% Локально-одномерная схема для уравнения теплопроводности

% Задание сетки--------------------------------------------------------------
N=101;
M=101;
K=101;
J=101;
hx=1/(N-3/2);
hy=1/(M-2);
hz=1/(K-1);
tau=1/(J-1);
x=zeros(N,1);
for n=1:N
   x(n)=(n-1)*hx;
end
y=zeros(M,1);
for m=1:M
   y(m)=-hy/2+(m-1)*hy;
end
z=zeros(K,1);
for k=1:K
   z(k)=(k-1)*hz;
end
t=zeros(J,1);
for j=1:J
   t(j)=(j-1)*tau;
end
%------------------------------------------------------------------------
% Аналитическое решение ---------------------------------------------------
u=zeros(1,M*N*K); % на нужном слое по времени
j0=50;
for n=1:N
   for m=1:M
      for k=1:K
         u(n+(m-1)*N+(k-1)*N*M)=exp(-pi^2*17*t(j0)/4)*sin(pi*x(n)/2)*sin(2*pi*z(k))+...
            t(j0)*(x(n)^2+y(m)^2)*sin(pi*z(k));
      end
   end
end
% сечение плоскостью x(n0):
n0=40;
u_yz=zeros(M,K);
for m=1:M
   for k=1:K
      u_yz(m,k)=u(n0+(m-1)*N+(k-1)*N*M);
   end
end
% сечение плоскостью z(k0):
k0=40;
u_xy=zeros(N,M);
for n=1:N
   for m=1:M
      u_xy(n,m)=u(n+(m-1)*N+(k0-1)*N*M);
   end
end
% сечение плоскостью y(m0):
m0=10;
uxz=zeros(N,K);
for n=1:N
    for k=1:K
        u_xz(m,k)=u(n+(m0-1)*N+(k-1)*N*M);
    end
end
%

% Численное решение
--------------------------------------------------------
w=zeros(1,M*N*K);  % значения на текущем слое
w1=zeros(1,M*N*K);  % первая вспомогательная функция
w2=zeros(1,M*N*K);  % вторая вспомогательная функция

% Начальные условия:
for n=1:N
    for m=1:M
        for k=1:K
            w(n+(m-1)*N+(k-1)*N*M)=sin(pi*x(n)/2)*sin(2*pi*z(k));
        end
    end
end

% Основной цикл
al_x=zeros(N-1,1);
bet_x=zeros(N-1,1);
Ax=tau/(hx^2);
Cx=2*Ax+1;
al_y=zeros(M-1,1);
bet_y=zeros(M-1,1);
Ay=tau/(hy^2);
Cy=2*Ay+1;
al_z=zeros(K-1,1);
bet_z=zeros(K-1,1);
Az=tau/(hz^2);
Cz=2*Az+1;
for j=2:j0
    % вычисление первой вспомогательной функции
    --------------------------------
    for m=2:M-1
        for k=2:K-1
            bet_x(1)=(t(j-1)+tau/3)*y(m)^2*sin(pi*z(k));
            for n=2:N-1
                tt=t(j)-tau/2;
                f=sin(pi*z(k))*((1+pi^2*tt)*(x(n)^2+y(m)^2)-4*tt)/3;
                F=f*tau+w(n+(m-1)*N+(k-1)*N*M);
                al_x(n)=Ax/(Cx-Ax*al_x(n-1));
                bet_x(n)=(F+Ax*bet_x(n-1))/(Cx-Ax*al_x(n-1));
            end
            q0=2*(t(j-1)+tau/3)*sin(pi*z(k));
            w1(N+(m-1)*N+(k-1)*N*M)=(q0*hx+bet_x(N-1))/(1-al_x(N-1));
            for n=N-1:-1:1
                w1(n+(m-1)*N+(k-1)*N*M)=al_x(n)*w1(n+1+(m-1)*N+(k-1)*N*M)+bet_x(n);
            end
        end
    end
end
% вычисление второй вспомогательной функции

for n=2:N-1
    for k=2:K-1
        for m=2:M-1
            tt=t(j)-tau/2;
            f=sin(pi*z(k))*((1+pi^2*tt)*(x(n)^2+y(m)^2)-4*tt)/3;
            F=f*tau+w1(n+(m-1)*N+(k-1)*N*M);
            al_y(m)=Ay/(Cy-Ay*al_y(m-1));
            bet_y(m)=(F+Ay*bet_y(m-1))/(Cy-Ay*al_y(m-1));
        end
        q0=2*(t(j-1)+2*tau/3)*sin(pi*z(k));
        w2(n+(M-1)*N+(k-1)*N*M)=(q0*hy+bet_y(M-1))/(1-al_y(M-1));
        for m=M-1:-1:1
            w2(n+(m-1)*N+(k-1)*N*M)=al_y(m)*w2(n+(m+1-1)*N+(k-1)*N*M)+bet_y(m);
        end
    end
end

