МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем им. В.П. Грязева

Кафедра «Ракетное вооружение»

Утверждено на заседании кафедры
«Ракетное вооружение»
«13» 01 2021г., протокол №5
/И.о.зав. кафедрой
_____ А.В.Смирнов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
**по выполнению курсовой работы
по дисциплине (модулю)**

«Информатика»

**основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы специалитета**

по специальности
24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

со специализацией
Проектирование ракетных двигателей твердого топлива

Форма обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 240502-01-21

Тула 2021 год

Разработчики методических указаний

Разработчики:

Арсентьева Марина Владимировна, доцент, к.т.н. _____ (подпись)

Дунаев Валерий Александрович, профессор, д.т.н., профессор _____ (подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1. ЦЕЛЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ 4
2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ 5
3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ 14
3.1 Задание на курсовую работу 14
3.2 Содержание пояснительной записки 14
3.3 Оформление пояснительной записки 15
4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ 15
5. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РАБОТЫ К ЗАЩИТЕ 16
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 17

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей особенностью современного этапа научно технического прогресса является стремительно возрастающая роль ЭВМ во всех областях инженерной деятельности - от систем автоматизированного проектирования и управления до контроля технологическими процессами. В настоящее время ЭВМ стали необходимым оборудованием НИИ, конструкторских бюро, заводов. Это позволило от простейших расчетов и оценок различных конструкций или процессов перейти к новому уровню инженерной деятельности - детальному математическому моделированию (вычислительному эксперименту), которое существенно сокращает потребность в натурных экспериментах, а в ряде случаев может их заменить. В связи с этим современный специалист с высшим образованием должен обладать не только высоким уровнем подготовки по профилю своей специальности, но и хорошо знать математические методы решения инженерных задач, ориентироваться на использование вычислительной техники, практически освоить принципы работы на ЭВМ.

1.ЦЕЛЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Целью данной курсовой работы является выработка у студентов навыки активного применения ЭВМ в современных информационных процессах, изучения технических и программных средств реализации информационных процессов, при проектировании и исследовании современных изделий и технологий, овладения основными методами постановки задач проектирования ЛА с помощью ЭВМ, проведение вычислительных экспериментов, принятие решений и отображения результатов, усвоение основных принципов и методик использования и создания современных вычислительных комплексов. повышение уровня фундаментальной подготовки в области вычислительных методов и программирования, развития у студентов логического и алгоритмического мышления.

У студента вырабатывается ориентация на решение проблем проектирования ЛА с помощью ЭВМ, навыки использования ЭВМ при решении прикладных задач.

Студент должен уметь правильно и рационально выбрать метод решения задачи, составить алгоритм ее решения с учетом особенностей конкретной задачи и возможностей имеющихся в его распоряжении ЭВМ, составить алгоритм и программу на алгоритмическом языке программирования, отладить ее и правильно интерпретировать полученные результаты. Для этого необходимо знание основ устройства ЭВМ и вычислительных систем, технических и программных средств реализации информационных процессов, алгоритмических языков программирования, численных методов решения математических задач, баз данных, компьютерной графики.

Выполнение курсовой работы направлено на овладение практическими навыками использования ЭВМ для численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем, дифференциальных уравнений в частных производных, проведение вычислительных экспериментов по решению практических задач.

2.ОСНОВЫ ТЕОРИИ

2.1.Обыкновенные дифференциальные уравнения

Одним из наиболее распространенных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений является метод конечных разностей (МКР). Рассмотрим применение МКР для численного решения на ЭВМ простейшего дифференциального уравнения первого порядка:

$$\frac{dY}{dx} = f(x, Y),$$

с начальными условиями $\mathbf{x_0}$, $\mathbf{Y(x_0) = Y_0}$.

Решение будем искать в интервале $[x_0 , b]$ и будем полагать, что функция на данном интервале удовлетворяет условиям гладкости.

