

сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

2423/2-81

P11-81-149

С.Н.Боршукова, Р.Д.Лазаров

ПАКЕТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ  
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОСНОВНЫХ ДВУМЕРНЫХ ЗАДАЧ  
ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

1981

По линии многостороннего сотрудничества между академиями наук социалистических стран в рамках РГ-1 /Рабочей группы по созданию пакетов прикладных программ для решения задач математической физики/ в Институте математики Болгарской академии наук был создан пакет прикладных программ для решения основных двумерных задач теории упругости.

Пакет прошел опытную эксплуатацию в Институте математики /ИМ/ БАН и был доложен на заключительном совещании РГ-1 в Варшаве в марте 1980 года. Документация пакета написана на русском языке согласно требованиям оформления программной документации для задач математической физики<sup>8/</sup>, разработанных в рамках РГ-1.

Цель настоящего сообщения - познакомить читателя с возможностями и структурой пакета. Здесь полностью помещена аннотация - основной документ для пакетов программ согласно инструкции<sup>10/</sup> и дано краткое описание структуры пакета, который организован как многофазовая программа в операционной системе ДОС для ЕС ЭВМ.

## АННОТАЦИЯ

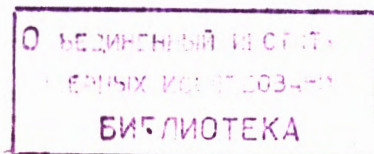
1. Имя пакета программ - пакет прикладных программ для решения основных двумерных задач теории упругости.

2. Вычислительная машина, для которой пакет предназначен, и другие машины, на которых он может быть использован, - ЕС ЭВМ и все совместимые с ними ЭВМ.

### 3. Постановка задачи

Пакет предназначен для нахождения упругого равновесия однородных тел в плоском напряженном состоянии и в состоянии плоской и осесимметричной деформации под действием поверхностных сил и заданных перемещений.

Рассматриваются конечные или бесконечные /достаточно длинные/ тела из изотропного или трансверсально-изотропного материала.



#### 4. Метод решения

Для решения поставленных задач используются метод интегральных преобразований Фурье, метод конечных разностей или метод конечных элементов.

Метод Фурье<sup>1,3,7/</sup> применяется для расчета напряженного и деформированного состояния изотропных или трансверсально-изотропных бесконечных цилиндрических тел - полый и сплошной цилиндры и пространство с цилиндрической полостью.

Метод конечных разностей<sup>3,5/</sup> применяется для расчета напряженного и деформированного состояния изотропных или трансверсально-изотропных конечных цилиндров с прямоугольным сечением.

Метод конечных элементов<sup>2,3/</sup> применяется для решения всех перечисленных выше задач в произвольной плоской или пространственной осесимметричной области. Предполагается, что область разбита на элементы одного типа - изопараметрические билинейные четырехугольники или 8-точечные квадратичные четырехугольники.

Пакет реализован как многофазовая программа в операционной системе ДОС-ЕС-2.1<sup>4/</sup>. Использование структуры с перекрытием дает возможность ограничиться только внутренней памятью 256 К для решения всех перечисленных задач.

Первые три фазы составляют системную часть пакета, остальные - функциональное наполнение<sup>3/</sup>. Системная часть осуществляет ввод, тест и интерпретацию входных данных, выбор соответствующего варианта решения и организует интерфейс между отдельными подпрограммами функционального наполнения.

#### 5. Ограничения сложности задачи

Результатом работы программы являются приближенные значения решения в конечном числе узлов. Координаты узлов задаются как входные данные.

При использовании метода Фурье практически нет ограничений на число узлов, так как решение в произвольном узле вычисляется независимо от значений решения в других узлах.

При использовании метода конечных элементов настоящая версия пакета генерирована для 150 узлов.

#### 6. Типичное время счета

Для решения задачи методом Фурье, если число узлов равняется 100, необходимо не более 5 мин на ЭВМ ЕС-1040.

Для решения задачи методом конечных элементов в случае максимального числа узлов /150/ время счета - около 10 мин на ЭВМ ЕС-1040.

#### 7. Особенности программы

Характерной особенностью метода Фурье является возможность довольно точного расчета разрывных напряжений. Аналитическое исследование интегрального решения Фурье<sup>7/</sup> дает возможность выделить все особенности решения. Так, в случае разрывной нагрузки соответствующие разрывные напряжения представляются в виде сумм известных разрывных функций и равномерно сходящихся интегралов.

#### 8. Состояние пакета

Пакет прошел период опытной эксплуатации в ВЦ ИМ БАН. Первая версия пакета сдана в болгарский национальный фонд программ - ЦППБ /Центральная проектная и программная библиотека/.

#### 9. Документация

Изготовлено описание пакета на русском языке согласно требованиям оформления программной документации для задач математической физики<sup>6/</sup>. Это описание содержит все пункты, требуемые в<sup>6/</sup>, кроме пункта 7 /подробное описание программы/.

Изготовлена и сдана в ЦППБ документация на болгарском языке в соответствии с правилами оформления для ЕС ЭВМ<sup>9/</sup>.

#### 10. Связанные и вспомогательные программы

Все необходимые программы включены в пакет.

#### 11. Требования к вычислительной машине

Для использования пакета необходимы следующие технические средства:

- центральный процессор с оперативной памятью 256 К;
- чтец перфокарт;
- печатающее устройство;
- дисковое устройство;
- накопитель на магнитной ленте /только для генерирования пакета с дистрибутивной ленты/.

## 12. Язык программирования

Все подпрограммы написаны на фортране-IV<sup>8/</sup>.

## 13. Операционная система

Используется ДОС-ЕС-2.1<sup>4/</sup>.

