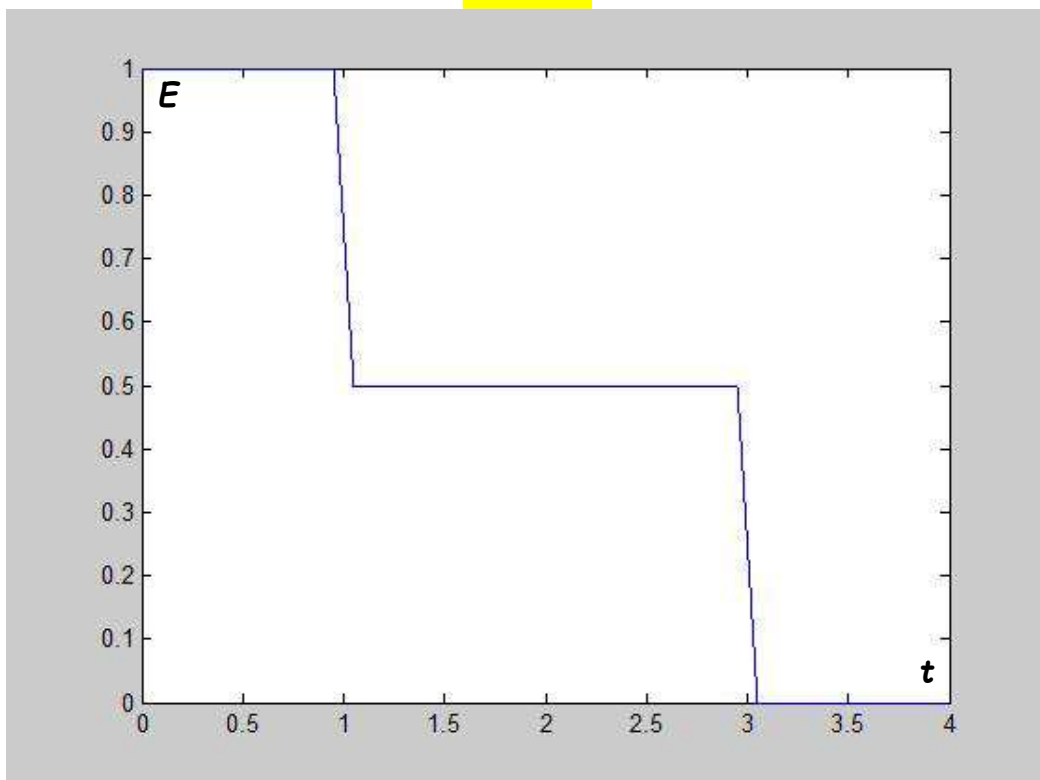


PaPuRi – молниеотвод как альтернатива молниеотводу Франклина

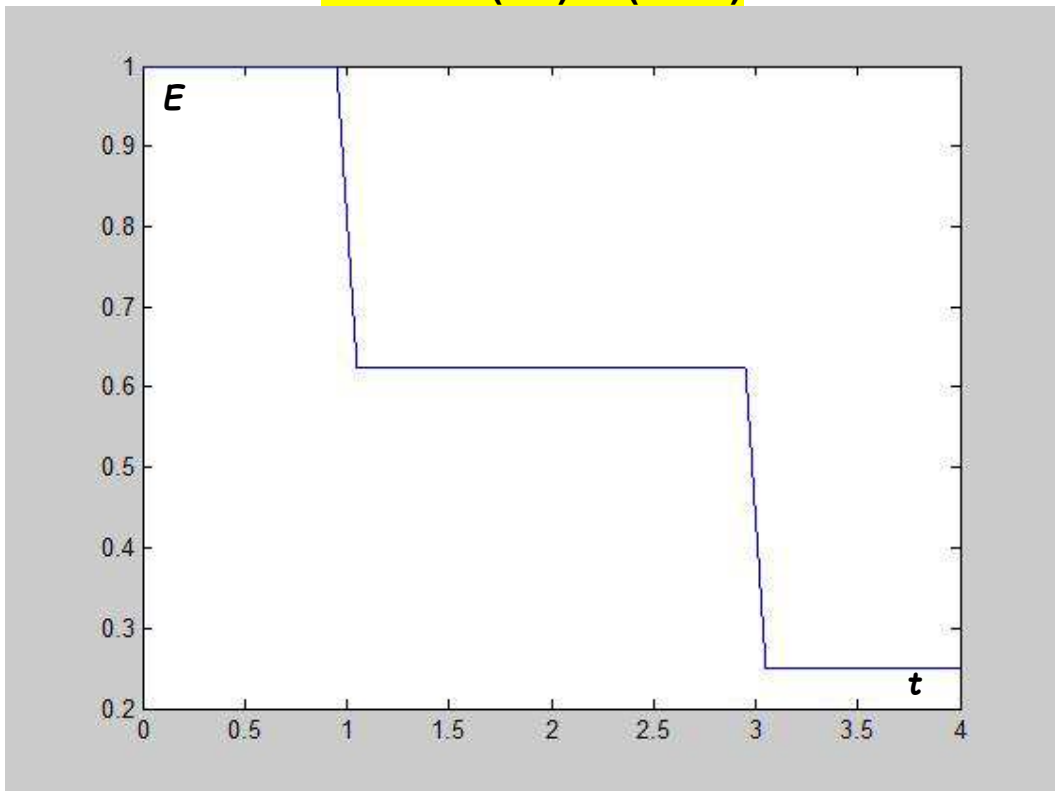
Алхазов А. Э., Римский В. К.

В стержневом молниеотводе Франклина или грозозащитном тросе энергия электромагнитного импульса, инициированного ударом молнии, постепенно рассеивается за счет циркуляции волн потенциала и тока по участку линии (заземлителю), погруженного в грунт, где утечка тока через изоляцию весьма существенна за счет высокой погонной проводимости: $G=2; 5; 10; 20$. В PaPuRi – молниеотводе спуск замыкается на согласованное сосредоточенное сопротивление $R_2=1$, которое сразу же поглощает всю подведенную к нему электромагнитную энергию молнии. Если же нагрузочное сопротивление больше или меньше согласованного, то процесс диссипации энергии происходит примерно так, как в молниеотводе Франклина.

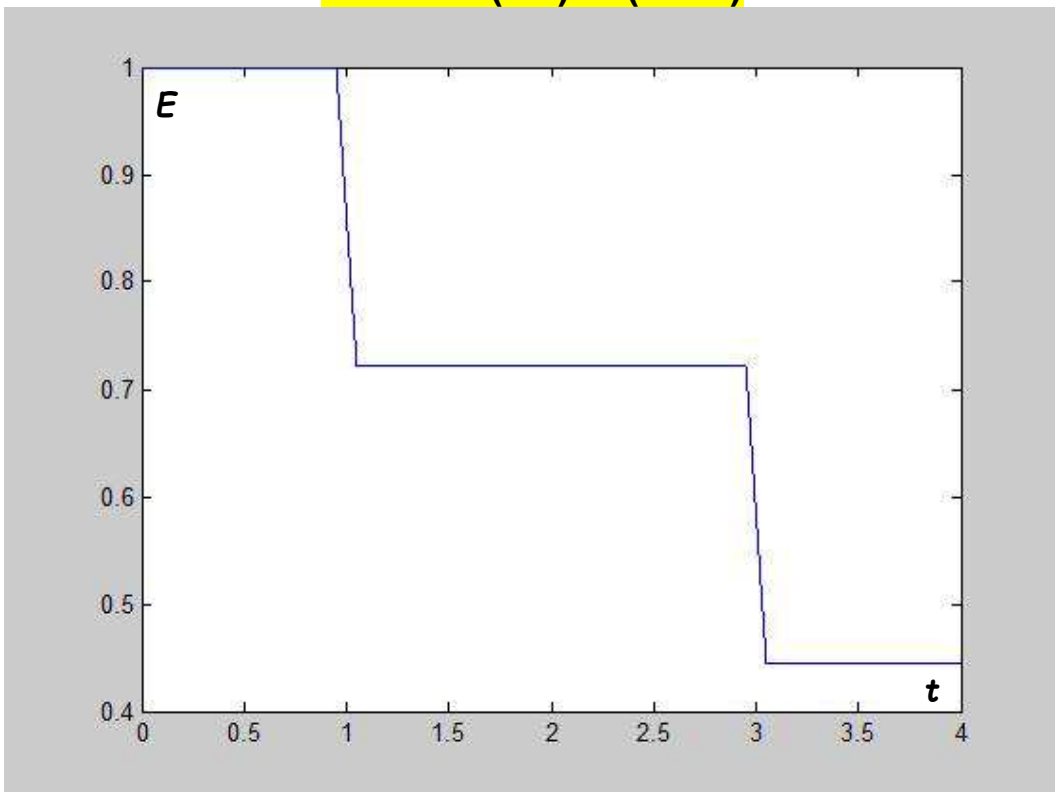
$R_2=1$



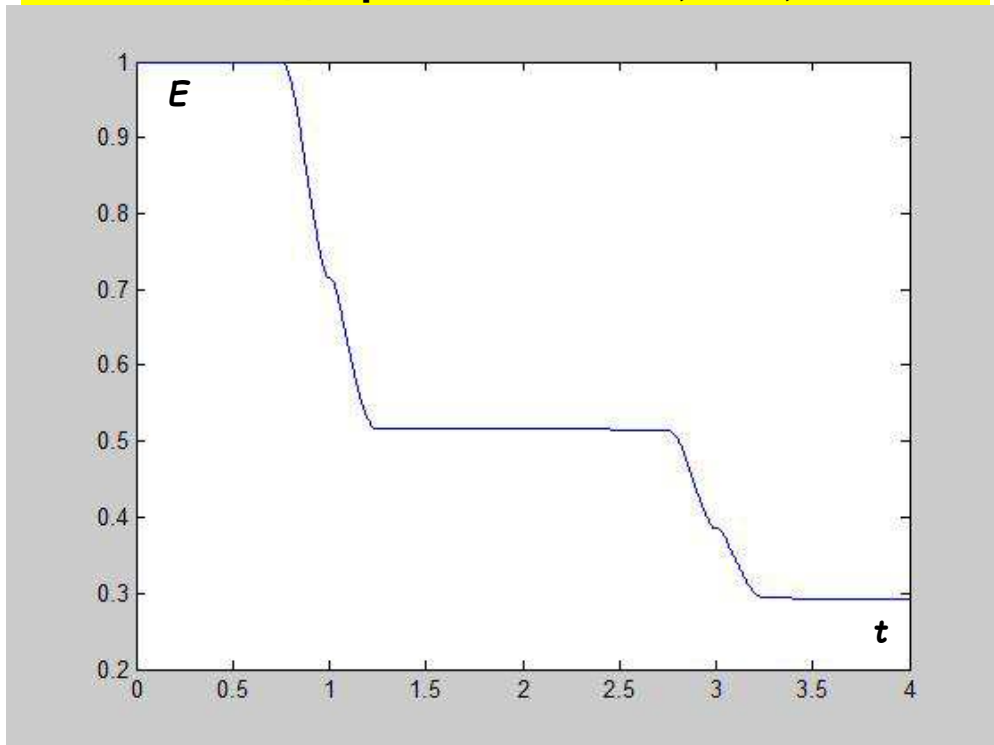
R2=3 E(R2)=E(1/R2)