В методе Эйлера конечно-разностное выражение первой производной представляется в виде

$$Y'(x_i) = \frac{Y_{i+1} - Y_i}{\Delta x}.$$

Отсюда $Y_{i+1} = Y_i + \nabla x * f(x_i, Y_i)$. Вычисляя последовательно от начального значения Y_0 значения Y_1 , Y_2 , Y_3 , ... ,Y_{i+1} по данной формуле, находим искомое решение.

Увеличение точности решения при укрупненных шагах интегрирования обеспечивают **методы Рунге-Кутта**. Уточнение достигается за счет специального подбора координат промежуточных на шаге интегрирования точек, в которых вычисляется первая производная. Вместо значения первой производной в начале шага интегрирования, используемой в методе Эйлера, вычисляется усредненная на шаге интегрирования первая производная. Формула численного интегрирования приобретает вид:

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta x * \tilde{f},$$

где $\tilde{f}$ - усредненная на шаге интегрирования первая производная. Ниже приведены формулы метода Рунге-Кутта различного порядка:

1. Метод 2-го порядка, $\varepsilon = 10^{-2}$:

- первый вариант $Y_{i+1} = Y_i + K_2$,

где $K_2 = \Delta x * f(x_i + \Delta x / 2 , Y_i + K_1 / 2)$,

$K_1 = \Delta x * f(x_i ,x_i)$;

- второй вариант $Y_{i+1} = Y_i + 1/2 (K_1 + K_2)$,

где $K_1 = \Delta x * f(x_i, Y_i)$,

$K_2 = \Delta x * f(x_i + \Delta x, Y_i + K_1)$.

2. Метод 3-го порядка, $\varepsilon = 10^{-3}$:

- первый вариант $Y_{i+1} = Y_i + 1/4K_1 + 3/4K_3$,

где $K_1 = \Delta x * f(x_i, Y_i)$,

$K_2 = \Delta x * f(x_i + 1/3\Delta x, Y_i + 1/3K_1)$,

$K_3 = \Delta x * f(x_i + 2/3\Delta x, Y_i + 2/3K_2)$;

- второй вариант $Y_{i+1} = Y_i + 1/6\,(K_1 + 4K_2 + K_3)$,

где $K_1 = \Delta x * f(x_i, Y_i)$,

$K_2 = \Delta x * f(x_i + 1/2\Delta x, Y_i + 1/2K_1)$,

$K_3 = \Delta x * f(x_i + \Delta x, Y_i - K_1 + 2K_2)$;

3. Метод 4-го порядка, $\varepsilon = 10^{-4}$:

- первый вариант $Y_{i+1} = Y_i + 1/6\,(K_1 + 4K_3 + K_4)$,

где $K_1 = \Delta x * f(x_i, Y_i)$,

$K_2 = \Delta x * f(x_i + 1/4\Delta x, Y_i + 1/4K_1)$,

$K_3 = \Delta x * f(x_i + 1/2\Delta x, Y_i + 1/2K_2)$,

$K_4 = \Delta x * f(x_i + \Delta x, Y_i + K_1 - 2K_2 + 2K_3)$;

- второй вариант $Y_{i+1} = Y_i + 1/6\,(K_1 + 2K_2 + 2K_3 + K_4)$,

где $K_1 = \Delta x * f(x_i, Y_i)$,

$K_2 = \Delta x * f(x_i + 1/2\Delta x, Y_i + 1/2K_1)$,

$K_3 = \Delta x * f(x_i + 1/2\Delta x, Y_i + 1/2K_2)$,

$K_4 = \Delta x * f(x_i + \Delta x, Y_i + K_3)$.

В практических расчётах интегрирование дифференциальных уравнений осуществляется с автоматическим выбором шага, обеспечивающее получение результата с заданной погрешностью решения.

При интегрировании с автоматическим выбором шага рекомендуется использовать следующие правила выбора шага .

