142/83

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

10/1-83

5-82-703

З.М.Косарева

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ SCHOONSCHIP ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ В АНАЛИТИЧЕСКОМ ВИДЕ РЕШЕНИЯ ОДНОЙ МОДЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ НА СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

1982

## Введение

Программные системы для аналитических вычислений на ЭВМ, созданные за последние годы, все чаще используются для решения задач, требующих получения результата в аналитическом виде, либо точного, а не приближенного решения. К таким системам относятся, например, системы SCHOONSCHIP, REDUCE, SYMBAL, CLAM/1/ , включенные в состав математического обеспечения ЭВМ CDC-6500 и ЕС-1060 в ОИЯИ.

О практическом интересе к этим системам можно судить хотя бы по тому, что в 1979 г. в ОИЯИ было проведено Международное совещание по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике.

В данной работе предпринята попытка оценить возможность и целесообразность применения аналитических вычислений на ЭВМ к решению некоторых задач на собственные значения на примере модельной задачи для линейного обыкновенного дифференциального уравнения 2-го порядка.

## I. Постановка задачи

В качестве модельного уравнения было выбрано возмущенное уравнение для полиномов Чебышева I-го рода/2/

$$(1-x^2)y''-xy'+(\lambda+f(x))y = 0 \quad , \qquad (1)$$

где $f(x)$ - возмущающая функция, относительно которой предполагается, что она разлагается в ряд Фурье по полиномам Чебышева, т.е.

$$f(x) = \sum_{k=1}^{\infty} f_k \cdot T_k(x) \ . \qquad (2)$$

Решение ищется такое, что

$$y=y_n(x) \to T_n(x) \qquad \text{и} \qquad \lambda = \lambda_n \to n^2 \quad \text{при} \quad f(x) \to 0 \ .$$

ИНСТИТУТ

## 2. Система уравнений для коэффициентов Фурье

Будем искать решение как функцию, разлагающуюся в ряд Фурье по полиномам Чебышева, т.е.

$$y(x) = \sum_{\ell=0}^{\infty} y_\ell \cdot T_\ell(x). \tag{3}$$

Подставим (2) и (3) в уравнение (I):

$$(1-x^2)\sum_{\ell=0}^{\infty} y_\ell T''_\ell(x) - x\sum_{\ell=0}^{\infty} y_\ell T'_\ell(x) + \lambda\sum_{\ell=0}^{\infty} y_\ell T_\ell(x) + \sum_{k=1}^{\infty}\sum_{\ell=0}^{\infty} f_k \cdot y_\ell \cdot T_k(x) \cdot T_\ell(x) = 0. \tag{4}$$

Приняв во внимание, что $T_\ell(x)$ есть полином Чебышева I-го рода, удовлетворяющий дифференциальному уравнению

$$(1-x^2)T''_\ell(x) - xT'_\ell(x) + \ell^2 \cdot T_\ell(x) = 0, \tag{5}$$

и воспользовавшись соотношением для полиномов Чебышева

$$T_m(x)\cdot T_n(x) = \cos(m\arccos x)\cdot\cos(n\arccos x) = \frac{T_{m+n}(x) + T_{|m-n|}(x)}{2}, \tag{6}$$

преобразуем уравнение (4) к виду

$$\sum_{j=0}^{\infty}\left[y_j(\lambda - j^2) + c_j\right]\cdot T_j(x) = 0, \tag{7}$$

где

$$c_j = \frac{1}{2}\sum_{i=0}^{\infty} y_i \cdot (f_{|j-i|} + f_{j+i}).$$

Поскольку полиномы $T_j(x)$ линейно независимы, то их линейная комбинация может быть равна нулю при условии, что все коэффициенты при $T_j(x)$ равны нулю, т.е.

$$y_j(\lambda - j^2) + \frac{1}{2}\sum_{i=0}^{\infty} y_i (f_{|j-i|} + f_{j+i}) = 0, \quad j=0,1,2,\dots. \tag{8}$$

Получили систему уравнений для определения коэффициентов Фурье $y_j$ и собственных значений $\lambda$. При этом ищутся такие решения системы (8)

$$Y_\ell = (\lambda_\ell, y_{0\ell}, y_{1\ell}, \dots),$$

где $\ell = 1,2,\dots$ есть номер решения, что

$$\lambda_\ell \to \ell^2$$

$$y_{j\ell} \to \begin{cases} 0 & \text{при } j \neq \ell \\ 1 & \text{при } j = \ell \end{cases}$$

при $f_i \to 0$ (для $i=1,2,\dots$).