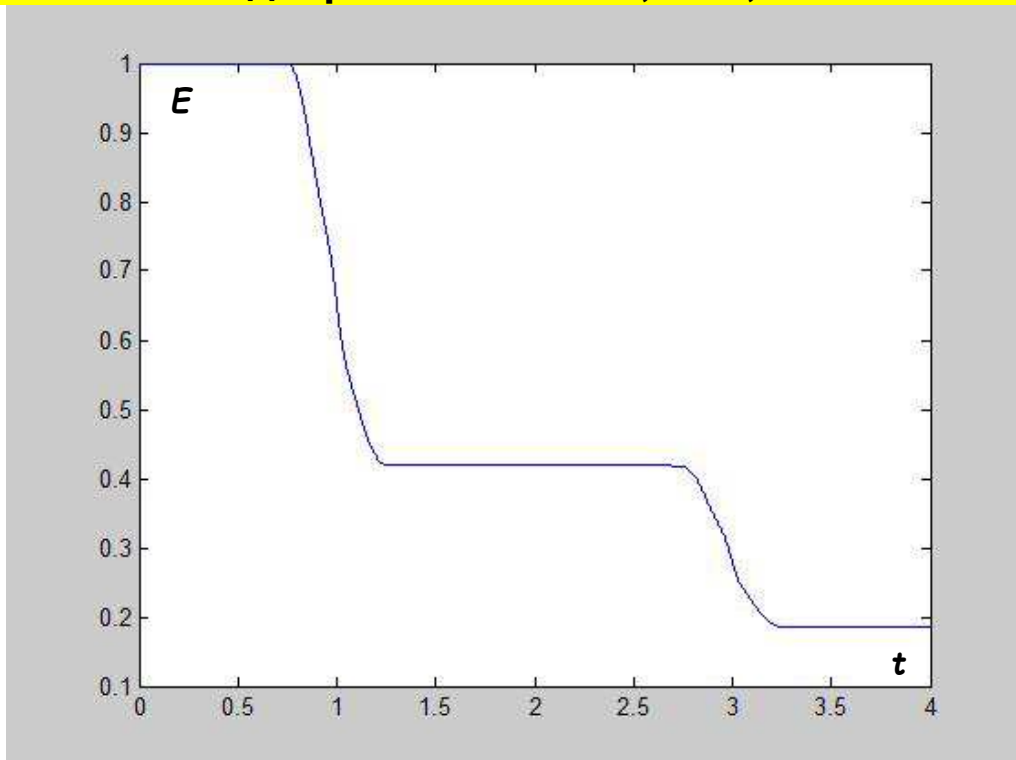
R2=5 E(R2)=E(1/R2)



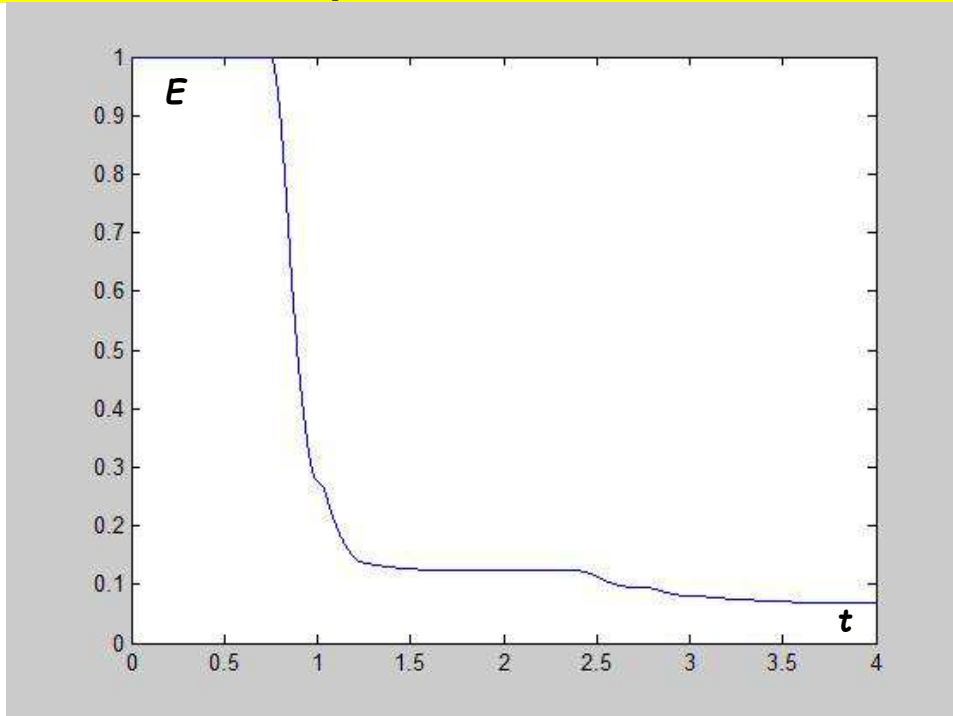
Молниеотвод Франклина: $R = 0$, $G=2$, $R1=R2=0$



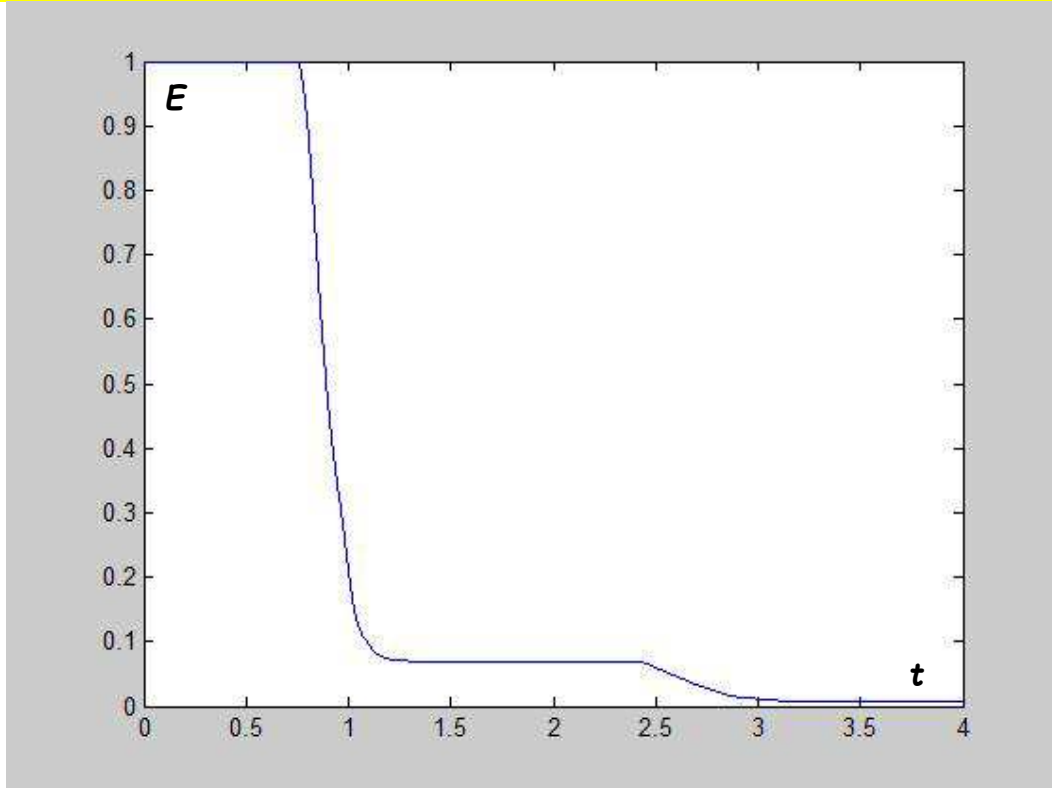
Молниеотвод Франклина: $R = 0$, $G=2$, $R1=R2=10^{10}$



