число импульсов, набираемое установкой. Теперь он будет означать заданное значение интервала времени, в которое установка считает импульсы. Еще одним отличием этой версии является более простой способ учета фона установки и обсчитываемого детектора: фон просто вычитается из показаний.

Способ задания данных остается прежним. Такая версия программы применима для обсчета γ -активности твэлов разборных кассет, а также для обсчета результатов прямых дозиметрических экспериментов.

1.3. Программы для вычерчивания картограмм

При проведении экспериментов и обработке результатов требуется большое количество картограмм полной активной зоны, ее половины, а также картограмм кассет.

Для их изготовления применялось графопостроительное устройство, входящее в комплект ЭВМ HEWLETT-PACKARD [2]. Написано несколько программ, распечатки которых приведены в приложениях 4 — 6. В приложении 4 дается распечатка программы для построения картограммы 1/2 активной зоны реактора ВВЭР-1000 V блока НВ АЭС. В приложении 5 — для построения картограммы полной активной зоны. В приложении 6 — для построения картограммы 1/2 кассеты для реактора ВВЭР-1000.

При ближайшем рассмотрении этих программ видно, что они чрезвычайно похожи друг на друга. Это действительно так. Основной частью их является блок вычерчивания шестигранника. Все меняется только в случае изменения ориентации шестигранника, изображающего

ячейку на плоскости.

Массивы, используемые в этих программах, имеют одинаковые значения:

массив $X(I)$ — массив координат центров крайних левых ячеек или первых ячеек ряда по оси абсцисс;

массив $Y(I)$ — то же по оси ординат;

массив $N(I)$ — количество ячеек в данном 1-м ряду.

Массивы $X(I)$ и $Y(I)$ применяются в зависимости от удобства в разных программах, а массив $N(I)$ везде имеет свое значение — количество ячеек в 1-м ряду, правда, в зависимости от того, какой массив используется: $X(I)$ или $Y(I)$.

Массиву $X(I)$ соответствует $N(I)$ в понимании горизонтального ряда, а массиву $Y(I) - N(I)$ в виде вертикального ряда. В приложениях 7 — 9 представлены примеры картограмм, построенных при помощи графопостроительного устройства.

Пользоваться такими программами очень удобно, так как для вычерчивания требуется только считать с магнитной ленты необходимую программу и запустить ее на исполнение.

2. ПРОГРАММА NORMIR ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ НЕЙТРОНОВ В РАДИАЛЬНО-АЗИМУТАЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ В ПРЕДЕЛАХ ВСЕЙ АКТИВНОЙ ЗОНЫ

2.1. Методика обработки

Чтобы разделить азимутальную и связанную с неидентичностью составляющие, используется следующая методика обработки данных.

а. Определяется средняя активация среди симметрично расположенных кассет в рассматриваемом облучении:

$$\bar{A}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{N_i} A_{ijk}}{N_i}, \quad (20)$$

где j — номер облучения (в данных экспериментах проволоки облучались несколько раз); i — номер группы симметрично расположен-

ных кассет (всего 18 групп); K – номер кассеты в группе симметрии (в группе симметрии может быть не более чем 1, или 6, или 12 кассет, т.е. $N_i \leq 1, 6, 12$); A – значение активации.

б. Определяется величина относительного отклонения активации проволоки в данной кассете из рассматриваемой группы от средней для этой группы величины для данного облучения:

$$\delta A_{ijk} = \frac{A_{ijk}}{\bar{A}_{ij}} - 1. \quad (21)$$

в. Определяется распределение средневзвешенных величин активации в 1/12 части активной зоны для данного облучения:

$$\hat{A}_{ij} = \bar{A}_{ij} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{18} M_i^{\max}}{\sum_{i=1}^{18} \bar{A}_{ij} \cdot M_i^{\max}}, \quad (22)$$

где \hat{A} – средневзвешенная величина активации в данной группе кассет; M^{\max} – число симметрично расположенных кассет в данной группе (поскольку часть данных может отсутствовать, $M^{\max} \geq N$).

г. После того, как данные по отклонениям и активациям из разных облучений приведены к одинаковой нормировке (см. п. а, б, в), можно получить распределение средних по всем облучениям величин:

$$\bar{\hat{A}}_i = \frac{\sum_{j=1}^N \hat{A}_{ij}}{N}, \quad (23)$$

$$\bar{\delta A}_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^N \delta A_{ijk}}{N}, \quad (24)$$

где $\bar{\hat{A}}_i$ – средняя по всем измерениям величина активации, отнормированная на среднеинтегральную по активной зоне активацию;

$\bar{\delta A}_{ik}$ – среднее по всем измерениям отклонение в рассматриваемой кассете; N – число облучений.

Полученные величины $\bar{\hat{A}}_i$ и $\bar{\delta A}_{ik}$ могут быть сравнены с расчетом, так как в величине $\bar{\hat{A}}_i$ содержится минимальная ошибка, связанная с неидентичностью. Что же касается величины $\bar{\delta A}$, то она включает в себя азимутальную и связанную с неидентичностью составляющие. В тех случаях, когда имеются показания для кассет одной группы, симметрично расположенных относительно вертикальной оси

симметрии, можно оценить величину неравномерности нейтронного поля, вызванную неидентичностью кассет.

По описанному алгоритму составлена программа **NORMIR** на языке **FORTRAN** для ЭВМ БЭСМ-6 (приложение 10). Подпрограмма, позволяющая представить результаты расчета в виде картограммы полной зоны, взята из программы БИПР [1].