## 14. Дополнительная информация

Пакет предоставляется потребителям на дистрибутивной ленте. Дистрибутивная лента содержит исходные модули на фортране, объективные модули и тестовые примеры.

## 15. Авторы и место их работы

Пакет разработан в секторе "Математическое моделирование" ИМ БАН. Руководитель коллектива - ст.н.с. Р.Лазаров, ИМ БАН, София-1090, Болгария.

## 16. Перечень материалов

1. Описание пакета согласно требованиям инструкции<sup>6/</sup>.
2. Документация на болгарском языке согласно стандартам<sup>9/</sup>.
3. Дистрибутивная лента.

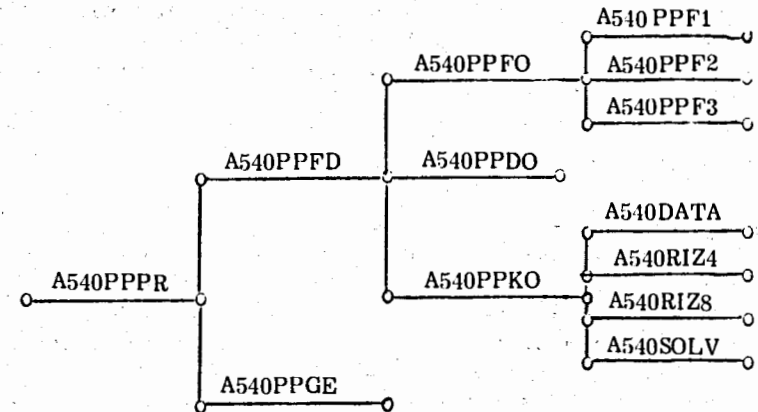
## 17. Ссылки

1. Уфлянд Я.С. Интегральные преобразования в задачах теории упругости. "Наука", Л., 1967.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике: "Мир", М., 1975.
3. ППП за решаване на основите двумерни задачи на теорията на еластичността. Ръководство за програмиста. ЦПБ, София, 1980.
4. Операционная система ДОС ЕС. Общие положения. Е10.132. 013.Д1. ДСО "Изот", София, 1974.
5. Лазаров Р.Д. Разностная схема с погрешностью второго порядка для осесимметричных задач упругости в сплошных цилиндрах. Докл. БАН, т.29, №1, с.21-24, 1976.
6. Воронков А.В., Карпов В.Я., Шараев Д.Я. Оформление документации программ для решения задач математической физики. Препринт ИПМ АН СССР, М., 1977.

7. Боршукова С.Н. Исследване и числено решаване на първа основна задача на теорията на еластичността чрез интегрално преобразование на Фурье. Теор. и прил. мех., 1974, №1.
8. Операционная система ДОС-ЕС, кн.42,43. ДСО "Изот", София, 1974.
9. ЕС ЕИМ. Система за програмна документация. Сборник от отрасли нормали. София, 1978.
10. Воронков А.В., Фридрих Ф. Вопросы подготовки информационных материалов для программ, библиотек и пакетов программ задач математической физики. ВЦ АН СССР, М., 1979.

## СТРУКТУРА ПАКЕТА

Пакет реализован как многофазовая программа в операционной системе ДОС. Реализованная структура следующая:



Корневая фаза A540PPPR и фазы A540PPFD и A540PPGE составляют системную часть пакета, а остальные фазы - функциональное наполнение.

Приведем назначение отдельных фаз.

Корневая фаза A540PPPR загружает фазы A540PPFD и A540PPGE в зависимости от метода решения и способа задания данных.

Фаза A540PPFD осуществляет ввод, тест и интерпретацию входных данных для решения задачи методом Фурье и разностным методом. Фазы A540PPGE и A540DATA осуществляют ввод, тест и интерпретацию входных данных для решения задачи методом конечных элементов в случае, когда координаты узлов, топология элементов и табулированные граничные условия задаются потребителем. Структура пакета предусматривает естественное включение программы для автоматического генерирования координат узлов и топологию элементов.

Фазы A540PPF0 , A540PPF2 , A540PPF2 и A540PPF3 реализуют решение поставленной задачи методом Фурье. В фазе A540PPF0 производятся все необходимые вычисления, общие для случаев нормальной нагрузки, тангенциальной нагрузки и контактной задачи. Здесь вычисляются все общие константы и необходимые параметры задач, осуществляется вывод результатов.

Фаза A540PPF1 осуществляет решение задачи в случае нормальной нагрузки цилиндрического тела, фаза A540PPF2 - решение задачи в случае тангенциальной нагрузки, а фаза A540PPF3 - решение контактной задачи.

Фаза A540PPD0 предназначена для решения задачи разностным методом.

Фазы A540PPK0, A540DATA, A540RIZ4 , A540RIZ8 и A540SOLV осуществляют решение задачи методом конечных элементов.

Фаза A540PPK0 организует решение задачи методом конечных элементов. Фаза A540RIZ4 /A540RIZ8/ вычисляет матрицу жесткости, а после решения системы уравнений - и все напряжения в узлах для билинейных четырехточечных /квадратичных восьмиточечных/ элементов. Фаза A540SOLV накладывает предписанные граничные условия и решает систему уравнений метода конечных элементов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый пакет сочетает три метода, которые взаимно дополняют друг друга: метод Фурье /точность и возможность расчета особенностей/, метод конечных разностей /экономичность по отношению к памяти/ и метод конечных элементов /универсальность/. Реализованные методы отражают современное состояние численных методов решения поставленных задач.

Пакет может быть использован как для решения реальных задач, так и для экспериментальной проверки точности реализованных методов. Предлагаемая версия пакета представляет собой открытую систему, в которой могут быть включены как новые задачи, так и методы их решения.

Рукопись поступила в издательский отдел  
27 февраля 1981 года.