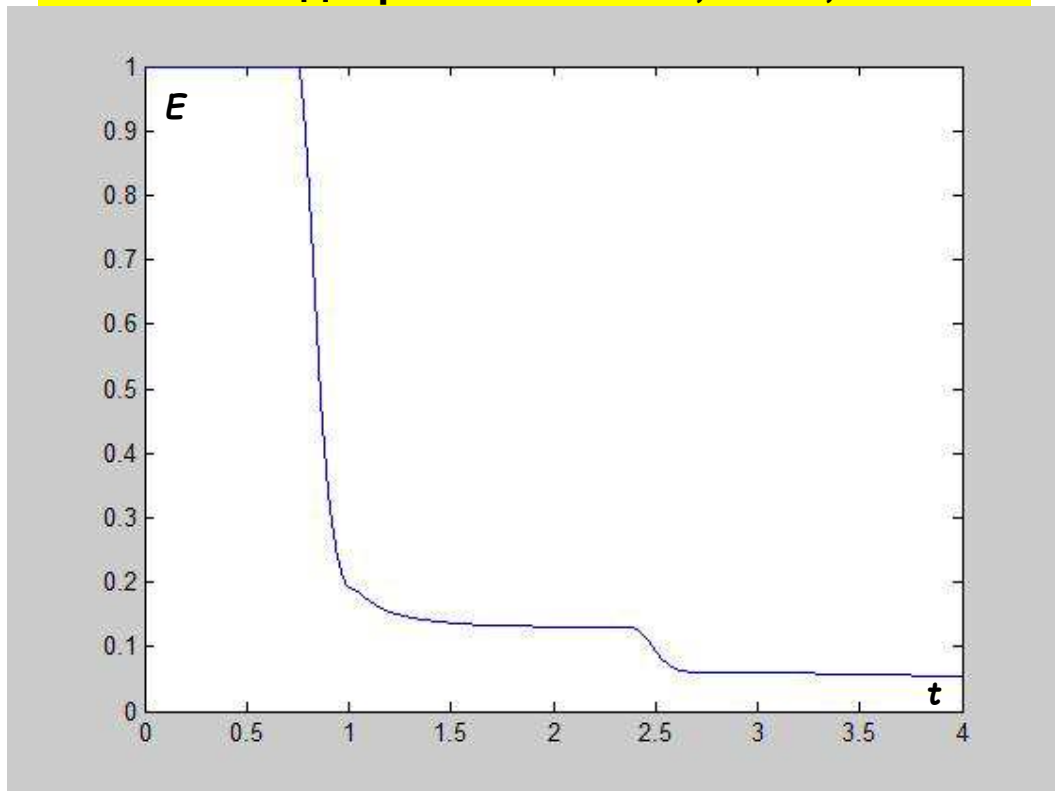
Молниеотвод Франклина: $R = 0$, $G = 10$, $R_1 = R_2 = 0$



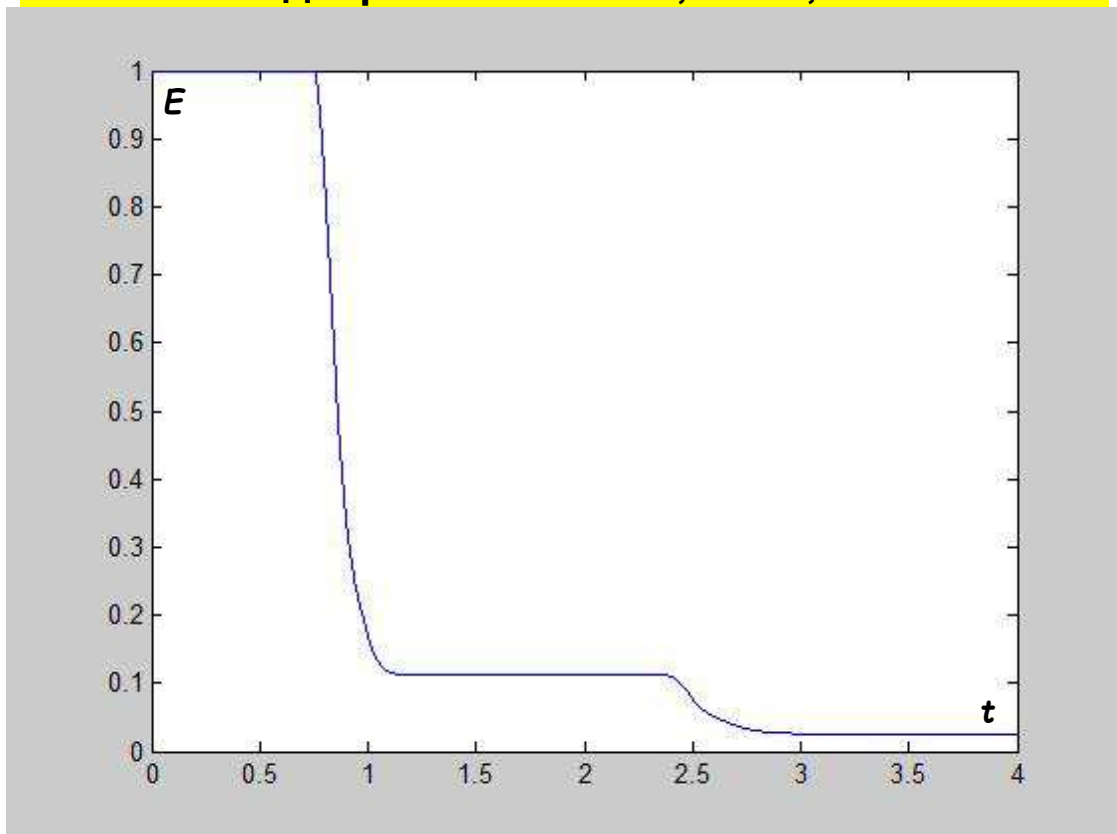
Молниеотвод Франклина: $R = 0$, $G = 10$, $R_1 = R_2 = 10^{10}$



Молниеотвод Франклина: $R = 0$, $G = 20$, $R1 = R2 = 0$

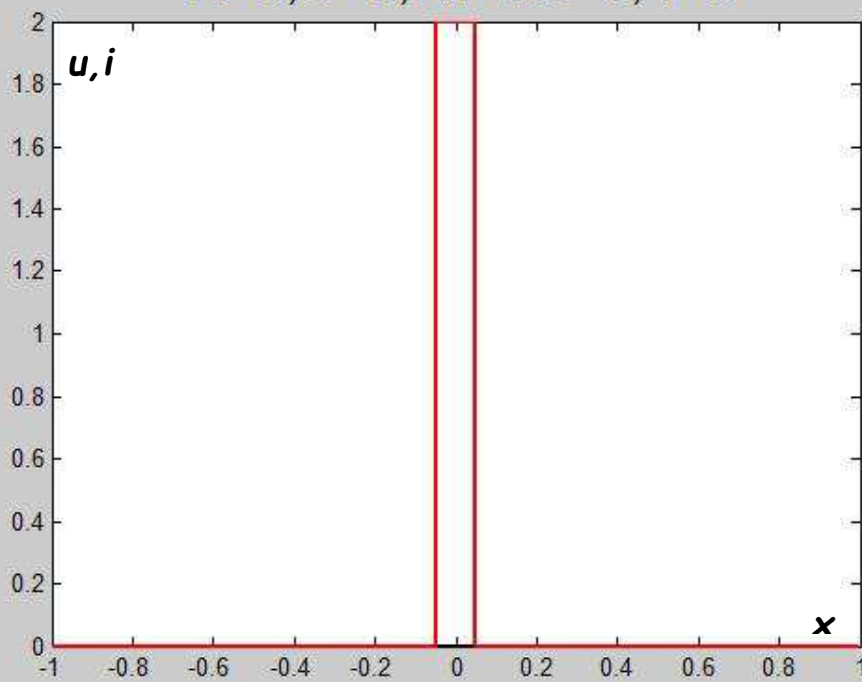


Молниеотвод Франклина: $R = 0$, $G = 20$, $R1 = R2 = 10^{10}$



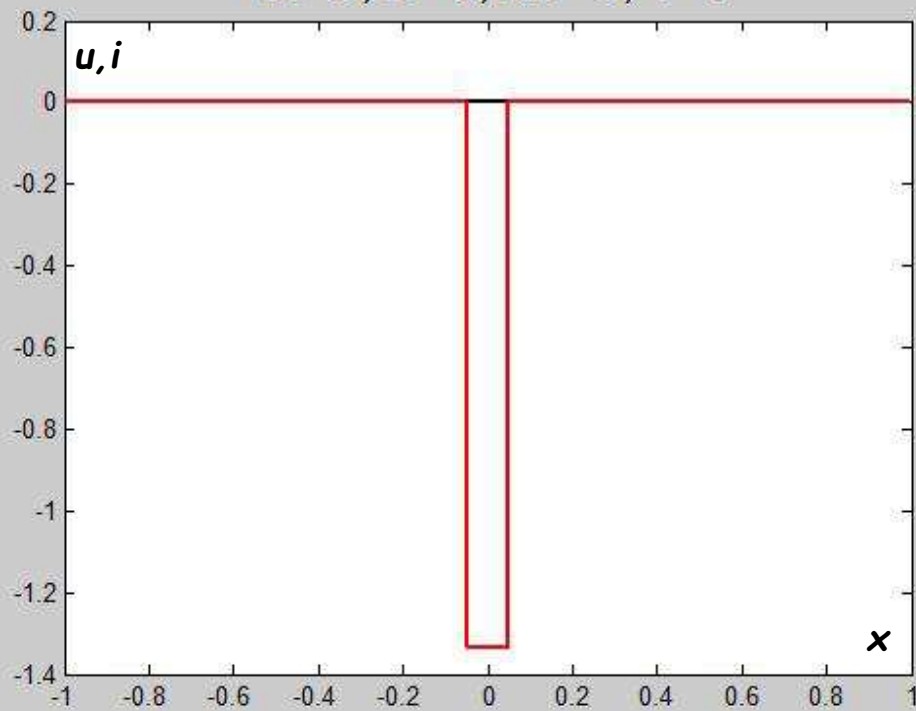
Распределение напряжения и тока при $t = 0$