## 3. Метод решения системы для коэффициентов Фурье

Для решения системы (8) был выбран метод итераций. Будем искать решение системы вблизи решений соответствующей ей невозмущенной системы $\lambda y_j = j^2 y_j$, $j=0,1,2,\dots$

Запишем систему (8) в виде, удобном для итераций:

$$y_j = \frac{1}{2(j^2-\lambda)}\cdot\sum_{i=0}^{\infty} y_i \cdot (f_{|j-i|} + f_{j+i}), \quad j=0,1,2,\dots \tag{9}$$

Пусть ищется решение системы (8) с номером $\ell$. Тогда из уравнения системы (8) с номером $\ell$, если принять $y_\ell = 1$, нетрудно получить формулу для определения $\lambda$:

$$\lambda_\ell = \ell^2 - \frac{1}{2}\sum_{i=0}^{\infty} y_i \cdot (f_{|\ell-i|} + f_{\ell+i}). \tag{10}$$

Таким образом, для определения коэффициентов $y_j$ и собственного значения $\lambda_\ell$ по методу итераций получаем формулы:

$$\lambda_\ell^{(k)} = \ell^2 - \frac{1}{2}\sum_{i=0}^{\infty} y_i^{(k-1)} \cdot (f_{|\ell-i|} + f_{\ell+i})$$

$$y_j^{(k)} = \frac{1}{2(j^2 - \lambda_\ell^{(k)})}\cdot\sum_{i=0}^{\infty} y_i^{(k-1)} \cdot (f_{|j-i|} + f_{j+i}), \tag{II}$$

$j=0,1,2,\dots,\ell-1,\ell+1,\dots$, где $k$ – номер приближения. Поскольку решение системы (8) ищется вблизи решений невозмущенной системы (при $f_i = 0$), то за начальное приближение выбираются значения

$$\lambda_\ell^{(0)} = \ell^2$$

$$y_j^{(0)} = \begin{cases} 0 & \text{при } j \neq \ell, \\ 1 & \text{при } j = \ell. \end{cases} \tag{I2}$$

## 4. Формула для невязки

Вернемся к постановке задачи (I) и допустим, что ряд для возмущения $f(x)$ конечен, т.е.

$$f(x) = \sum_{k=1}^{M} f_k \cdot T_k(x). \tag{I3}$$

Далее, предположим, что найдено не точное, а приближенное решение уравнения (I) $\lambda^*$ и $y^*(x)$.

Пусть найденное решение представляется конечным отрезком ряда Фурье по полиномам Чебышева

$$y^{*}(x) = \sum_{\ell=0}^{N-1} y_{\ell}^{*} \cdot T_{\ell}(x) \tag{14}$$

и удовлетворяет уравнению (I) с некоторой точностью $\varepsilon_1$. Тогда нетрудно убедиться, что для невязки $\delta(x)$ (разности левой и правой частей уравнения (I) при подстановке в него $\lambda^{*}$ и $y^{*}(x)$ ) справедливо следующее выражение:

$$\delta_{N-1}(x) = \sum_{\ell=0}^{N-1} \left[ y_{\ell}^{*}(\lambda^{*} - \ell^2) + c_{\ell}^{*} \right] \cdot T_{\ell}(x) + \sum_{\ell=N}^{N-1+M} c_{\ell}^{*} \cdot T_{\ell}(x) , \tag{15}$$

где коэффициент $c_{\ell}^{*} = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{N-1} y_i^{*} \cdot (f_{|\ell-i|} + f_{\ell+i})$ .

## 5. Об уменьшении степени полинома, аппроксимирующего решение

Еще более сузим постановку задачи (I): допустим, что коэффициенты $f_k$ невелики и быстро убывают.