В узле x_0 взять $\Delta x = \Delta x_0$, Δx_0 – заданный начальный шаг, найти приближённые значения решения $\tilde{Y}$ и $\tilde{\tilde{Y}}$ с шагами Δx и $\Delta x/2$ соответственно. За абсолютную погрешность приближённого решения (в качестве которого естественно взять $\tilde{\tilde{Y}}$ как более точное), вычисленного по методу Рунге-Кутта n-го порядка (метод Эйлера является методом Рунге-Кутта первого порядка), принимается

$$\delta = \left| \frac{\tilde{Y} - \tilde{\tilde{Y}}}{2^n - 1} \right| ,$$

Если $\delta \geq \varepsilon$, то шаг Δx уменьшается в два раза и вычисления повторяются, исходя из узла x_0 . Как только на очередном приближении будет получено

$\delta<\varepsilon$, считается, что $\tilde{Y}$ и является решением в узле $x_1=x_0+\Delta x$, полученным с заданной точностью на этом шаге .

Решение в следующем узле x_2 , исходя из узла x_1 , получается аналогичным образом. При этом начальный шаг выбирается по шагу Δx , с которым было получено решение в узле x_1, в зависимости от погрешности δ: если $\delta < \varepsilon /2^{n+1}$, то предыдущий шаг удваивается; в противном случае шаг не изменяется. Аналогично находится решение и в последующих точках .

При выходе к точке $x = b$ следует проявлять осторожность, т.к. при значениях $x > b$ правая часть $f(x,Y)$ дифференциального уравнения может быть не определена и при решении задачи на ЭВМ может произойти прерывание, в результате чего задача будет снята со счёта .

Во избежание такой ситуации необходимо на каждом шаге интегрирования проверять условие выхода за пределы интервала интегрирования. На шаге выхода за точку $x = b$ принять последнее значение Δx таким, чтобы точно выйти на точку b.

Для отладки программы можно взять простейшее уравнение и небольшой отрезок интегрирования.

При интегрировании дифференциальных уравнений высших порядков можно использовать два подхода. Во-первых, дифференциальное уравнение может быть непосредственно преобразовано в конечно-разностную форму путем представления всех его производных соответствующими конечно-разностными выражениями. Например, уравнение падения тела

$$\frac{d^2Y}{dt^2} = -G(Y), Y(t=0) = h, \quad V(t=0) = V_n,$$

где Y - высота, t - время, G(Y) - ускорение падения, h, V_n - начальная высота и скорость, может быть численно решено с помощью конечно-разностного уравнения

$$Y_{i+1} = 2Y_i - Y_{i-1} + (\Delta t)^2 \cdot G(Y_i) ,$$

в котором точки Y_0 и Y_1 находятся из начальных условий:

$$Y_0 = h, \quad Y_1 = Y_0 + V_n \cdot \Delta t .$$

Во-вторых, дифференциальное уравнение высшего порядка может быть представлено в форме системы дифференциальных уравнений первого порядка, которые решаются последовательно рассмотренными ранее методами. Например, написанное выше уравнение падения тела может быть представлено системой

$$\begin{cases} \dfrac{dY}{dt} = V(t), \\ \dfrac{dV}{dt} = -G(Y) \end{cases}$$

Решение данной системы методом Эйлера дает систему конечно-разностных уравнений

$$V_{i+1} = V_i + \Delta t(-G((Y_i)),$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta t \cdot (\frac{V_i + V_{i+1}}{2}),$$

где $V_0 = V_н, Y_0 = h$. Аналогично может быть применен метод Рунге-Кутта.

Дифференциальные уравнения в частных производных

Большинство процессов, встречающихся в практике инженера, занимающегося проектированием и совершенствованием двигателя, – это процессы, в которых взаимосвязаны множество различных параметров, зависящих от нескольких независимых переменных. Такие процессы чаще всего описываются дифференциальными уравнениями в частных производных с заданными краевыми условиями. Примерами могут служить уравнения газовой динамики, нестационарной теплопроводности, механики деформируемого тела и другие. Независимыми переменными в таких задачах чаще всего являются время и пространственные координаты.