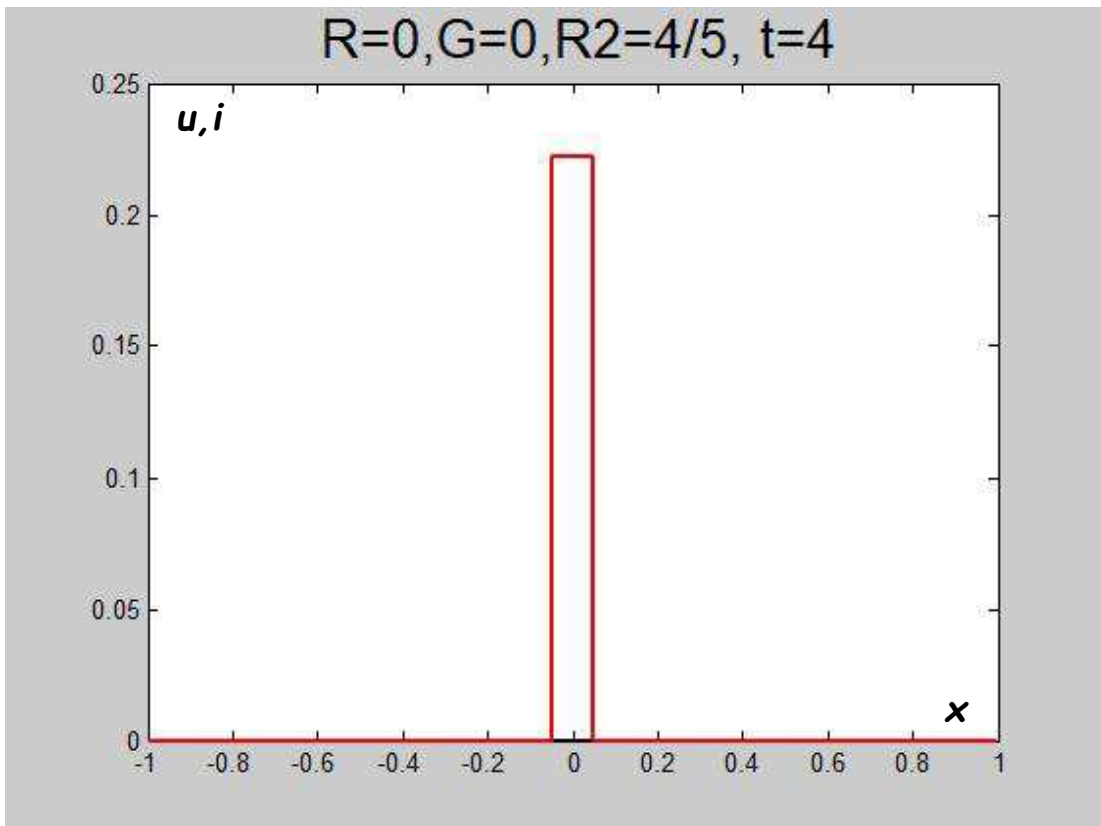
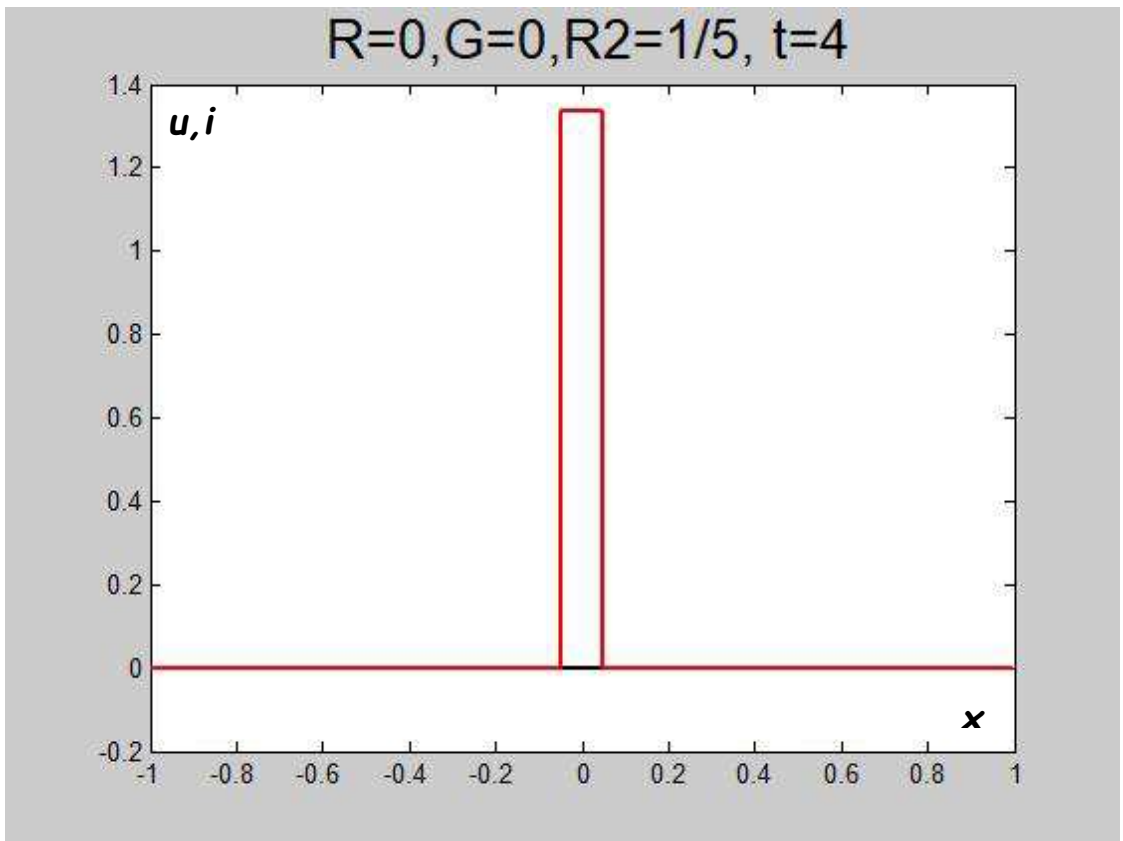
$R=0, G=0, R1=R2=0, t=0$

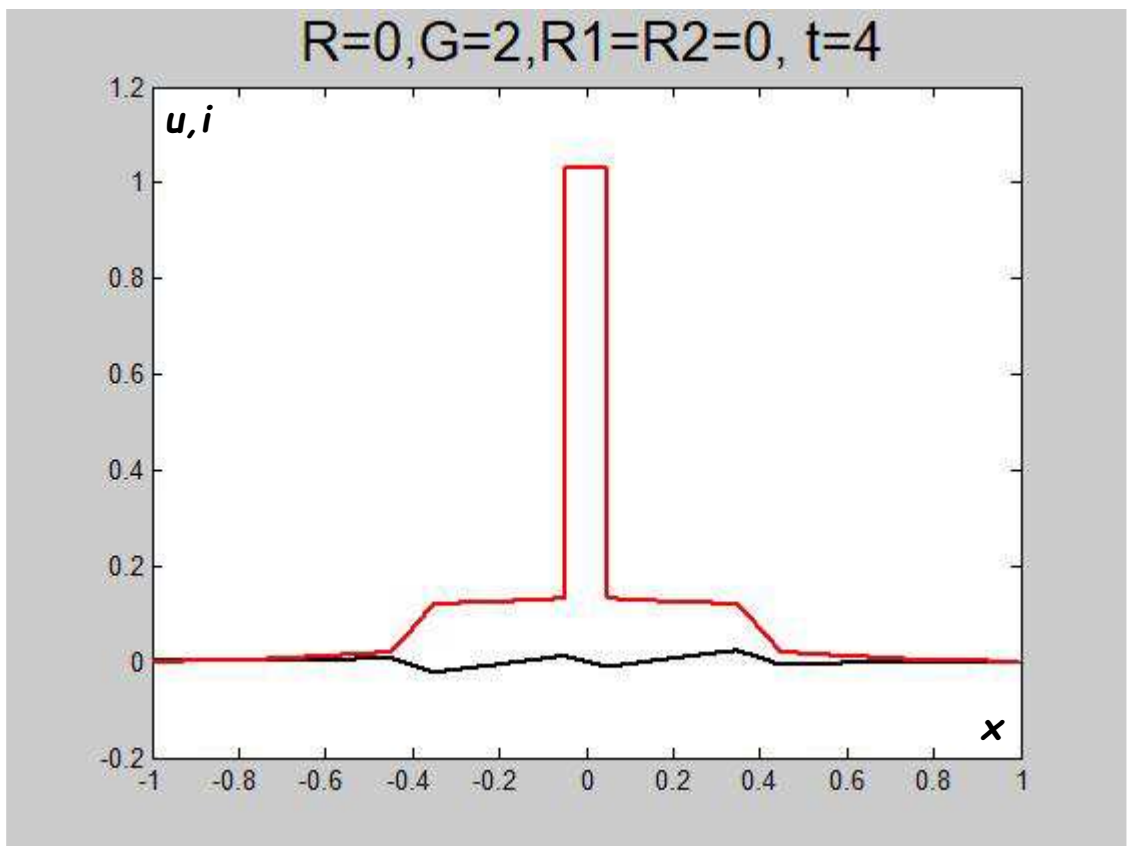
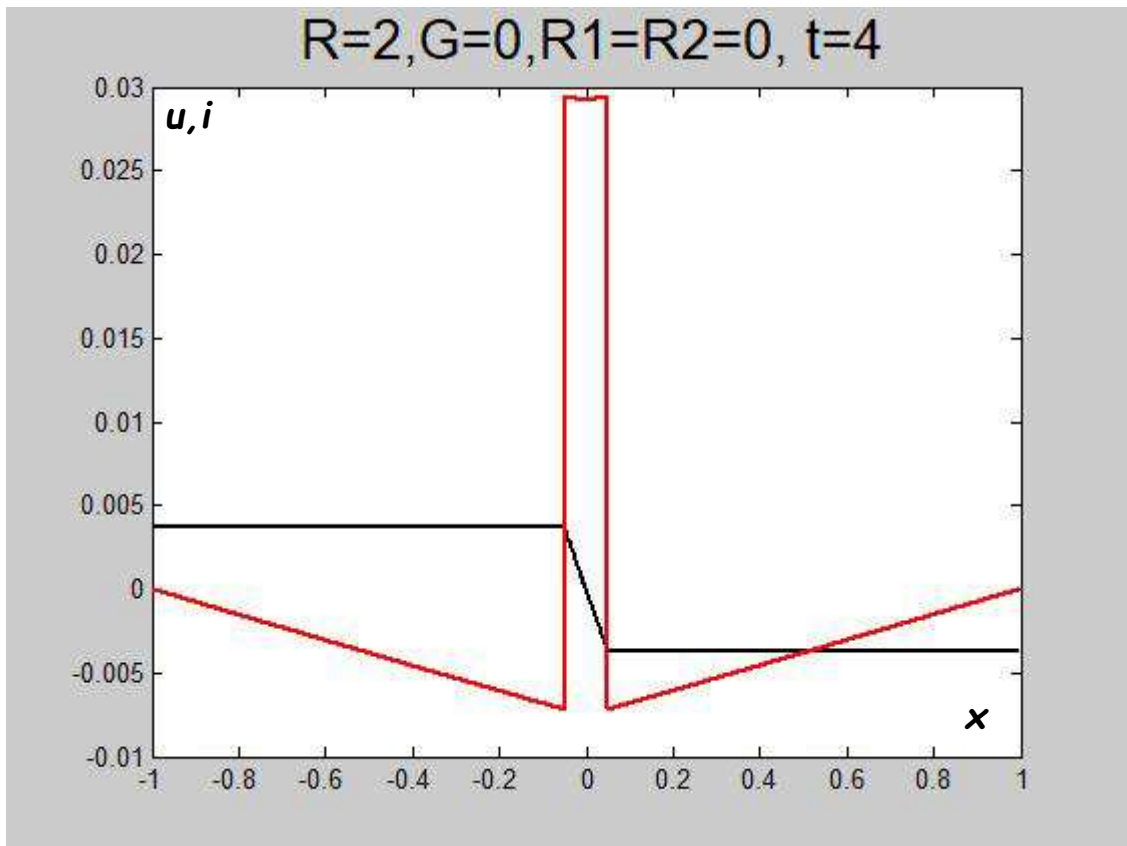