Тогда расчеты на ЭВМ показывают, что коэффициенты Фурье $y_{\ell}^{*}$ быстро убывают и найденное приближенное решение $y^{*}(x)$ содержит слагаемые, которые не дают существенного вклада (по сравнению с требуемой точностью решения).

В связи с этим появилась задача: найти то минимальное число слагаемых в приближенном решении $\tilde{y}^{*}(x) = \sum_{\ell=0}^{p} y_{\ell}^{*} T_{\ell}(x)$ , где $p \le N-1$ , при котором обеспечивается заданная точность решения уравнения (I).

Оценим сверху величину невязки $\delta_p(x)$, для чего рассмотрим $|\delta_p(x)|$ для $x \in [-1,1]$. Из формулы (I5), приняв во внимание, что $|T_{\ell}(x)| \le 1$ для $x \in [-1,1]$ и заменив $T_{\ell}(x)$ его максимумом, получим

$$|\delta_p(x)| \le \sum_{\ell=0}^{p} \left| y_{\ell}^{*}(\lambda^{*} - \ell^2) + \tilde{c}_{\ell}^{*} \right| + \sum_{\ell=p+1}^{p+M} \left| \tilde{c}_{\ell}^{*} \right| = D_p . \tag{16}$$

$x \in [-1,1]$

Пусть $p^{*}$ - минимальное из значений $p=1,2,\ldots,N-1$ , для которых $D_p \le \varepsilon_1$ . Тогда $\max \left| \delta_{p^{*}}(x) \right| \le D_{p^{*}} \le \varepsilon_1$ , и решение

$$\tilde{y}^{*}(x) = \sum_{\ell=0}^{p^{*}} y_{\ell}^{*} \cdot T_{\ell}(x) \tag{17}$$

обеспечивает заданную точность $\varepsilon_1$ решения уравнения (I).



## 6. Численные расчеты на ЭВМ

Решение уравнения (I) в численном виде было получено для значений $M \le 3$ и $N=20$ ; номер решения $\ell$ соответствует единице.

Точность сходимости итераций определялась величиной $\varepsilon = 10^{-5}$ ; максимально допустимое число итераций было выбрано равным 20; точность $\varepsilon_1$ отыскиваемого решения $y(x)$ была равна $10^{-3}$.

Решение уравнения (I) отыскивалось для возрастающих значений возмущения $f(x)$ .

Всякий раз определялось минимальное число $p^{*}$ членов в разложении $y(x)$, обеспечивающее требуемую точность решения $\varepsilon_1$; вычислялась невязка $\delta_{p^{*}}$ на отрезке $[-1,1]$ и находился ее максимум.

Варианты проведенных вычислений и их результаты приведены в таблице I.

Таблица I

| Вид $f(x)$ | $f_{k_{min}}$ | $p^{*}$ | Максимум невязки | $f_{k_{max}}$ | $p^{*}$ | Максимум невязки |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\sum_{k=1}^{1} f_k \cdot T_k(x)$ | 0.2 | 4 | 0.4274E-04 | I.4 | 6 | 0.8774E-04 |
| $\sum_{k=1}^{2} f_k \cdot T_k(x)$ | 0.2 | 6 | 0.32I5E-04 | I.0 | 7 | 0.6569E-03 |
| $\sum_{k=1}^{3} f_k \cdot T_k(x)$ | 0.2 | 7 | 0.7665E-03 | 0.8 | 9 | 0.230IE-03 |

## 7. Аналитический способ решения задачи на собственные значения

После того, как решение модельной задачи (I) было получено в численном виде, была сделана попытка найти аналитический вид решения, выразив собственные значения $\lambda$ и решение $y(x)$ как функции от известных коэффициентов $f_k$ разложения возмущения $f(x)$ по полиномам Чебышева.

Задача решалась с помощью системы аналитических вычислений SCHOONSCHIP /3,4/ на ЭВМ CDC - 6500 . Эта система дает возможность проводить аналитические преобразования выражений, записанных в виде

(A1 + B1 +... ) * (A2 + B2 +... )* ... *(AN + BN +... ),

где A1, B1, A2, B2,... являются числами, алгебраическими символами, векторами, функциями или выражениями, заключенными в скобки.