Дифференциальные уравнения в частных производных составляют в настоящее время одну из наиболее развивающихся отраслей численного анализа. Возможности современных ЭВМ позволяют ставить на повестку дня такие задачи, решение которых просто немыслимо без использования вычислительных машин.

Рассмотрим общий подход к решению таких уравнений и проанализируем некоторые численные методы и соответствующие им программы расчета, которые часто используются в инженерной практике и могут оказаться полезными во многих случаях.

При переходе от одной к нескольким переменным разнообразие и сложность задач резко возрастает. Наше рассмотрение будет ограничено линейными дифференциальными уравнениями второго порядка с двумя независимыми переменными. Эти уравнения в общем виде можно записать:

$$A\frac{\partial^2 U}{\partial X^2} + B\frac{\partial^2 U}{\partial X \partial Y} + C\frac{\partial^2 U}{\partial Y^2} - D\frac{\partial U}{\partial X} - E\frac{\partial U}{\partial Y} + FU = G \quad ,$$

где A, B, C, D, E, F, G являются функциями только от независимых переменных X и Y.

Как и в случае обыкновенного дифференциального уравнения, для отыскания единственного решения, отвечающего реальному процессу, необходимо добавить краевые (граничные, начальные) условия.

Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка разделяются на три типа:

1. Уравнение эллиптического типа, если $B^2 - 4AC < 0$.
2. Уравнение параболического типа, если $B^2 - 4AC = 0$.
3. Уравнение гиперболического типа, если $B^2 - 4AC > 0$.

Уравнения различаются в связи с существенным отличием характера их решения для каждого из указанных типов. Уравнения эллиптического типа встречаются в расчетах напряжений при упругом кручении длинного цилиндрического стержня, дозвукового течения газового потока, стационарного температурного поля в элементах конструкций, например:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial Y^2} = G \ .$$

Это уравнение носит название уравнения Пуассона. Его часто записывают в виде

$$\Delta U = G$$

или

$$\nabla^2 U = G \ .$$

Частным случаем этого уравнения является уравнение Лапласа

$$\frac{\partial^2 U}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial Y^2} = 0 \ .$$

Характерным примером гиперболического уравнения является уравнение колебания упругой нити, называемое волновым уравнением:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial X^2} - a^2 \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = 0$$

К гиперболическим уравнениям приводятся также задачи сверхзвукового течения газа, динамические задачи упругости и теплопроводности.

Параболическими уравнениями описываются процессы нестационарной теплопроводности в двигателе, диффузии:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 U}{\partial X^2}$$

Для построения численного метода решения рассматриваемых задач заменяют область непрерывного изменения аргументов X, Y расчетной сеткой – дискретным множеством точек с координатами X_i , Y_i (рис. 1) .

В рассмотрение вводятся два параметра: ΔX, ΔY - шаги сетки по координатам X и Y соответственно. Вместо функции U(X, Y) рассматривают сеточную функцию, соответствующую точкам сетки X_i , Y_i . Далее заменяют частные производные, входящие в дифференциальные уравнения, разностными соотношениями, полученными ранее при рассмотрении обыкновенных дифференциальных уравнений:

а) для первой производной

$$\frac{\partial U}{\partial x} \to \frac{U_{i,j} - U_{i-1,j}}{\Delta x}$$ - левая разность;

$$\frac{\partial U}{\partial x} \to \frac{U_{i+1,j} - U_{i,j}}{\Delta y}$$ - правая разность;

$$\frac{\partial U}{\partial x} \to \frac{U_{i+1,j} - U_{i-1,j}}{2\Delta x}$$ - центральная разность;