Распределение напряжения и тока на момент времени $t = 4$

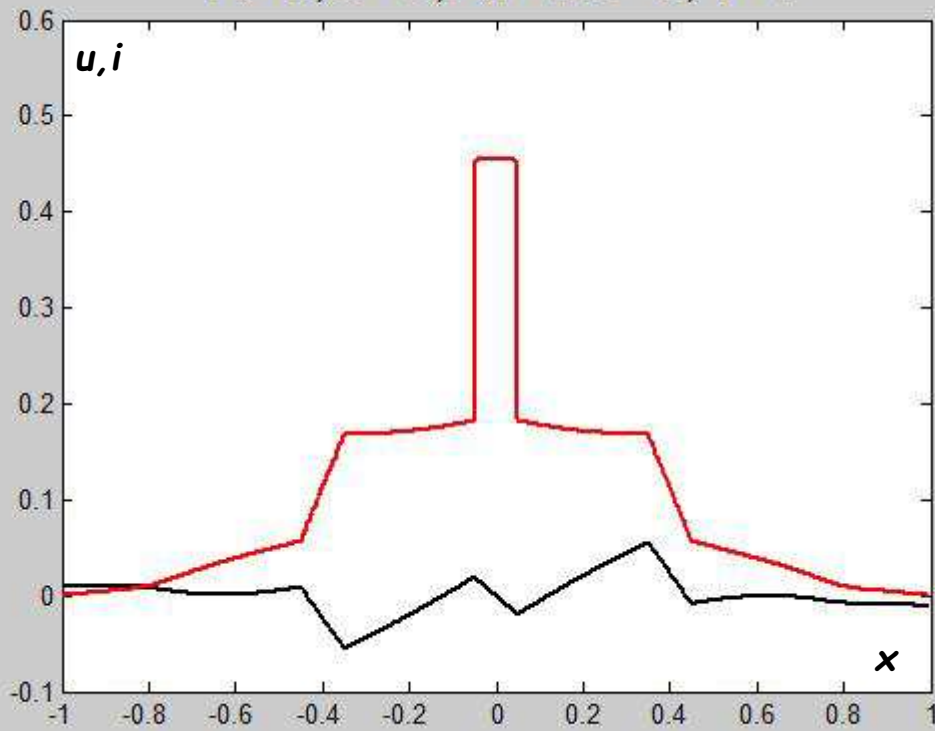
$R=0, G=0, R2=5, t=4$





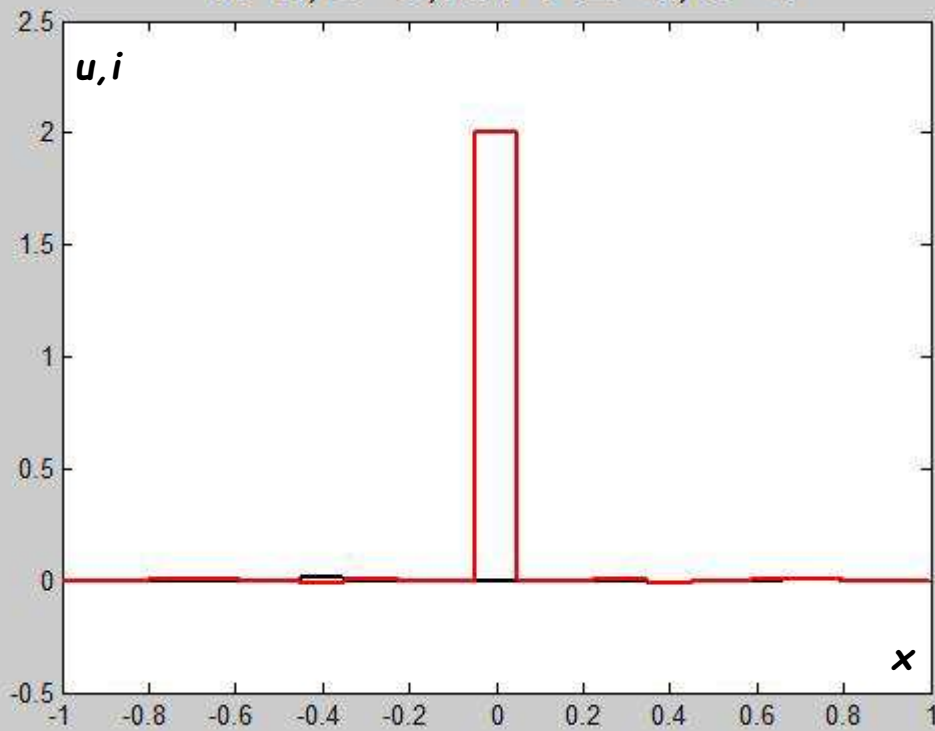


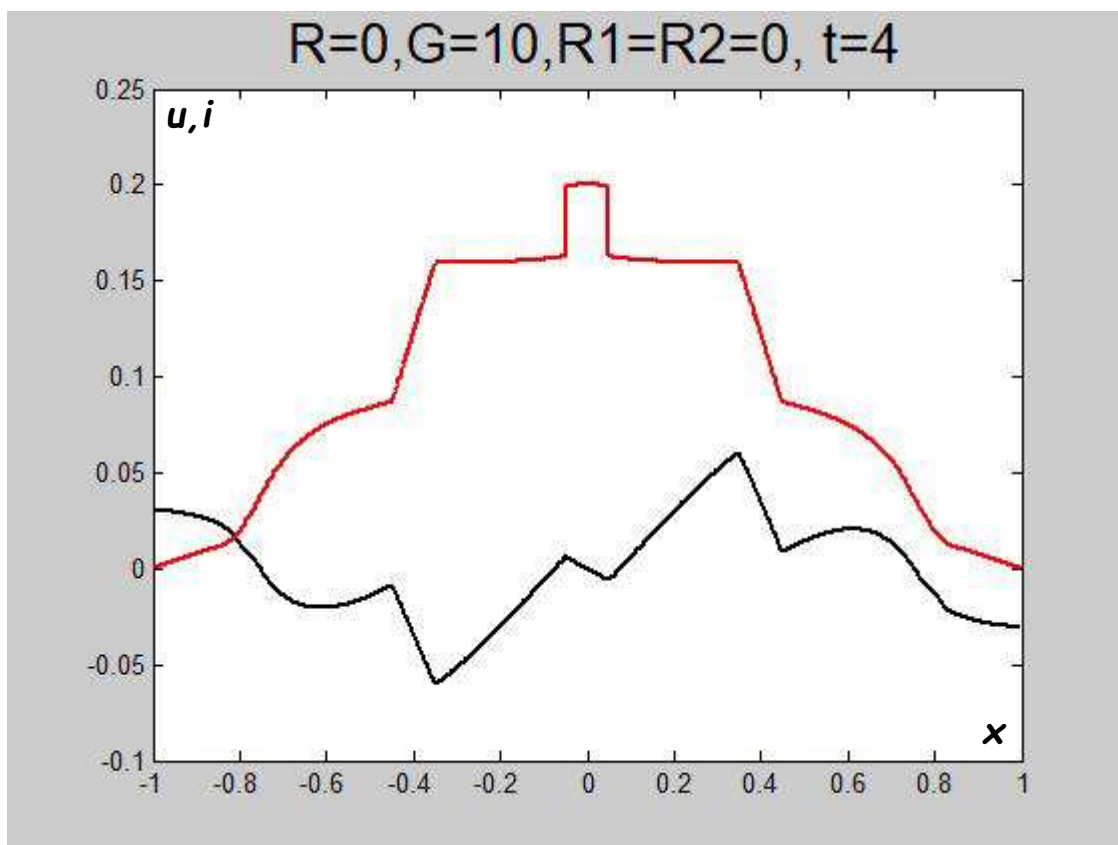