Система SCHOONSCHIP обладает следующими возможностями:

1) раскрытие скобок и приведение подобных членов;
2) проведение подстановок;
3) упрощение выражений автоматически и под руководством пользователя.

Выбор именно этой системы аналитических вычислений объясняется тем, что к моменту постановки задачи SCHOONSCHIP уже хорошо себя зарекомендовала среди других систем как по быстродействию, так и по разумному объему используемой оперативной памяти.

Для вычисления аналитических выражений $\lambda$ и $y_j$ применялся, как и при решении задачи в численном виде, метод итераций, определяемый формулами (II) с начальными условиями (I2) (см.п.3).

Поскольку в аппарате SCHOONSCHIP отсутствует деление на полином, формула (II) для вычисления $y_j$ была преобразована так, чтобы исключить деление на полином $(j^2 - \lambda_\ell^{(k)})$, и приобрела вид

$$y_j^{(k)} = \frac{0.5}{j^2 - \ell^2}\left[1 + \sum_{m=1}^{\infty}\left(\frac{\lambda_\ell^{(k)} - \ell^2}{j^2 - \ell^2}\right)^m\right]\cdot\sum_{i=0}^{\infty} y_i^{(k-1)}\cdot(f_{|j-i|} + f_{j+i}). \quad (I8)$$

Практически решение $y(x)$ отыскивалось в виде конечного отрезка ряда Фурье, состоящего не более, чем из 4 слагаемых. Относительно возмущающей функции $f(x)$ предполагалось, что ее ряд Фурье состоит не более, чем из 2 членов, а коэффициенты $f_k$ достаточно малы (меняются в интервале 0.I÷0.2).

Метод итераций, записанный на языке SCHOONSCHIP, реализован в виде шести программных секций:

PROLOG, LAMBDA, YGREK, YGREKEND, POLTJ, RESULT

и пяти блоков-подпрограмм:

SLAGL(I,J), SUMY(M,J,L), SUM1(J,L), TJ(J), YX(J).

Разовый просчет по программе PROLOG - RESULT дает на выходе новое приближение для $\lambda$, $y_j$ и $y(x)$.

Таким образом, для получения $k$-го приближения нужно $k$ раз просчитать по программе, задавая каждый раз в качестве начального приближения результат предыдущей итерации. Такое пошаговое вычисление аналитических выражений $\lambda$ и $y_j$ оказалось очень удобным, т.к. на каждой итерации позволяет оценить получаемые результаты и внести, при необходимости, коррективы в вычисление следующих приближений.

## 8. Краткое описание программы

Начальные приближения коэффициентов $y_j$ задаются в секции PROLOG.

С помощью секции LAMBDA по формуле (II) вычисляется аналитический вид собственного значения $\lambda_\ell$, где $\ell$ - номер собственного значения.



Величина $\lambda$ объявляется COMMON -выражением и тем самым делается доступной другим секциям.

В секции YGREK, в соответствии с формулой (I8), вычисляются аналитические выражения коэффициентов $y_j$. Они также заносятся в COMMON в виде индексированных z -выражений.

Секция YGREKEND используется для вычисления коэффициентов $y_j$ для индексов $j = \ell+1, \ell+2, \ldots, N-1$, где $\ell$ - номер вычисляемого собственного значения.

Последовательность полиномов Чебышева $T_j(x)$, необходимых для построения решения $y(x)$, вычисляется в секции POLTJ по рекуррентной формуле $T_j(x) = 2x\,T_{j-1}(x) - T_{j-2}(x)$.

В секции RESULT, с использованием накопленных в COMMON'ах выражений $y_j$ и $T_j(x)$, строится аналитическое выражение решения $y(x)$ как $y(x) = \sum_{j=0}^{N-1} y_j T_j(x)$, где $N$ - число слагаемых конечного отрезка ряда Фурье, аппроксимирующего решение уравнения (I).

## 9. Замечания по структуре программы и полученным результатам

В программе PROLOG - RESULT используются такие средства системы SCHOONSCHIP, как подстановки и встроенные в систему циклы.

Внутри циклов для вычисления сумм используются блоки-подпрограммы, предварительно записанные на файл TAPE3 с помощью оператора WRITE BLOCKS.