б) для второй производной

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \to \frac{U_{i+1,j} - 2U_{i,j} + U_{i-1,j}}{(\Delta x)^2}.$$

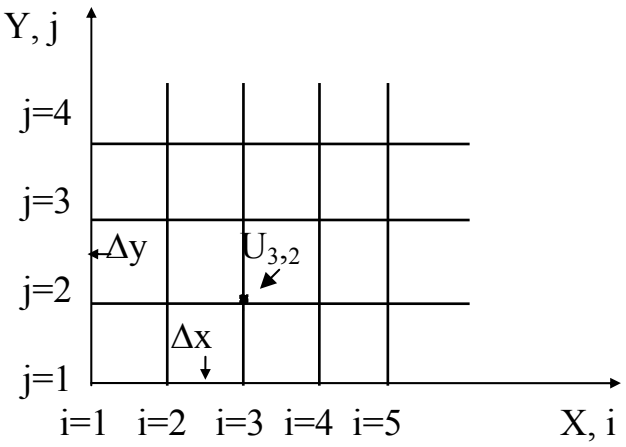


Рис. 1.Схема дискретизации области изменения аргументов

В результате замены частных производных в дифференциальных уравнениях разностными выражениями получают разностное уравнение. Разумеется, способов замены дифференциального уравнения разностными – множество. Получаемые разностные уравнения будут отличаться точностью, скоростью сходимости, устойчивостью и другими свойствами. Указанные вопросы исследуются в теории численных методов [1].

Рассмотрим некоторые особенности численного решения дифференциального уравнения параболического типа на примере одномерного уравнения теплопроводности

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}.$$

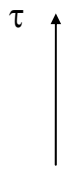
В простейшем варианте конечно-разностное уравнение, соответствующее данному дифференциальному уравнению, можно представить в виде

$$\frac{T_{i,k+1} - T_{i,k}}{\Delta\tau} = a\frac{T_{i+1,k} - 2T_{i,k} + T_{i-1,k}}{(\Delta x)^2}$$

В данном случае неизвестным является значение $T_{i,k+1}$, и оно явно выражается через известные узловые значения температуры на предыдущем временном слое ”k”:

$$T_{i,k+1} = \left[1 - 2\frac{a\Delta\tau}{(\Delta x)^2}\right]T_{i,k} + \frac{a\Delta\tau}{(\Delta x)^2}\left(T_{i+1,k} + T_{i-1,k}\right).$$

В соответствии с этим такая схема носит название явной разностной схемы, ее шаблон представлен на рис. 2.



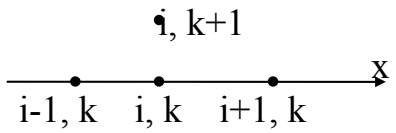


Рис. 2. Шаблон явной разностной схемы

Явная разностная схема имеет первый порядок точности по времени и второй порядок - по пространственной координате. Ее погрешность оценивается величиной $O(\Delta\tau + \Delta x^2)$.

Явная схема обладает условной устойчивостью, условие устойчивости имеет вид

$$0 \le 1 - 2\frac{a\Delta\tau}{(\Delta x)^2} \le 1 \quad .$$

Данное условие приводит к необходимости задавать в практических расчетах очень маленькие величины шагов интегрирования по времени (существенно меньше, чем того требует условие точности решения), а это приводит к увеличению времени решения задачи на ЭВМ и нарастанию погрешности округления чисел.

В связи с отмеченным широкое распространение получили неявные схемы расчета, позволяющие смягчить условие устойчивости. Семейство двухслойных неявных схем для уравнения теплопроводности запишем в виде

$$\frac{1}{\Delta\tau}(T_{i,k+1} - T_{i,k}) = \frac{a}{(\Delta x)^2}\sigma(T_{i-1,k+1} - 2T_{i,k+1} + T_{i+1,k+1}) + \\ + \frac{a}{(\Delta x)^2}(1-\sigma)(T_{i-1,k} - 2T_{i,k} + T_{i+1,k}) \quad ,$$

где σ - постоянный коэффициент, задающий тип разностной схемы.