$R=0, G=5, R1=R2=0, t=4$



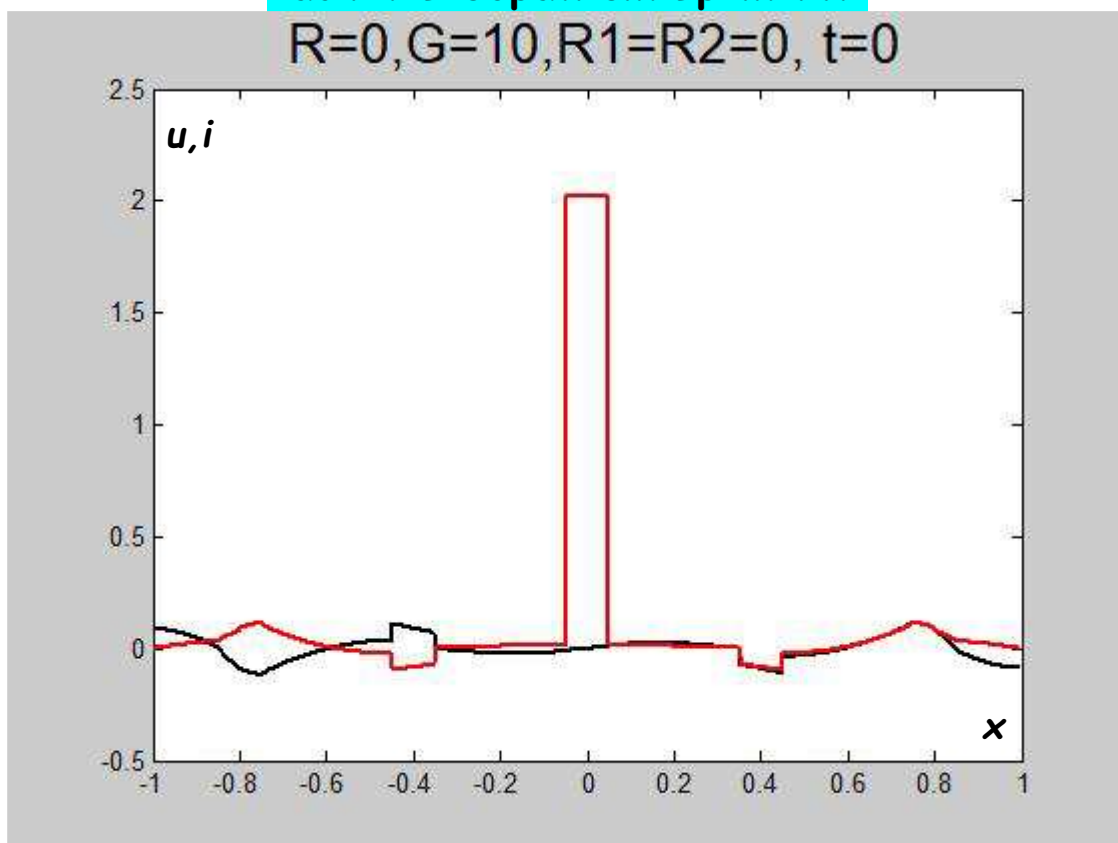
Расчет в обратном времени:

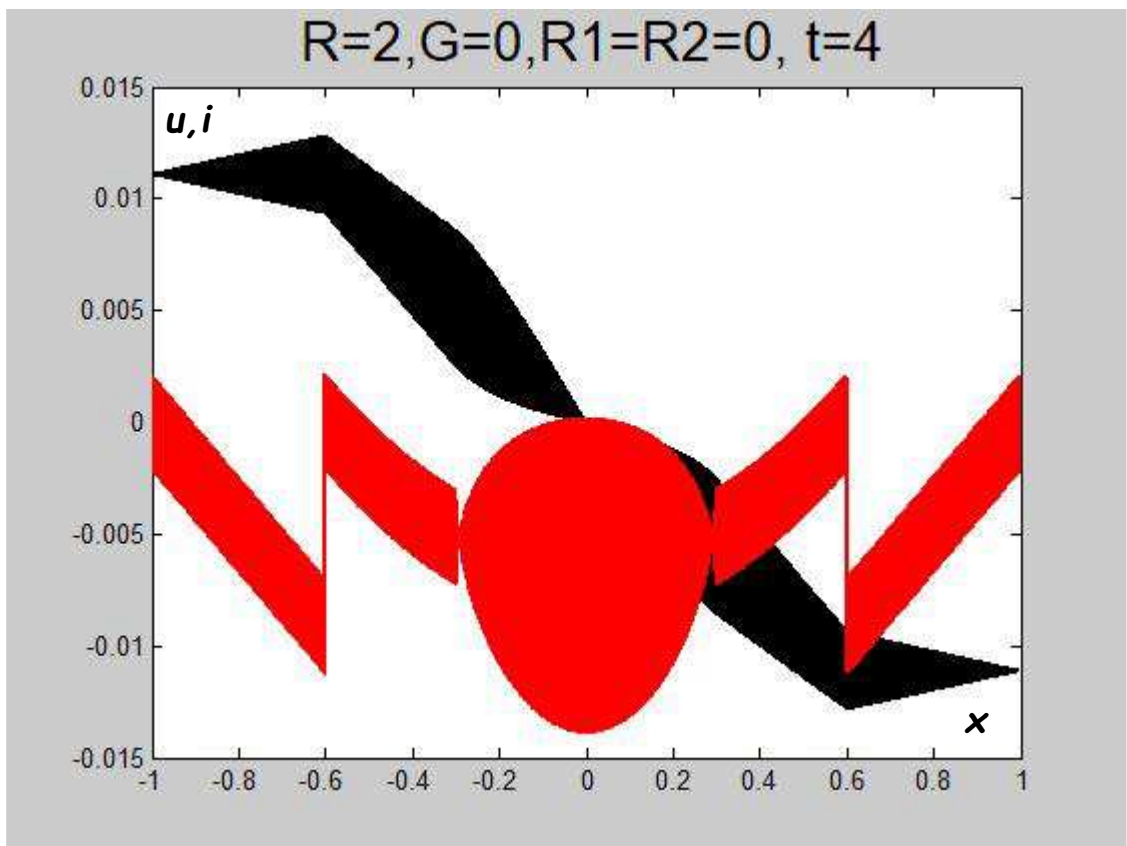
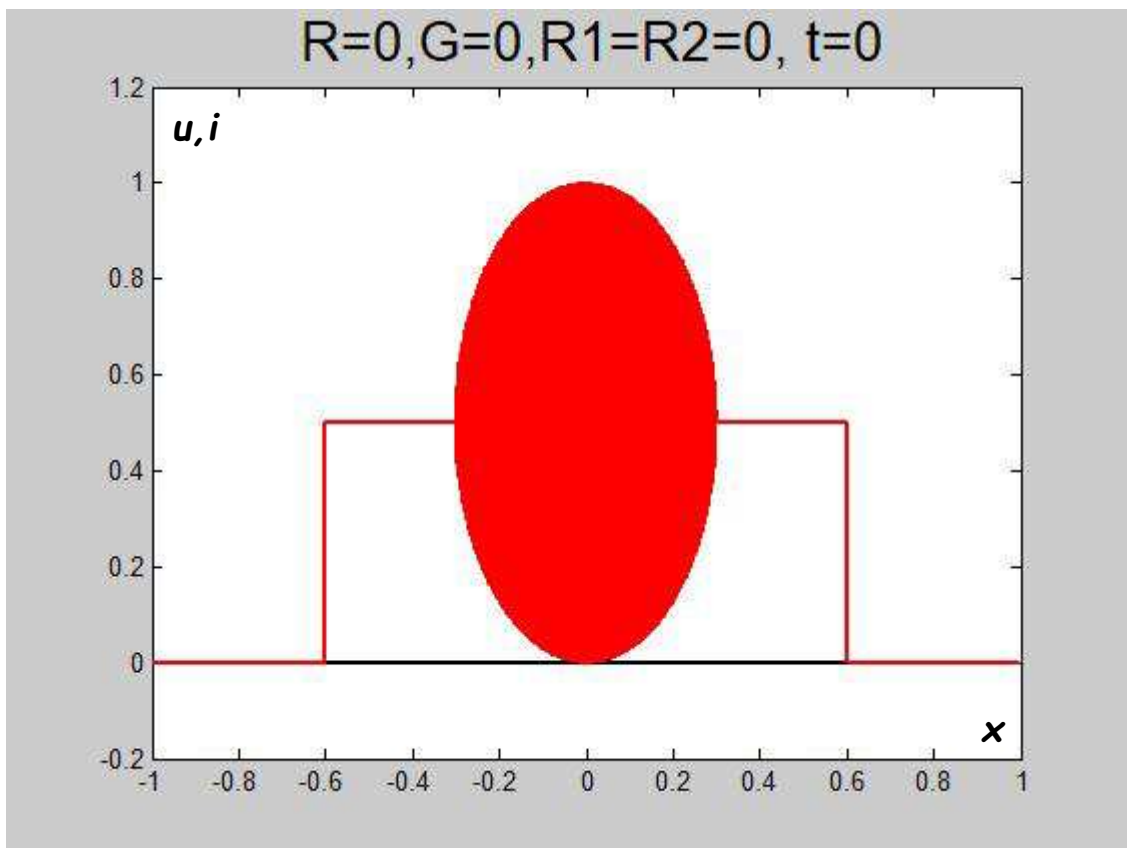
$R=0, G=5, R1=R2=0, t=-0$