2.2. Описание структуры входных данных

В программу через оператор **DATA** заложены геометрические характеристики активной зоны первой топливной загрузки **V** блока **НВ** АЭС. Эти характеристики включают в себя:

- количество кассет в каждом ряду сверху вниз;
- расположение кассет различного обогащения в активной зоне;
- перечисление номеров кассет в каждой группе симметрии.

В настоящей версии программы имеются следующие ограничения:

- количество кассет в зоне не должно превышать 151;
- количество групп симметрии не должно превышать 20;
- количество отдельных облучений не должно превышать 10.

Если необходимо использовать данную программу для обработки результатов измерений зон с другими геометрическими характеристиками, следует отредактировать соответствующие размерности массивов и циклов **DO**, а также операторы **DATA**.

Задание варианта.

а. На первой перфокарте (п/к) варианта набивается два числа: первое – количество отдельных облучений (**N**), по которым следует проводить осреднение; второе – концентрация H_3BO_3 (**C_B**).

Числа набиваются по формату:

N – I2,

C_B – F5.3.

б. На последующих перфокартах набиваются попарно: номер кассеты и величина активации проволоки из данной кассеты. При этом задаваемая величина активации получена в результате обработки данных эксперимента на ЭВМ **HEWLETT-PACKARD** (см. подразд. 1.2). На одну перфокарту набивается пять пар чисел по формату **10F 7.3**. Если какое-нибудь из пяти нечетных чисел (номеров кассет), пробитых на перфокарте, оказалось равным 0, считается, что ввод данных

по одному облучению закончен. Программа выходит на счет. Данные, приведенные на следующих перфокартах, вводятся как результаты следующего облучения, если при этом номер этого облучения меньше числа N , введенного с первой п/к варианта.

Если 0 в качестве нечетного числа оказался случайно в середине п/к, вся информация с данной п/к, следующая за этим 0, игнорируется.

Следует также отметить, что одному облучению может соответствовать не более 151 пары чисел, т.е. 30 полных и одной неполной п/к. Все, что превосходит эти пределы, либо игнорируется, либо заносится в следующий вариант.

После того, как введена информация по всем N облучениям, все может быть повторено начиная с первой п/к (см. п. а).

2.3. Выходные данные

На печать выводятся следующие величины:

— матрица из 11 строк с входными данными по активации для данного облучения;

— концентрация H_3BO_3 ;

— распределение величин активации \hat{A} для данного облучения (угол симметрии 30°);

— распределение отклонений активации (δA_{ijk}) от средней величины в своей группе симметрии (двухмерная картограмма на все 360°) для данного облучения;

— повторяются две последние выдачи, но для усредненных по всем облучениям величин;

— распределение дисперсии по группам кассет, расположенных симметрично относительно центра;

— картограмма полной зоны, на которой в правой половине ячеек приведены среднеарифметические величины отклонений между двумя кассетами, симметрично расположенными относительно центральной вертикальной оси (см. приложение 8), в левой половине — разность тех же величин; величины в ячейках, через которые проходит ось, несущественны.

2.4. Описание основных идентификаторов

Обозначение	Содержание
ACT (10, 151)	Массив для хранения активаций и отклонений
ACT12 (10, 20)	Массив для хранения средних и средневзвешенных активаций
DAN (10)	Массив для ввода данных
NJ (15)	Массив для хранения числа кассет по рядам
NG (12, 20)	Массив для хранения номеров кассет по группам симметрии (второе число – номер группы)
NVG (20)	Рабочий массив
M1 (20)	Массив для хранения M (количества измерений для данной группы)
NEJ	Число облучений
SHIZ (151)	Массив для хранения информации о размещении сортов топлива в активной зоне

```

10 DIM R(50),F(50),H(50),M(50)
20 DISP"KUDA IDTI";
30 INPUT D1
40 IF D1=2 THEN 310
50 I=1
60 DISP "RO FIR"I";
70 INPUT R(I)
80 IF R(I)=8888 THEN 110
90 I=I+1
100 GOTO 60
110 N1=I-1
120 M1=0
130 FLOAT 6
140 FOR I=1 TO N1
150 M1=M1+R(I)+0.025
160 NEXT I
170 R1=M1/N1
180 FOR I=1 TO N1
190 F(I)=R(I)*0.025-R1
200 NEXT I
210 M2=0
220 FOR I=1 TO N1
230 M2=M2+F(I)^2
240 NEXT I
250 R2=SQR(M2/N1)
260 DISP"RO SR="R1;"DRO="R2
270 GOTO 330
280 PRINT "RO SR="R1;"DRO="R2
290 PRINT "RO SR*BETA"R1*0.0068;"DRO*BETA"R2*0.0068
300 GOTO 330
310 GOSUB 340
320 I9=1
330 END
340 DISP"EBEDI KOL=BO PAR N I RO";
350 INPUT N1
360 FOR I=1 TO N1
370 DISP"H("I");R("I");
380 INPUT H(I),R(I)
390 NEXT I