При σ=0 схема переходит в рассмотренную явную.

При σ=1 эта схема становится чисто неявной схемой, обладающей безусловной устойчивостью. Шаблон чисто неявной схемы представлен на рис.3. Следует отметить, что расчет по неявной схеме требует на каждом шаге интегрирования по времени решения системы алгебраических уравнений, связывающих неизвестные температуры узловых точек временного слоя К+1.

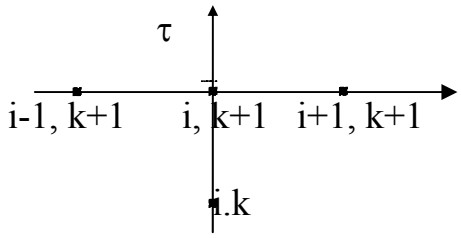


Рис.3 Шаблон неявной схемы

К гиперболическим уравнениям приводят задачи движения сжимаемого газа, задачи колебаний упругих элементов и многие другие.

Типичным примером одномерной задачи является задача малых колебаний натянутой струны с распределенной по длине нагрузкой $f(x,\tau)$:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial^2 y}{\partial \tau^2} = c^2 \dfrac{\partial^2 y}{\partial x^2} + f(x,\tau), 0 < x < a, 0 < \tau \le \tau_k \\ y(x,0) = \mu_1(x), \dfrac{\partial y(x,0)}{\partial \tau} = \mu_2(x), 0 < x < a \\ y(0,\tau) = \mu_3, y(a,\tau) = \mu_4, 0 \le \tau \le \tau_k \end{cases}$$

Это же уравнение описывает плоские акустические волны в газе при наличии внешнего силового поля f.

В отличие от параболической задачи, гиперболическая задача требует постановки двух начальных условий: не только начального смещения от положения равновесия, но и начальной скорости смещения $\dfrac{\partial y}{\partial \tau}$.

Явная трехслойная разностная схема может быть записана в виде :

$$\frac{1}{\Delta\tau^2}(y_{i,k+1} - 2y_{i,k} + y_{i,k-1}) = \frac{c}{\Delta x^2}(y_{i+1,k} - 2y_{i,k} + y_{i-1,k}) + f_i ,$$

с граничными условиями :

$$y_0 = \mu_3(\tau), y_n = \mu_4(\tau).$$

По форме шаблона (рис.4.) эту схему называют “крест”

Данная схема имеет второй порядок аппроксимации как по времени, так и по пространственной координате $0(\Delta\tau^2 + \Delta x^2)$.

Эта схема условно устойчивая. Необходимым и достаточным условием является условие Куранта:

$$c\Delta\tau < \Delta x .$$

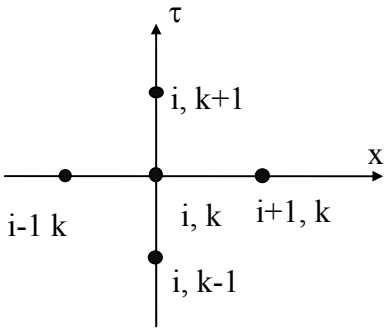


Рис.4. Разностная схема ”крест”.

Так как рассмотренная явная разностная схема условно устойчива, то случайное небольшое нарушение устойчивости может привести к быстрому нарастанию погрешностей, вплоть до “авостов”. Поэтому во многих случаях предпочтение отдают безусловно устойчивым явным схемам. В общем случае неявную разностную схему можно записать в виде

$$\frac{1}{\Delta\tau^2}(y_{i,k+1} - 2y_{i,k} + y_{i,k-1}) = \Lambda\left[\sigma \cdot y_{i,k+1} + (1-2\sigma)\cdot y_{i,k} + \sigma \cdot y_{i,k-1}\right] + f_{i,k},$$

$$\Lambda y = \frac{c^2}{\Delta x^2}(y_{i+1,k} - 2y_{i,k} + y_{i-1,k}).$$

Данная схема безусловно устойчива при $1/2 \geq \sigma \geq 1/4$ и имеет порядок аппроксимации $0(\Delta\tau^2 + \Delta x^2)$. При $\sigma < 1/4$ эта схема условно устойчива при $\Delta\tau \leq \Delta\rangle \cdot (1-4\sigma)^{-\frac{1}{2}}$.

