

## Исследование нестационарного поля температур в плоской неограниченной пластине.

### Задание.

Плоская неограниченная пластина из стекла толщиной 4 см испытывает конвективный теплообмен с окружающей средой (с обеих сторон пластины интенсивность конвективного теплообмена одинакова). В начальный момент времени температура пластины постоянна во всем сечении и равна 30 °С. Температура окружающей среды – 70 °С. Найти распределение температуры пластины в зависимости от координаты и времени для трех значений коэффициента конвективной теплоотдачи:

$$\alpha_1 = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \alpha_2 = 150 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \alpha_3 = 2000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Задачу решить двумя методами:

- 1) методом разделения переменных (метод Фурье);
- 2) методом конечных разностей
  - а) с использованием явной схемы;
  - б) с использованием неявной схемы.

### План оформления отчета.

- 1) Титульный лист.
- 2) Физическая постановка задачи (текст задания, физические свойства материала по справочнику<sup>1</sup>).
- 3) Математическая постановка задачи (рисунок расчетной области, уравнение<sup>2</sup>, граничные и начальные условия).
- 4) Метод решения №1 (суть, основные этапы, блок-схема вычислительного алгоритма).
- 5) Метод решения №2 (суть, основные этапы, блок-схема вычислительного алгоритма).
- 6) Тестовый расчет (сравнение с номограммой).
- 7) Результаты решения задачи.

Результаты должны быть представлены на графиках<sup>3</sup>. Все графики строятся в размерных координатах и должны быть подписаны (название, оси, обозначения):

- 1) Графики зависимости температуры от координаты для трех моментов времени<sup>4</sup>. Для каждого значения коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  строится свой график из трех кривых. На графиках указать значения критерия  $Bi$ .
- 2) Для двух крайних значений  $\alpha$  построить зависимость температуры от времени в трех сечениях пластины: 1)  $x=0$ ; 2)  $x=\delta/2$ ; 3)  $x=\delta$ . (Три кривых на одном графике). На оси времени сделать отметки, соответствующие целым числам  $Fo$ , указать значения критерия  $Bi$ .

---

<sup>1</sup> Ссылка на справочник обязательна.

<sup>2</sup> Воспроизводить в отчете вывод уравнения теплопроводности не обязательно. Следует показать переход от размерной к без размерной форме записи уравнения.

<sup>3</sup> Например, с использованием редактора Excel.

<sup>4</sup> Указанные моменты времени следует выбирать таким образом, чтобы они соответствовали трем числам Фурье из интервала  $[0,05 - 2]$ .

## 8) Выводы.

Должны, кроме прочего, содержать ответы на вопросы:

- 1) В чем отличие режимов теплообмена с малыми и большими значениями числа Био?
- 2) Сколько членов ряда (при заданной точности) требуется для расчета температуры при малых и сколько – при больших числах Фурье?
- 3) Через какой интервал времени (в единицах  $Fo$ ) установится тепловое равновесие тела с окружающей средой<sup>5</sup> при малых и при больших значениях  $Bi$ ?

Выводы по результатам решения методом конечных разностей должны содержать ответы на вопросы:

- 1) Как влияет величина шагов по координате и времени на точность результатов? Как изменяется погрешность конечно-разностного решения при измельчении сетки? (Для ответа провести расчет одного из вариантов на последовательности сгущающихся сеток: при  $K_{max}=11$ ,  $K_{max}=21$ ,  $K_{max}=41$ ,  $K_{max}=81$ . Затем для выбранного значения координаты (например, в центре или на поверхности) для фиксированного момента времени сравнить полученные значения с точным аналитическим решением.)
- 2) Какие величины шагов обеспечивают приемлемую точность (3-4 верных значащих цифры)?
- 3) Что происходит если условие устойчивости не выполнено? (Задать шаг по времени на 5-10 процентов больше допустимого. Проанализировать результат расчета.)
- 4) Сравнить трудоемкость программной реализации аналитического и конечно-разностного решений.

## 9) Приложение.

Распечатка программы (с необходимым минимумом комментариев).

---

<sup>5</sup> Считать, что тепловое равновесие наступает, если безразмерная температура в центре пластины не превышает 0,1.