```

```
400 C1=C2=C3=C4=C
410 FOR I=1 TO N1
420 C1=C1+H(I)*R(I)
430 C2=C2+H(I)^2
440 C3=C3+H(I)
450 C4=C4+R(I)
460 NEXT I
470 B=(C1*C3-C2*C4)/(C3^2-C2*N1)
480 A=(C1*N1-C3*C4)/(C2*N1-C3^2)
490 H1=-B/A
500 D1=C2/N1-(C3/N1)^2
510 M8=0
520 FOR I=1 TO N1
530 M8=M8+(A*H(I)+B-R(I))^2
540 NEXT I
550 D2=SQR(M8/(N1*(N1-2)*D1))
560 A3=A^(-1/3)
570 D4=1/3*A^(-4/3)*D2
580 PRINT "H KR="H1;"A="A;"+-DEL A"D2;"B="B;
590 PRINT "A^(-1/3)="A3;"+-DELTA A="D4
600 RETURN
610 STOP
```

```
10 DIM T(60,3),D(60),M(60)
20 DISP "HREDI FON B BEK";
30 INPUT P0
40 READ I1,X5,B3
50 DATA 10000,3,3
60 GOSUB 160
70 U1=1
80 GOSUB 500
90 U1=2
100 GOSUB 630
110 U1=1
120 GOSUB 980
130 U1=0
140 GOTO 80
150 END
160 N1=1
170 N2=3
180 FOR I=N1 TO N2
190 FOR L=1 TO X5
200 DISP "FONER"J";"MONITOR" I"
210 INPUT T(I,J)
220 T(I,J)=T(I,J)*0.01
230 T(I,J)=T(I,J)*I1/(I1-FONT(I,J))
240 NEXT J
250 NEXT I
260 L=N1
270 N1=0
280 FOR L=1 TO X5
290 N1=N1+T(I,J)
300 NEXT J
310 M(I)=N1/X5
320 IF L=N2 THEN 390
330 I=I+1
340 GOTO 270
350 FOR L=N1 TO N2
360 DISP "BREM" I"
370 INPUT D(I)
380 NEXT I
```

```
390 FOR I=N1 TO N2
400 M(I)=I1/M(I)
410 NEXT I
420 FOR I=N1 TO N2
430 N3=INT(D(I))
440 N4=D(I)-N3
450 D(I)=N3*60+N4*100
460 NEXT I
470 C9=1
480 RETURN
490 STOP
500 C1=C2=C3=C4=0
510 FOR I=N1 TO N2
520 C1=C1+D(I)
530 C2=C2+D(I)2
540 C3=C3+LOG(M(I))*D(I)
550 C4=C4+LOG(M(I))
560 NEXT I
570 N9=N2-N1+1
580 B=(C3*N9-C4*C1)/(C2*N9-C1*N2)
590 A1=(C4-B*C1)/N9
600 A=EXP(A1)
610 RETURN
620 STOP
630 Z=1
640 DISP "BENDI WOMER I BRMA PR";
650 INPUT P5,P7
660 FOR I=1 TO X5
670 DISP "SCHET PROV" I""
680 INPUT P(I)
690 P(I)=P(I)*0.01
700 P(I)=P(I)*I1/(I1-P0*P(I))
710 NEXT I
720 N3=INT(P7)
730 N4=P7-N3
740 P7=N3*60+N4*100
750 IF P7>D(N1) THEN 930
760 IF P7<D(N2) THEN 930
770 P8=0
780 FOR I=1 TO X5
```

```

790 P8=F8+F(I)
800 NEXT I
810 P8=F8/I5
820 P8=I1/P8
830 P1=A*EXP(B/P7)
840 Q1=F8/P1
850 PRINT "NOMER="P5;"KR="Q1
860 IF Z=R3 THEN 890
870 Z=Z+1
880 GOTO 640
890 U9=1
900bN1=N1+1
910 N2=N2+1
920 GOTO 950
930 DISP "BBOD HEBEPEN"
940 STOP
950 F9=1
960 RETURN
970 STOP
980 FOR J=1 TO I5
990 DISP "NOMER"J"";"MONITOR"N2""
1000 INPUT T(N2,J)
1010 NEXT J
1020 FOR J=1 TO I5
1030 T(N2,J)=T(N2,J)*0.01
1040 T(N2,J)=T(N2,J)*I1/(I1-P0*T(N2,J))
1050 NEXT J
1060 DISP "ERENA"N2"";
1070 INPUT D(N2)
1080 N3=INTD(N2)
1090 N4=D(N2)-N3
1100 D(N2)=N3*60+N4*100
1110 N9=0
1120 FOR J=1 TO I5
1130 N9=N9+T(N2,J)
1140 NEXT J
1150 M(N2)=N9/I5
1160 N(N2)=I1/M(N2)
1170 RETURN
1180 STOP

```

```

10 DIM T(60,3),D(60),M(60)
20 DISP "BREDI FOR";
30 INPUT FO
40 READ I1,X5,R3
50 DATA 100,1,8
60 GOSUB 160
70 U1=1
80 GOSUB 490
90 U1=2
100 GOSUB 620
110 U1=1
120 GOSUB 960
130 U1=0
140 GOTO 80
150 END
160 N1=1
170 N2=3
180 FOR I=N1 TO N2
190 FOR J=1 TO X5
200 DISP "ROMER"J"";"MONITOR" I""
210 INPUT T(I,J)
220 T(I,J)=T(I,J)-FO
230 NEXT J
240 NEXT I
250 L=N1
260 M1=0
270 FOR J=1 TO X5
280 M1=M1+T(I,J)
290 NEXT J
300 M(I)=M1/X5
310 IF L=N2 THEN 340
320 L=L+1
330 GOTO 260
340 FOR I=N1 TO N2
350 DISP "BRMA" I""
360 INPUT D(I)
370 NEXT I
380 FOR I=N1 TO N2