Для вычислений с разными видами возмущения $f(x)$ использовались разные варианты программы, поскольку усложнение $f(x)$ требует существенных дополнений в блоках-подпрограммах.

Проведенные вычисления показали, что увеличение количества членов в разложении $f(x)$ заметно усложняет аналитический вид решения.

Пользуясь малой величиной коэффициентов $f_k$, удалось ограничить разрастание аналитических выражений в процессе итераций путем отбрасывания на каждой итерации слагаемых, численное значение которых меньше, чем $10^{-6}$.

Благодаря этому были получены обозримые и удобные для использования аналитические выражения $\lambda$ и $y_j$.

В таблице 2 приведены все варианты вычислений, проведенных по программе PROLOG - RESULT. Вид полученных аналитических выражений $\lambda$, $y_j$ и $y(x)$ для варианта 2 таблицы 2 приводится в приложении.

Правильность полученных аналитических выражений контролировалась проведенными численными расчетами.

## ТАБЛИЦА 2

| № | Вычисляются | | Вид возмущения f(x) | Число итераций |
|---|---|---|---|---|
| | $\lambda$ | y(x) в виде | | |
| 1 | $\lambda_1$ | $\sum_{j=0}^{2} y_j \cdot T_j(x)$ | $f_1 \cdot T_1(x)$ | 3 |
| 2 | $\lambda_1$ | $\sum_{j=0}^{2} y_j \cdot T_j(x)$ | $\sum_{k=1}^{2} f(k) \cdot T_k(x)$ | 2 |
| 3 | $\lambda_2$ | $\sum_{j=0}^{2} y_j \cdot T_j(x)$ | $f_1 \cdot T_1(x)$ | 3 |
| 4 | $\lambda_2$ | $\sum_{j=0}^{3} y_j \cdot T_j(x)$ | $f_1 \cdot T_1(x)$ | 3 |

## Заключение

Проведенные исследования показали, что аппарат аналитических вычислений на ЭВМ может служить удобным инструментом для решения рассмотренного класса задач. Предполагается применить и другие системы аналитических вычислений на ЭВМ (REDUCE, SYMBAL) к этим задачам.

Настоящую работу нужно рассматривать как первый шаг применения системы аналитических вычислений на ЭВМ к решению модельной задачи на собственные значения с дискретным спектром.

Приобретенный опыт предполагается использовать в будущем при решении более сложных задач, в частности, модельных задач на собственные значения с непрерывным спектром.

В заключение хочется поблагодарить В.А.Ростовцева, Л.А.Бобылеву, И.Е.Жидкову, Р.Н.Федорову за предоставленные материалы, помощь и внимание, а также А.А.Корнейчука – за руководство и интерес к работе.



## ПРИЛОЖЕНИЕ

```
LAMB =
   + 1. + 0.91666*F1**2 + 0.51389*F1**2*F2 + 0.24769*F1**2*F2**2
   - 5.E-1*F2  +0.

YO(1) =
   - F1 - 0.66667*F1*F2 - 0.30556*F1*F2**2 - 3.24082E-2*F1*F2**3
   + 4.62963E-3*F1*F2**4 + 0.91666*F1**3 + 1.58333*F1**3*F2
   + 0.97454*F1**3*F2**2 - 0.84027*F1**5 - 0.85185*F1**5*F2**2

YO(2) = + 1.

YO(3) =
   + 0.16667*F1 - 0.36111*F1*F2 - 0.10648*F1*F2**2
   - 6.48148E-2*F1*F2**3 + 9.25926E-3*F1*F2**4 + 5.09258E-2*F1**3
   - 9.02776E-2*F1**3*F2 - 6.98302E-2*F1**3*F2**2 + 1.55606E-2*F1**5
   - 3.71548E-2*F1**5*F2**2 +0.

YOTX =
   + X + 0.33333*X**2*F1 - 0.72222*X**2*F1*F2 - 0.21296*X**2*F1*F2**2
   - 0.12963*X**2*F1*F2**3 + 1.85185E-2*X**2*F1*F2**4
   + 0.10185*X**2*F1**3 - 0.18056*X**2*F1**3*F2 -
   - 0.13966*X**2*F1**3*F2**2 + 3.11213E-2*X**2*F1**5 -
   - 7.43096E-2*X**2*F1**5*F2**2 - 1.16667*F1 - 0.30556*F1*F2
   - 0.19908*F1*F2**2 + 3.24066E-2*F1*F2**3 - 4.62962E-3*F1*F2**4
   + 0.86574*F1**3 + 1.67361*F1**3*F2 + 1.04437*F1**3*F2**2
   - 0.85584*F1**5 - 0.8147*F1**5*F2**2 + 0.
```