% переход на слой j+1

% внутренние узлы по x и y

for n=2:N-1
    for m=2:M-1
        for k=2:K-1
            tt=t(j)-tau/2;
            f=sin(pi*z(k))*((1+pi^2*tt)*(x(n)^2+y(m)^2)-4*tt)/3;
            F=f*tau+w2(n+(m-1)*N+(k-1)*N*M);
            al_z(k)=Az/(Cz-Az*al_z(k-1));
            bet_z(k)=(F+Az*bet_z(k-1))/(Cz-Az*al_z(k-1));
        end
        for k=K-1:-1:1
            w(n+(m-1)*N+(k-1)*N*M)=al_z(k)*w(n+(m-1)*N+(k+1-1)*N*M)+bet_z(k);
        end
    end
end

% граница

for k=1:K
    for n=2:N-1
        w(n+(1-1)*N+(k-1)*N*M)=w(n+(2-1)*N+(k-1)*N*M);
        w(n+(M-1)*N+(k-1)*N*M)=w(n+(M-1-1)*N+(k-1)*N*M)+2*t(j)*hy*sin(pi*z(k));
    end
end

for k=1:K
    for m=1:M
        w(1+(m-1)*N+(k-1)*N*M)=t(j)*y(m)^2*sin(pi*z(k));
        w(N+(m-1)*N+(k-1)*N*M)=w(N-1+(m-1)*N+(k-1)*N*M)+2*t(j)*hx*sin(pi*z(k));
    end
end

% сечение плоскостью x(n0)

w_yz=zeros(M,K);
for m=1:M
    for k=1:K
        w_yz(m,k)=w(n0+(m-1)*N+(k-1)*N*M);
end
end
err_yz=w_yz-u_yz;

figure
surf(y,z,u_yz')
shading interp
xlabel('y')
ylabel('z')
zlabel('u')
title('Аналитическое решение, сечение плоскостью x=x(n0)')

figure
surf(y,z,w_yz')
shading interp
xlabel('y')
ylabel('z')
zlabel('w')
title('Численное решение, сечение плоскостью x=x(n0)')

figure
surf(y,z,err_yz')
shading interp
xlabel('y')
ylabel('z')
zlabel('err')
title('Погрешность в сечении плоскостью x=x(n0)')

% секция плоскостью z(k0):
w_xy=zeros(N,M);
for n=1:N
  for m=1:M
    w_xy(n,m)=w(n+(m-1)*N+(k0-1)*N*M);
  end
end
end
err_xy=w_xy-u_xy;

figure
surf(x,y,u_xy')
shading interp
xlabel('x')
ylabel('y')
zlabel('u')
title('Аналитическое решение, сечение плоскостью z=z(k0)')

figure
surf(x,y,w_xy')
shading interp
xlabel('x')
ylabel('y')
zlabel('w')
title('Численное решение, сечение плоскостью z=z(k0)')

figure
surf(x,y,err_xy')
shading interp
xlabel('x')
ylabel('y')
def zlabel('err')
    title('Погрешность в сечении плоскостью z=z(k0)')

% сечение плоскостью y(m0):
    w_xz=zeros(N,K);
    for n=1:N
        for k=1:K
            w_xz(m,k)=w(n+(m0-1)*N+(k-1)*N*M);
        end
    end
    err_xz=w_xz-u_xz;

figure
    surf(x,z,u_xz')
    shading interp
    xlabel('x')
    ylabel('z')
    zlabel('u')
    title('Аналитическое решение, сечение плоскостью y=y(m0)')

figure
    surf(x,z,w_xz')
    shading interp
    xlabel('x')
    ylabel('z')
    zlabel('w')
    title('Численное решение, сечение плоскостью y=y(m0)')

figure
    surf(x,z,err_xz')
    shading interp
    xlabel('x')
    ylabel('z')
    zlabel('w')
    title('Погрешность в сечении плоскостью y=y(m0)')