```

```
390 H(I)=H(I)/I1
400 NEXT I
410 FOR I=N1 TO N2
420 N3=INT(D(I))
430 N4=D(I)-N3.
440 D(I)=N3*60+N4*100
450 NEXT I
460 U9=1
470 RETURN
480 STOP
490 C1=C2=C3=C4=0
500 FOR I=N1 TO N2
510 C1=C1+D(I)
520 C2=C2+D(I)2
530 C3=C3+LOG(H(I))*D(I)
540 C4=C4+LOG(H(I))
550 NEXT I
560 N9=N2-N1+1.
570 B=(C3*N9-C4*C1)/(C2*N9-C12)
580 A1=(C4-B*C1)/N9
590 A=EKPA1
600 RETURN
610 STOP
620 Z=1
630 DISP "BBEDI NOMER I BREMA PR";
640 INPUT F5,F7
650 FOR I=1 TO I5
660 DISP "SCHEM PROV" I""
670 INPUT F(I)
680 F(I)=F(I)-F0
690 NEXT I
700 N3=INT(F7)
710 N4=F7-N3.
720 F7=N3*60+N4*100
730 IF F7<D(N1) THEN 910
740 IF F7>D(N2) THEN 910
750 F8=0
760 FOR I=1 TO I5
770 F8=F8+F(I)
780 NEXT I
```

```
790 F8=F8/I5
800 F8=F8/I1
810 F1=A*EXP(B*F7)
820 Q1=F8/F1
830 PRINT "ROMER="F5;"KB="Q1
840 IF Z<R3 THEN 870
850 Z=Z+1
860 GOTO 630
870 U9=1
880 N1=N1+1
890 N2=N2+1
900 GOTO 630
910 DISP "BBOD HEEKEPEP"
920 STOP
930 F9=1
940 RETURN
950 STOP
960 FOR J=1 TO X5
970 DISP "ROMER"J"";"MONITOR"N2""
980 INPUT T(N2,J)
990 NEXT J
1000 FOR J=1 TO X5
1010 T(N2,J)=T(N2,J)-F0
1020 NEXT J
1030 DISP "ERENA"N2"";
1040 INPUT D(N2)
1050 N3=INTD(N2)
1060 N4=D(N2)-F3
1070 D(N2)=N3*50+N4*100
1080 N9=0
1090 FOR J=1 TO X5
1100 N9=N9+T(N2,J)
1110 NEXT J
1120 M(N2)=N9/X5
1130 M(N2)=M(N2)/I1
1140 RETURN
1150 STOP
```

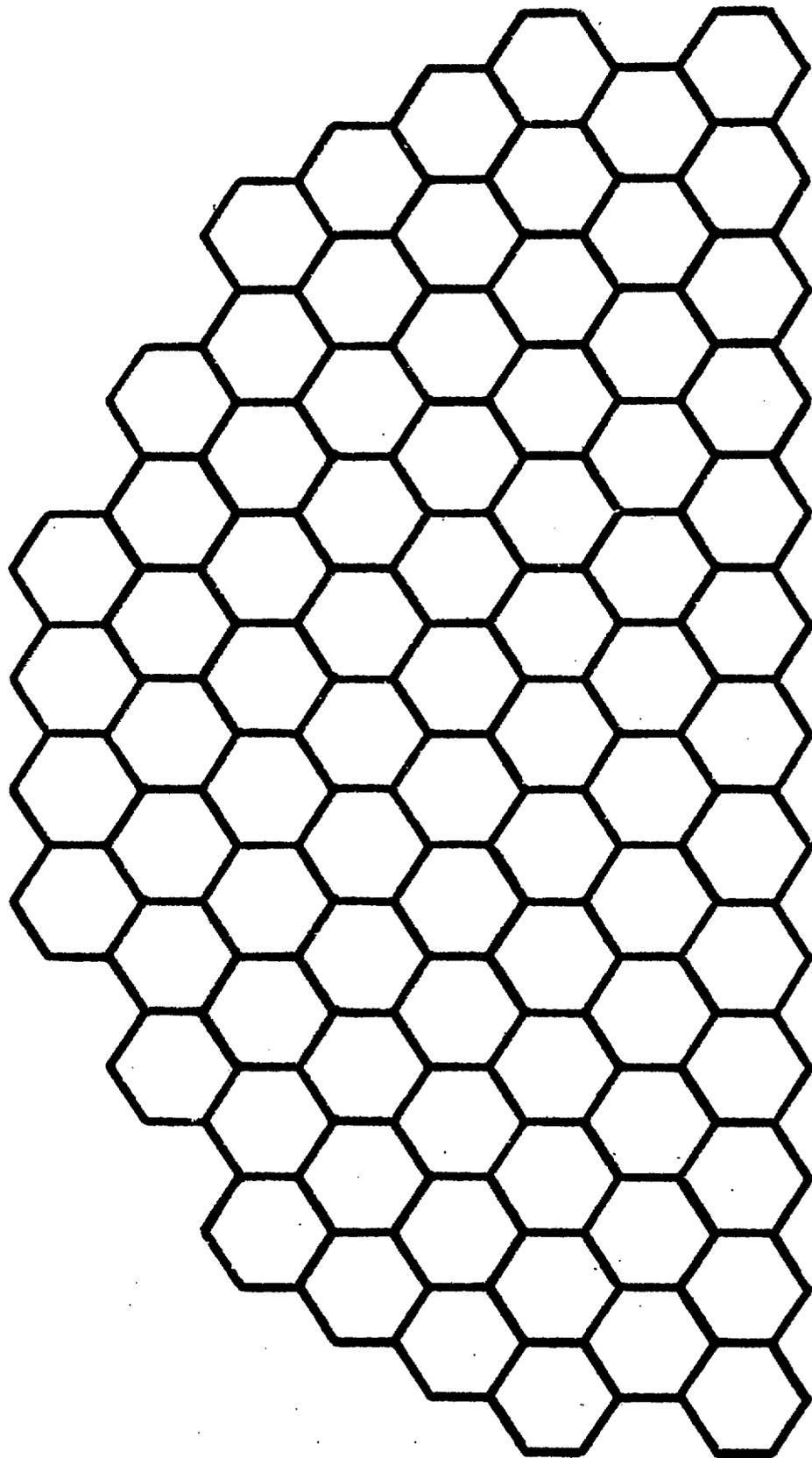
```
10 DIM X(15),N(15).
20 READ X1,X2,D3,D1
30 DATA 7,7,10.5,12
40 FOR I=1 TO 8
50 READ X(I)
60 NEXT I
70 DATA 0,6,-6,6,6,6,18,18
80 FOR I=1 TO 8
90 READ N (I)
100 NEXT I
110 DATA 13,12,13,12,11,10,7,4
120 N1=1
130 N2=N(N1)
140 U1=X1
150 FOR I=1 TO N2
160 SCALE 0,160,0,112
170 OFFSET X1,X2
180 PLOT 0,-7
190 IPLOT -6,4
200 IPLOT 0,6
210 IPLOT 6,4
220 IPLOT 6,-4
230 IPLOT 0,-6
240 IPLOT -6,-4
250 PEN . . .
260 X1=X1+D1
270 NEXT I
280 X2=X2+D3
290 N1=N1+1
300 IF N1>8 THEN 340
310 D2=X(N1)
320 X1=U1+D2
330 GOTO 130
340 END
```