При $\sigma = 0$ схема превращается в рассмотренную выше явную схему. Шаблон неявной схемы представлен на рис. 5.

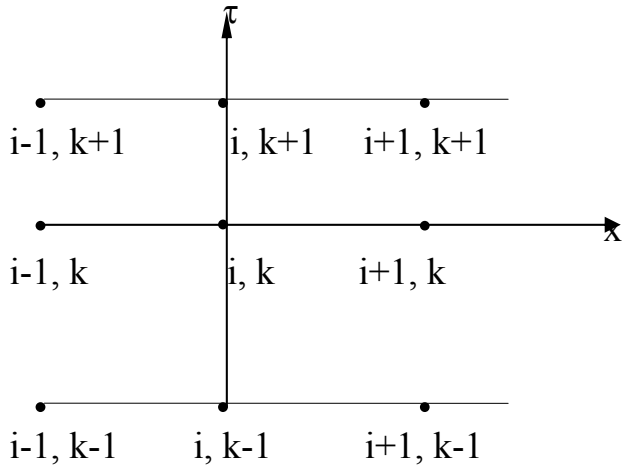


Рис. 5. Шаблон неявной схемы.

В неявной схеме разностная формула использует не пять точек шаблона, как схема “крест”, а девять точек .

3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

3.1 Задание на курсовую работу

Студенту, выполняющему курсовую работу, формулируется задание следующего вида:

- разработать численную модель, алгоритм и программу расчета по заданной математической модели. Выполнить тестирование программы. Провести вычислительные эксперименты и исследовать влияние параметров разностной схемы на точность и устойчивость решения.

В задании на курсовую работу указывается ее тема и сроки выполнения.

3.2 Содержание пояснительной записки

Пояснительная записка состоит из следующих разделов.

• Аннотация

В аннотации даются краткая характеристика работы, оценка используемых методов и получаемых результатов. Аннотация содержит также сведения об объеме работы, количестве иллюстраций, таблиц, количестве используемых источников.

• Введение

Во введении должна быть изложена цель работы, обоснована научно-техническая целесообразность проводимого исследования. В этом разделе должны быть отражены основные научно-технические идеи, положенные в основу данной работы. Введение завершается перечислением разделов работы с краткой характеристикой содержания каждого из них.

• Постановка задачи

В данном разделе приводится краткая характеристика общей проблематики, к которой относится данная работа. Дается полное и детальное описание конкретной задачи с использованием терминологии, принятой в данной области техники. Приводится обоснование целесообразности выбранных методов решения поставленной задачи.

• Математическая постановка задачи

В данном разделе представляется математическая модель исходной задачи, в терминах которой задача формулируется как чисто математическая. Приводится подробный анализ источников неустранимых погрешностей:

- анализ деталей исходной задачи, не учтенных математической моделью;
- анализ ошибок, связанных с неточным заданием исходных данных.

• Метод решения задачи

В этом разделе подробно излагается выбранный метод решения задачи, анализируются источники погрешности метода, пути их уменьшения и возникающие при этом трудности.

3.3 Оформление пояснительной записки

Пояснительная записка к курсовой работе имеет следующую структуру:

- титульный лист;
- задание на курсовую работу;
- аннотацию;
- содержание (с указанием названий разделов и соответствующих номеров страниц);
- разделы пояснительной записки (в соответствии с пунктом 3.3);
- список использованной литературы.