ЛИТЕРАТУРА

1. Федорова Р.Н. ОИЯИ, Д11-80-13, Дубна, 1980, с.46.
2. Суетин П.К. Классические ортогональные многочлены. М., Наука, 1979.
3. Бобылева Л.В. и др. ОИЯИ, Д10;11-11264, Дубна, 1978.
4. Бобылева Л.В. и др. ОИЯИ, Б2-11-11479, Дубна, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 сентября 1982 года.



## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги,
если они не были заказаны ранее.

| | | |
|---|---|---|
| Д13-11182 | Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977. | 5 р. 00 к. |
| Д17-11490 | Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977. | 6 р. 00 к. |
| Д6-11574 | Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978. | 2 р. 50 к. |
| Д3-11787 | Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978. | 3 р. 00 к. |
| Д13-11807 | Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978. | 6 р. 00 к. |
| | Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/ | 7 р. 40 к. |
| Д1,2-12036 | Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978 | 5 р. 00 к. |
| Д1,2-12450 | Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978. | 3 р. 00 к. |
| | Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/ | 8 р. 00 к. |
| Д11-80-13 | Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979 | 3 р. 50 к. |
| Д4-80-271 | Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979. | 3 р. 00 к. |
| Д4-80-385 | Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980. | 5 р. 00 к. |
| Д2-81-543 | Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981 | 2 р. 50 к. |
| Д10,11-81-622 | Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980 | 2 р. 50 к. |
| Д1,2-81-728 | Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981. | 3 р. 60 к. |
| Д17-81-758 | Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981. | 5 р. 40 к. |
| Д1,2-82-27 | Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981. | 3 р. 20 к. |
| Р18-82-117 | Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981. | 3 р. 80 к. |

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

## ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

| Индекс | Тематика |
|---|---|
| 1. | Экспериментальная физика высоких энергий |
| 2. | Теоретическая физика высоких энергий |
| 3. | Экспериментальная нейтронная физика |
| 4. | Теоретическая физика низких энергий |
| 5. | Математика |
| 6. | Ядерная спектроскопия и радиохимия |
| 7. | Физика тяжелых ионов |
| 8. | Криогеника |
| 9. | Ускорители |
| 10. | Автоматизация обработки экспериментальных данных |
| 11. | Вычислительная математика и техника |
| 12. | Химия |
| 13. | Техника физического эксперимента |
| 14. | Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами |
| 15. | Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях |
| 16. | Дозиметрия и физика защиты |
| 17. | Теория конденсированного состояния |
| 18. | Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники |
| 19. | Биофизика |

Косарева З.М. 5-82-703

**Использование системы SCHOONSCHIP для получения в аналитическом виде решения одной модельной задачи на собственные значения**

С помощью системы SCHOONSCHIP получен аналитический вид решения модельной задачи на собственные значения для дифференциального уравнения 2-го порядка вида

$$(1-x^2)\cdot y'' - xy' + (\lambda + f(x))\cdot y = 0,$$

где $f(x)$ разлагается в ряд Фурье по полиномам Чебышева. Решение получено как функция от коэффициентов этого разложения.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Kosareva S.M. 5-82-703

**Application of SCHOONSCHIP System for Derivation in Analytical form of Solution of a Model Problem to Eigenvalues**

Using the SCHOONSCHIP system the analytical form for solution of a model problem to eigenvalues for differential equation of the second order having the form

$$(1-x^2)\cdot y'' - xy' + (\lambda + f(x))\cdot y = 0$$

has been obtained. $f(x)$ is expanded to Fourier series over Chebyshev polynoms. The solution is obtaines as a function from coefficients of this expansion.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.