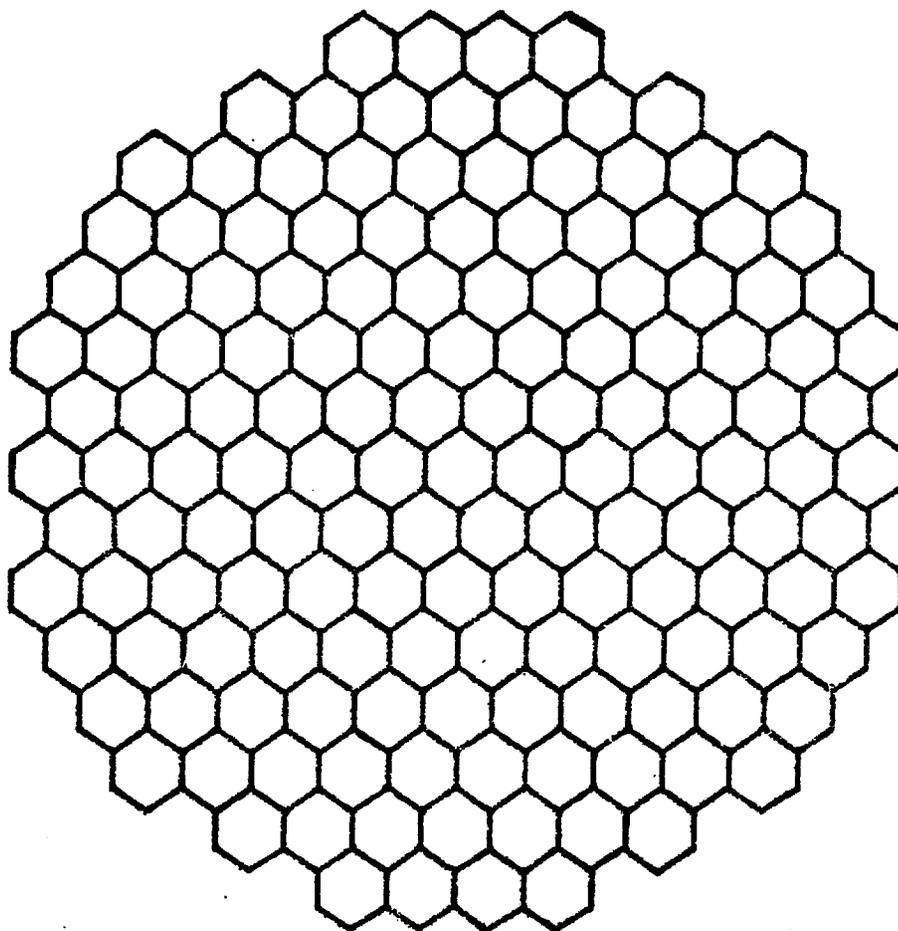
```
10 DIM X(15),N(15),Y(15)
20 READ X1,X2,D3,D1
30 DATA 7,70,12,10
40 FOR I=1 TO 15
50 READ Y(I)
60 NEXT I
70 DATA 0,-18,-18,-6,-6,-6,6,-6,6,-6,6,6,6,18,18
80 FOR I=1 TO 15
90 READ N(I)
100 NEXT I
110 DATA 4,7,10,11,12,13,12,13,12,13,12,11,10,7,4
120 N1=1
130 N2=N(N1)
140 U1=X2
150 FOR I=1 TO N2

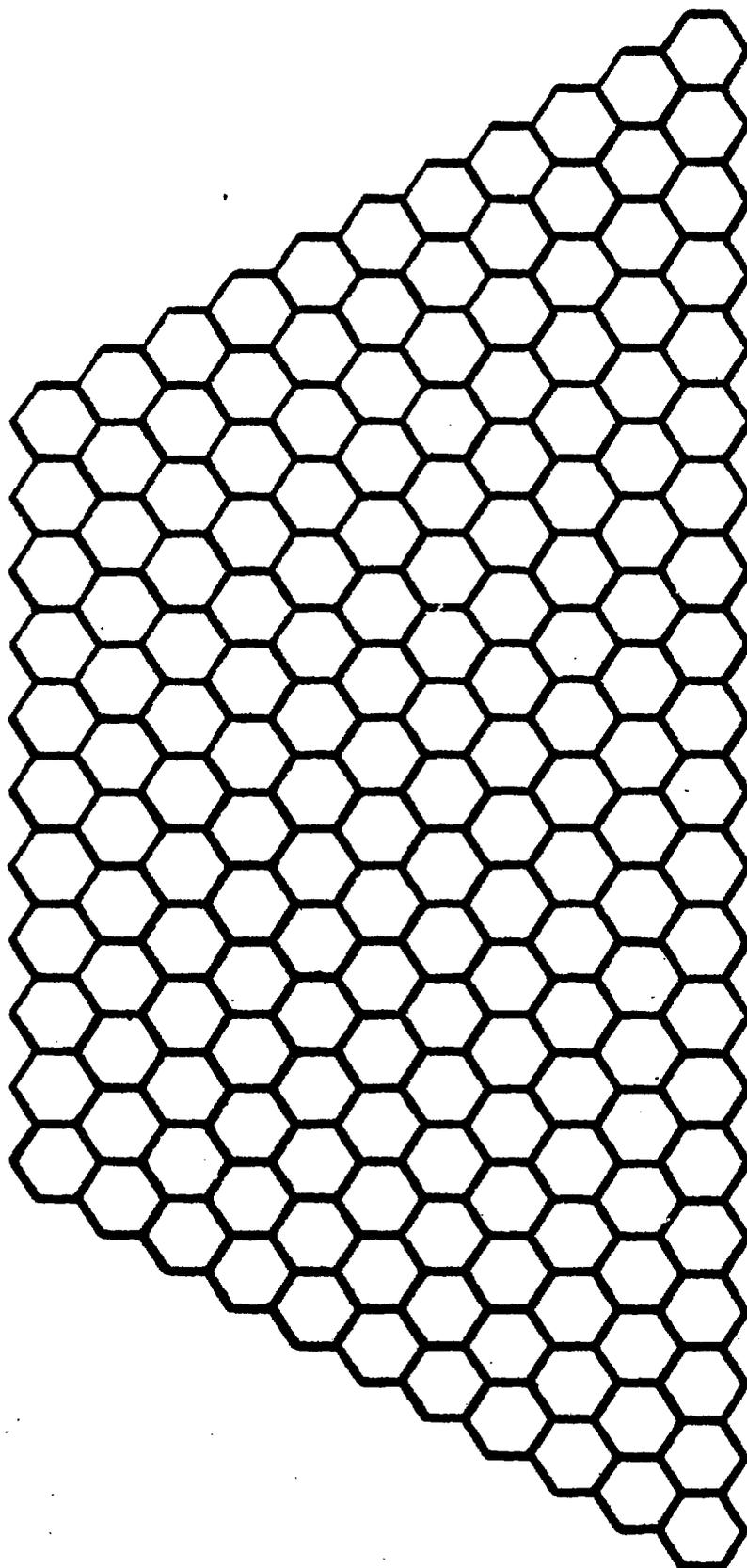
160 SCALE 0,300,0,210
170 OFFSET X1,X2
180 PLOT -3,-6
190 IPDOT -4,6
200 IPLOT 4,6
210 IPLOT 6,0
220 IPLOT 4,-6
230 IPLOT -4,-6
240 IPLOT -6,0
250 PEN

260 X2=X2+D3
270 NEXT I
280 X1=X1+D1
290 N1=N1+1
300 IF N1 15 THEN 340
310 D2=Y(N1)
320 X2=U1+D2
330 GOTO 130
340 END
```

```
10 DIM X(15),N(15).
20 READ X1,X2,D3,D1
30 DATA 7,7,10,5,12
40 FOR I=1 TO 11
50 READ X(I)
60 NEXT I.
70 DATA 6,6,6,6,6,6,6,6,6,6,6
80 FOR I=1 TO 11
90 READ N(I)
100 NEXT I.
110 DATA 21,20,19,18,17,16,15,14,13,12,11
120 N1=1
130 N2=N(N1)
140 U1=X1
150 FOR I=1 TO N2.
160 SCALE 0,255,0,176.4
170 OFFSET X1,X2
180 PLOT 0,-7
190 IPLOT -6,4
200 IPLOT 0,6
210 IPLOT 6,4
220 IPLOT 6,-4
230 IPLOT 0,-6
240 IPLOT -6,-4
250 PEN ..
260 X1=X1+D1
270 NEXT I
280 X2=X2+D3
290 N1=N1+1..
300 IF N 1>11 THEN EN 340
310 D2=X(N1)
320 X1=U1+D2
330 GOTO 130
340 END
```