Пояснительная записка должна быть написана аккуратным разборчивым почерком на двух сторонах листов белой писчей бумаги формата А4 (210 х 297 мм). Записка должна быть оформлена в соответствии со стандартом и подписана студентом на последней странице.

С левой стороны листа необходимо оставить поле, шириной 25 мм, служащее для сшивки листов, а с правой - шириной 10-15 мм. Все страницы текста должны быть пронумерованы. Каждый рисунок, таблица должны иметь порядковый номер и название.

Рисунок (таблица) помещается в записке на листе, имеющем номер. причем не ранее той страницы, на которой на него сделана ссылка в тексте. В записке не должно быть рисунков и таблиц, на которые нет ссылок. Каждый рисунок и таблица должны иметь название.

Формулы, уравнения и другие математические выражения могут появиться в тексте только после соответствующего пояснения.

Записка в целом должна представлять собой связный текст, доступный для понимания без дополнительных устных пояснений.

При использовании литературных источников обязательно делается ссылка на источник. При этом в квадратных скобках указывается его порядковый номер в списке использованной литературы и номер страницы или рисунка, например [7, с.15], [10, с.203, рис.2.15].

Заголовки разделов пишутся крупными буквами или выделяются подчеркиванием.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

На выполнение и защиту курсовой работы отводится десять недель.

Выполнение начинается с анализа задания и обзора литературы.

В процессе работы студент может пользоваться консультациями. Курсовая работа выполняется по графику, который доводится до сведения студентов одновременно с выдачей задания.

В середине семестра кафедра проводит смотр готовности курсовых работ, составляет и доводит до сведения студентов график защиты ими работ перед комиссией.

5. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РАБОТЫ К ЗАЩИТЕ

Перед защитой к указанному сроку студент представляет выполненную курсовую работу на заключение руководителю. Руководитель отмечает отступления от задания и требований к оформлению проекта. За два дня до срока защиты руководитель обязан возвратить пояснительную записку студенту для анализа замечаний и подготовки к защите.

В случае, если руководитель сделает вывод о невозможности допуска студента к защите курсовой работы, последний обязан переработать материал в соответствии с замечаниями и вновь представить его на заключение.

Для защиты работы студент составляет доклад, рассчитанный на 5…10 мин. В докладе должны быть изложены основные вопросы выполненной работы.

Защита работы проводится перед комиссией, состав которой назначается кафедрой. После доклада студент отвечает на вопросы членов комиссии по содержанию работы и общетеоретическому материалу.

Студент, не сумевший защитить свою работу перед комиссией, получает неудовлетворительную оценку. При этом комиссия излагает мотивы своего решения и предложения, касающиеся доработки выполненного объема или выдачи нового задания. К повторной защите студент допускается лишь после доработки курсовой работы (выполнения новой курсовой работы), нового заключения руководителя и при наличии направления деканата.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Острейковский, В. А. Информатика : учебник для вузов / В. А. Острейковский .— 5-е изд., стер. — М. : Высш. Шк., 2009 .— 512 с.

Дополнительная литература

1. Информатика. Базовый курс: учеб. пособие для вузов / под ред. С. В. Симоновича. СПб. [и др.] : Питер, 2000. 640 с. : ил.
2. Информатика: Базовый курс: Учеб.пособие для вузов / Под ред.С.В.Симоновича. 2-е изд. М.[и др.] : Питер, 2005. 640с. : ил.
3. Павловская, Т.А. С/С++: Структурное программирование: Практикум / Т.А.Павловская, Ю.А.Щупак. СПб.и др. : Питер, 2004. 240с.
4. Павловская, Т.А. С/С++: Программирование на языке высокого уровня. Структурное программирование : Учеб.пособие для вузов / Т.А.Павловская, Ю.А.Щупак. СПб.и др. : Питер, 2002. 240с.