Приложение 10

```

2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
PROGRAM NORMIR
COMMON/BL/NJ(15),ACT(10,170),ACT12(10,20),SHIZ(170),
*CB,NG(12,20)
DIMENSION M1(20),NVG(20),NG(12,20)
INTEGER VARI
51 READ 1,VARI,NEJ,CB
1 FORMAT(2I2,F5.3)
IF(VARI.EQ.1) GO TO 222
NKAS=163
CALL LOADGO(VARI,'BBS1')
GO TO 21
222 NKAS=151
CALL LOADGO(VARI,'BBS1')
21 DO 19 I=1,10
DO 19 J=1,170
19 ACT(I,J)=0.
DO 100 I=1,12
DO 100 J=1,20
100 NG(I,J)=MG(I,J)
DO 20 K=1,20
M1(K)=0
IF(NG(1,K).GT.0)
NZ=K
DO 20 I=1,10

```

```

20 ACT12(I,K)=0.
21 NMAX=0
22 DO 2 J=1,NEJ
23 IF(VARI.EQ.1)
24 GO TO 220
25 CALL BBOD(J)
26 GO TO 5
27 CALL BBOD5(J)
28 PRINT 111,(ACT(J,NM3),NM3=1,170)
111 FORMAT(5X,10F7.2)
5 CALL KQ(J)
SUM=0.
SUN=0.
IQ=4
CALL RACP(IQ,J)
CALL SEKT(J,VARI)
DO 6 N=1,NZ
ACT12(J,N)=0.
MI(N)=0
NMG(N)=0
DO 7 M=1,12
NG1=NG(M,N)
IF(NG1.LE.0)
GO TO 9
NMG(N)=NMG(N)+1
PRIR=ACT(J,NG1)
IF(PRIR) 15,15,16

```

```

46 15 ACT(J,NG1)=-5.
47 16 PRINT 991,ACT(J,NG1),J,NG1
48 991 FORMAT(5X,'ACT',J,NG1',F10.3,2I6)
49 GO TO 7
50 16 ACT12(J,N)=ACT12(J,N)+PRIR
51 MI(N)=MI(N)+1
52 7 CONTINUE
53 9 IF(MI(N)) 23,23,22
54 23 ACT12(J,N)=0.
55 GO TO 24
56 22 ACT12(J,N)= ACT12(J,N)/MI(N)
57 24 SUM=SUM+ACT12(J,N)*NVG(N)
58 3UN=SUM+NVG(N)
59 NVG5=NVG(N)
60 DO 8 L=1,NVG5
61 NG1=NG(L,N)
62 IF(ACT12(J,N)) 43,43,44
63 43 PRINT 45,N
64 45 FORMAT(/,I0X,'HE ЗАДАНА ГРУППА',I4)
65 GO TO 6
66 44 ACT(J,NG1)=ACT(J,NG1)/ACT12(J,N)
67 8 ACT(J,NG1)=ACT(J,NG1)-1.
68 6 CONTINUE
69 *****РАСЧЕТ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ СРЕДНЕГО В ГРУППЕ СИММЕТРИИ (НАЧАЛО)
70 *****РАСЧЕТ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ СРЕДНЕГО В ГРУППЕ СИММЕТРИИ (КОНЕЦ )
71 IF(NG(1,N).LE.0)
72 GO TO 10

```

```

69 10 SUM=SUM/SUM
70 N1=N-1
71 IF(N1.GT.NMAX)
72     NMAX=N1
73
74     DO 11 N=1,N1
75     11 ACT12(J,N)=ACT12(J,N)*SUM
76     C***ACT12 ОТНОРМИРУВАНО НА СРЕДНЕИНТЕГРАЛЬНОЕ
77     IQ=1
78     IF(VARI.NE.1)
79         GO TO 225
80     229 CALL RA12(IQ,J,VARI)
81     GO TO 226
82     CALL RACP12(IQ,J)
83     CALL RACP(IQ,J)
84     C***
85     2 CONTINUE
86     ЦРЕДНИЕ ЗА РСЕ ДИИ
87     DO 13 K=1,NMAX
88     I1=0
89     S1=0.
90     DO 12 I=1,NEJ
91     IF(ACT12(I,K),LE.0)
92         GO TO 12
93     I1=I1+1
94     S1=S1+ACT12(I,K)
95     12 CONTINUE
96     IF(I1.EQ.0)
97         GO TO 13

```

```

94 ACT12(1,K)=S1/I1
95 13 CONTINUE
   C**#8#ЧИСЛЕНО СРЕДНЕЕ ЗА ВСЕ ДНИ В 1/12
96 DO 41 J0=2,NZ
97 ACT12(2,J0)=0.
98 ACT12(3,J0)=0.
99 NV=NVG(J0)
100 DO 42 I0=1,NV
101 NK=NG(I0,J0)
102 DO 14 L=1,NKAS
103 I1=0
104 S1=0.
105 DO 17 I=1,NEJ
106 IF(ACT(I,L)+2.) 17,18,18
107 I1=I1+1
108 S1=S1+ACT(I,L)
109 17 CONTINUE
110 IF(I1.EQ.0) GO TO 14
111
112 IND=ACT(1,L)+2.
113 IF(IND.LT.0) GO TO 14
114
115 ACT(1,L)=S1/I1
116 IF(NK.NE.L) GO TO 14
117
118 ACT12(2,J0)=ACT12(2,J0)+ACT(1,L)**2
119 ACT12(3,J0)=ACT12(3,J0)+1.

```

```

120 120 CONTINUE
121 121 CONTINUE
122 122 ACT12(2,J0)=SORT(ACT12(2,J0)/(ACT12(3,J0)-1,))
123 123 CONTINUE
124 124 ACT12(2,1)=0.
125 125 J=1
126 126 IQ=2
127 127 IF(VARI.NE.1) GO TO 227
128 128
129 129 CALL RA12(IQ,J,VARI)
130 130 GO TO 228
131 131 CALL RACP12(IQ,J)
132 132 CALL RACP(IQ,J)
133 133
134 134 J=2
135 135 IQ=3
136 136 IF(VARI.NE.1) GO TO 200
137 137 CALL RA12(IQ,J,VARI)
138 138 GO TO 333
139 139 CALL RACP12(IQ,J)
140 140 IF(VARI.NE.1) GO TO 333
141 141
142 142 CALL SIM (NZ)
143 143 CALL RACP(IQ,J)
144 144 GO TO 51
145 145 END

```

```

2      SUBROUTINE RACP(JQ,LI)
3      COMMON/BL/NJ(15),ACT(10,170),ACT12(10,20),SHIZ(170),
4      *CB,NG(12,20)
5      DIMENSION SS(24),NXX(24)
6      INTEGER FORM1(10),FORM2(10),PRIN(24)
7      CALL NEWLIS
8      PRINT 121
9      121 FORMAT(20X,'НОМЕР КАССЕТЫ'/20X,'СОРТ ТОПЛИВА')
10     GO TO(21,22,22,22),JU
11     21 PRINT 23
12     23 FORMAT(20X,'ВЕЛИЧИНА ОТКЛОНЕНИЯ')
13     GO TO 25
14     22 PRINT 24
15     24 FORMAT(20X,'ЗНАЧЕНИЕ АКТИВАЦИИ')
16     25 CONTINUE
17     PRINT 557
18     557 FORMAT(1H0)
19     L=0
20     JB=2
21     MAX=0
22     DO 553 J=1,15
23     IF(NJ(J)-MAX) 553,553,551
24     551 MAX=NJ(J)
25     553 L=L+NJ(J)
26     J=15
27     LL=L
28     554 IDEL=(MAX-NJ(J))*3+1

```

```

19      JE=NJ(J)+1
20      LL=LL-NJ(J)
21      DO 555 JJ=2,JE
22      PRIN(JJ)=LL+JJ-1
23      N=PRIN(JJ)
24      SS(JJ)=ACT(LI,N)
25      NXX(JJ)=SHIZ(N)
26      555 CONTINUE
27      JP=JE-1
28      ENCODE(15, 556,FORM1) IDEL,JP
29      ENCODE(18,1556,FORM2) IDEL,JP
30      JP=JE
      556 FORMAT(5H(4X ,I3,2HX,I2,3HI6))
      1556 FORMAT(5H(4X ,I3,2HX,I2,6HF6,3/))
31      PRINT FORM1,(PRIN(JJ),JJ=JB,JP)
32      PRINT FORM1,( NXX(JJ),JJ=JB,JP)
33      PRINT FORM2,( SS(JJ),JJ=JB,JP)
34      J=J-1
35      IF(J) 554,572,554
36      572 GO TO (1,2,3,4),JQ
37      1 PRINT 101,LI,CB
      101 FORMAT(20X,'ОТКЛОНЕНИЕ ОТ СРЕДНЕГО ЗНАЧЕНИЯ АКТИВАЦИИ
      *'ДЛЯ СИММЕТРИЧНЫХ КАССЕТ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ',I4,IС HI
      *'ЗВОЗ=1,F4.2)
38      RETURN

```

39 2 PRINT 102,СВ
8 102 FORMAT(20X,'УСРЕДНЕННЫЕ ПО ВСЕМ ИЗМЕРЕНИЯМ ПРИ '
 *'С НЗВ03='F4.2', 'ОТКЛОНЕНИЯ ОТ СРЕДНЕГО ЗНАЧ '
 *'ЕНИЯ АКТИВАЦИИ ДЛЯ СИММЕТРИЧНЫХ КАССЕТ')
40 RETURN
41 3 PRINT 103,СВ
 103 FORMAT(20X,'НЕСИММЕТРИЧНОСТЬ ЛЕВОЙ И ПРАВОЙ П '
 *'ОЛОВИН АКТИВНОЙ ЗОНЫ(ЛЕВОЕ ОТКЛ-ПРАВОЕ) '
 *'С НЗВ03='F4.2)
42 RETURN
43 4 PRINT 104,LI,СВ
 104 FORMAT(20X,'РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВАЦИЯ В '
 *'ЭКСПЕРИМЕНТЕ',I3,2X,'ОТНОРМИРОВАННОЕ НА '
 *'МОНИТОР, С НЗВ03='F4.2)
44 RETURN
 END

```

SUBROUTINE BBD5(MD)
COMMON/BL/NJ(15),ACT(I0,170),ACT12(10,20),SHIZ(170),
*CB,M6(12,20)
DIMENSION DAN(10)
J=MD
2   DO 3 I=1,31
3   IF(I=30) 37,37,28
4   28 READ 29,(DAN(J1D),J1D=1,2)
5   29 FORMAT(2F7.3)
6   KOD=1
7   GO TO 30
8   37 READ 4,DAN
9   4 FORMAT(10F7.3)
10  KOD=5
11  30 DO 31 I1=1,KOD
12  NK=INT(DAN(2*I1-1))
13  IF(NK) 5,5,27
14  27 ACT(J,NK)=DAN(2*I1)
15  31 CONTINUE
16  3 CONTINUE
5 CONTINUE
RETURN
END

```

Список литературы

1. Петрунин Д.М. и др. БИПР-5. Программа для расчета трехмерных полей энерговыделений и выгорания топлива в одноклассовом диффузионном приближении для реакторов типа ВВЭР. Препринт ИАЭ-2518.
2. Комплект инструкций и описание ЭВМ HEWLETT-PACKARD
3. Комиссаров Л.В. Некоторые проблемы физического эксперимента при проектировании водо-водяных реакторов: Доклад на симпозиуме СЭВ "Состояние и перспективы развития АЭС с водо-водяными реакторами". М., 1988.

Редактор О.В. Базанова
Технический редактор Н.А. Малькова

Т-28855. 27.11.81. Формат 60x90/16. Уч.-изд. л. 2,4.
Тираж 120. Цена 35 коп. Индекс 3624. Заказ 646

Отпечатано в ИАЭ

Препринт ИАЭ-3651/5. М., 1982