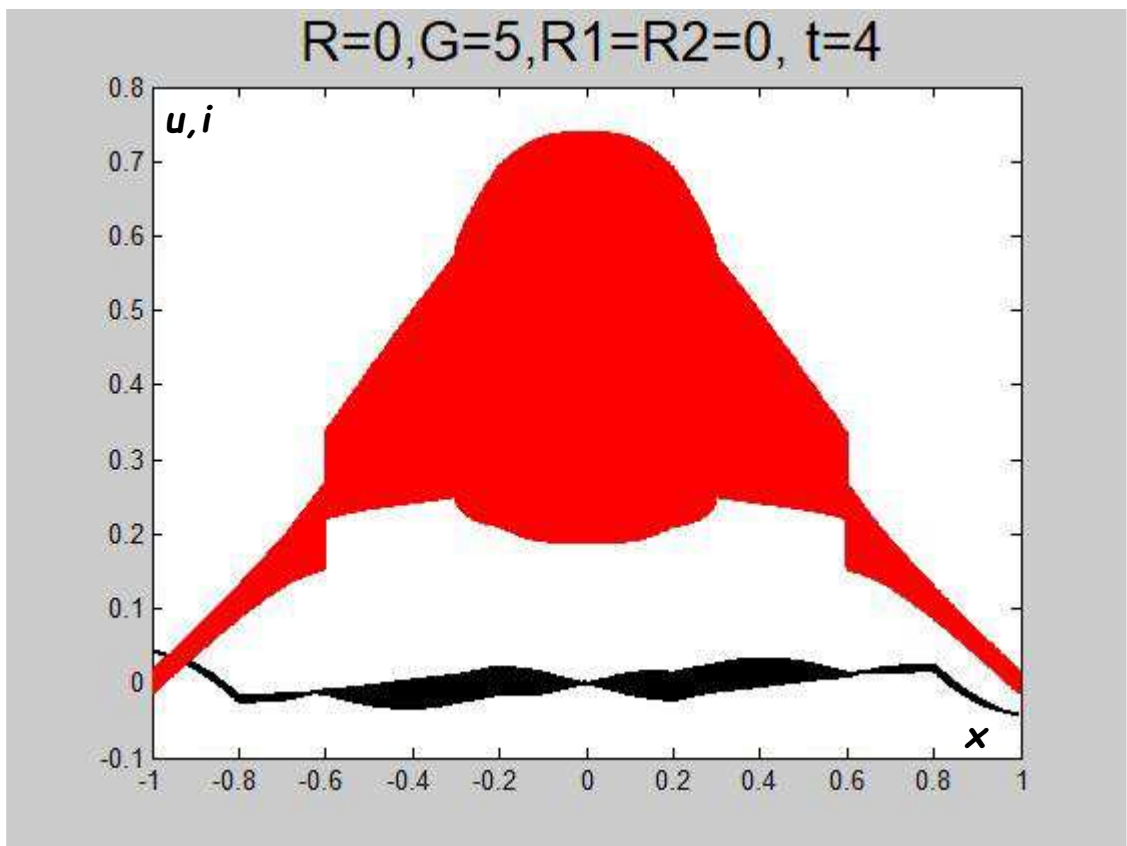
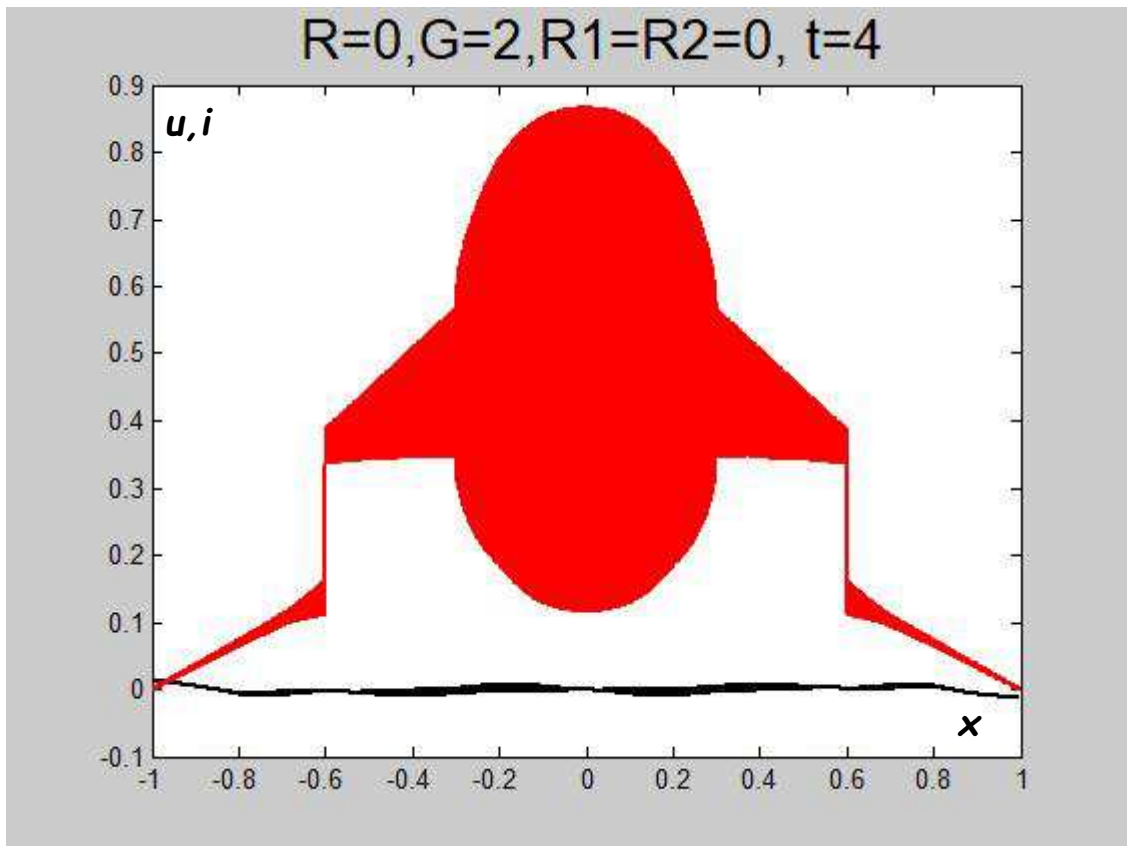




Расчет в обратном времени:

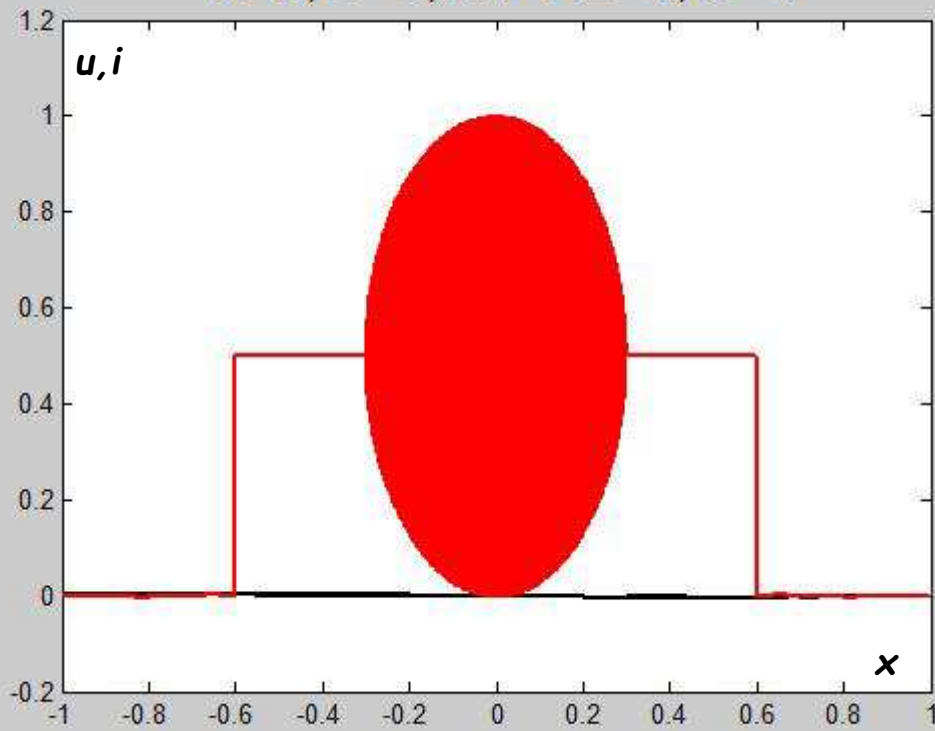




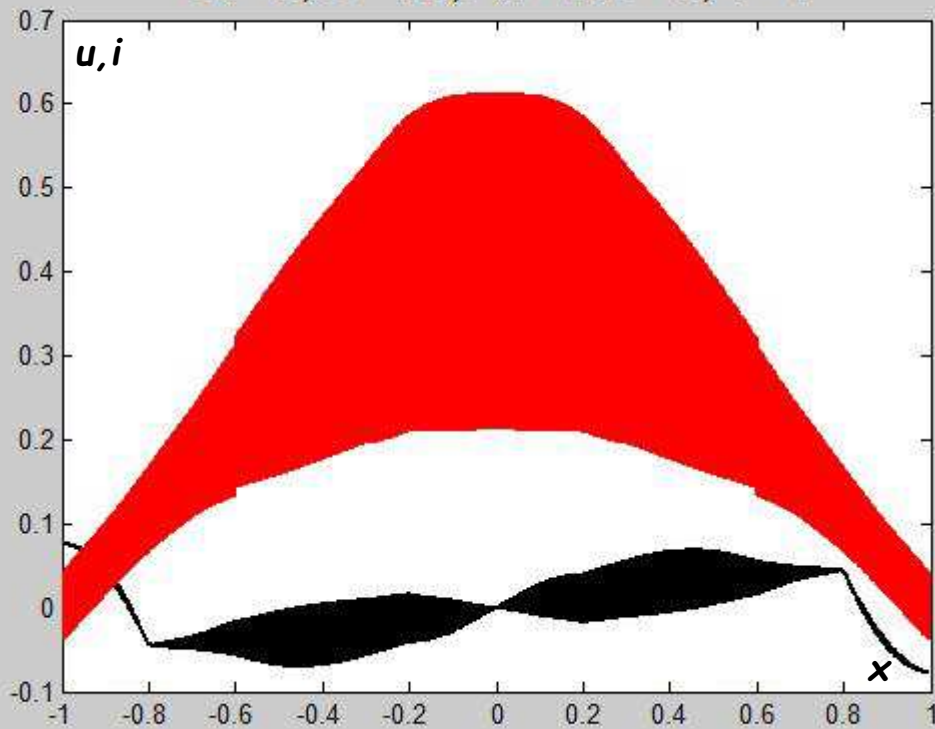


Расчет в обратном времени:

$R=0, G=5, R1=R2=0, t=-0$

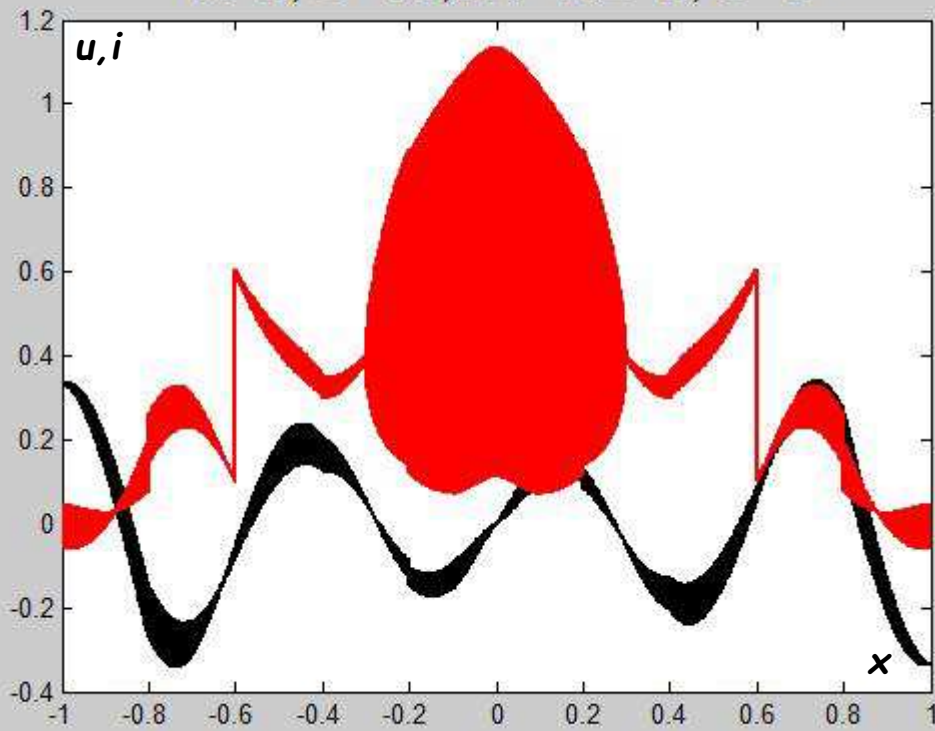


$R=0, G=10, R1=R2=0, t=4$

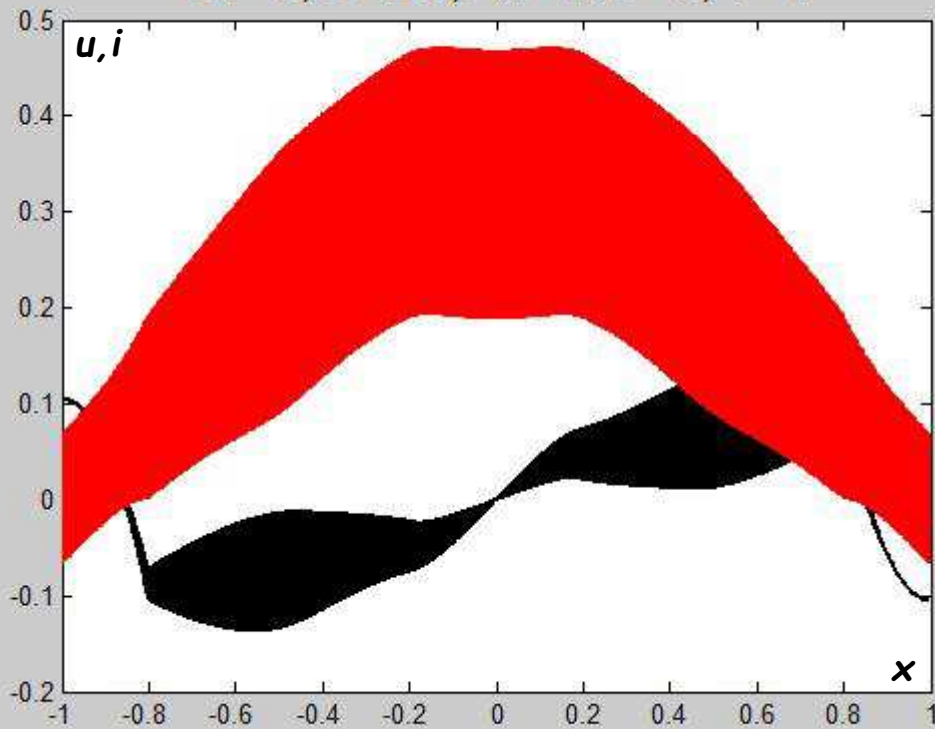


Расчет в обратном времени:

$R=0, G=10, R1=R2=0, t=-0$



$R=0, G=20, R1=R2=0, t=4$



ЭВМ-программа для расчета в прямом времени:

```

clear;
n=2000; nn=n+1; h=0.001; tau=h; k=4000;
E(1:k)=0;
R1=0; R2=0;
%R1=10^9; R2=10^9;
for i=1:n
X(i)=-1+i*h-h/2; R(i)=0; G(i)=0; D(i)=0; U(i)=0; end;
G(1:200)=20; G(1801:n)=20;
%R(1:n)=2;
for i=1:n
al(i)=(R(i)+G(i))/2; AD(i)=1+tau*al(i);
AD1(i)=1+tau*(al(i)-R(i));
AU1(i)=1+tau*(al(i)-G(i)); end;

for i=701:1300
%U(i)=(-1)^i*(0.09-X(i)^2)^0.5*0.6+0.181; end;
U(i)=(-1)^i*(0.09-X(i)^2)^0.5/0.6; end;
U(401:1600)= U(401:1600)+0.5;
%for i=951:1050
%U(i)=2; end;
SS=0;
for i=1:n
SS=SS+ U(i)^2+D(i)^2; end;
p=plot(X,D,'k',X,U,'r'); pause(2);

for j=1:k
for i=2:n
DA(i)=(D(i-1)+D(i)+U(i-1)-U(i))/2;
UA(i)=(U(i-1)+U(i)+D(i-1)-D(i))/2; end;

%UA(1)=1;
%DA(1)=D(1)-U(1)+UA(1);
DA(1)=(D(1)-U(1))/(1+R1); UA(1)=(U(1)-D(1))*(R1/(1+R1));
DA(nn)=(D(n)+U(n))/(1+R2); UA(nn)=(D(n)+U(n))*(R2/(1+R2));

for i=1:n
D(i)=(UA(i)-UA(i+1)+D(i)*AD1(i))/AD(i);
U(i)=(DA(i)-DA(i+1)+U(i)*AU1(i))/AD(i); end;
if(mod(j,20)==0)
p=plot(X,D,'k',X,U,'r');
set(p,'LineWidth',2);
title('\fontsize{20} R=0,G=20,R1=R2=0, t=4');
pause(0.001);
end;

%S1=0;
%for i=1:n
%S1=S1+ U(i)^2+D(i)^2; end;
%E(j)=S1; TT(j)=tau*j;
end;
%E=E/SS;
%p=plot(TT,E);
fn=input('Save picture to filename [P]');
if(isempty(fn)) fn='P'; end;

```

```
ig=getframe(gcf); imwrite(ig.cdata,[fn '.jpg']);
```

Расчет в прямом и обратном времени:

```
clear;
n=2000; nn=n+1; h=0.001; tau=h; k=4000;
R1=0; R2=0;
%R1=10^9; R2=10^9;
for i=1:n
X(i)=-1+i*h-h/2; R(i)=0; G(i)=0; D(i)=0; U(i)=0; end;
G(1:200)=5; G(1801:n)=5;
%R(1:n)=2;
for i=1:n
al(i)=(R(i)+G(i))/2; AD(i)=1+tau*al(i);
AD1(i)=1+tau*(al(i)-R(i));
AU1(i)=1+tau*(al(i)-G(i)); end;

%for i=701:1300
%U(i)=(-1)^i*(0.09-X(i)^2)^0.5*0.6+0.181; end;
%U(i)=(-1)^i*(0.09-X(i)^2)^0.5/0.6; end;
%U(401:1600)= U(401:1600)+0.5;
for i=951:1050
U(i)=2; end;
%SS=0;
%for i=1:n
%SS=SS+ U(i)^2+D(i)^2; end;
p=plot(X,D,'k',X,U,'r'); pause(2);

for j=1:k
for i=2:n
DA(i)=(D(i-1)+D(i)+U(i-1)-U(i))/2;
UA(i)=(U(i-1)+U(i)+D(i-1)-D(i))/2; end;

%UA(1)=1;
%DA(1)=D(1)-U(1)+UA(1);
DA(1)=(D(1)-U(1))/(1+R1); UA(1)=(U(1)-D(1))*(R1/(1+R1));
DA(nn)=(D(n)+U(n))/(1+R2); UA(nn)=(D(n)+U(n))*(R2/(1+R2));

for i=1:n
D(i)=(UA(i)-UA(i+1)+D(i)*AD1(i))/AD(i);
U(i)=(DA(i)-DA(i+1)+U(i)*AU1(i))/AD(i); end;
if(mod(j,20)==0)
p=plot(X,D,'k',X,U,'r');
set(p,'LineWidth',2);
title('\fontsize{20} R=0,G=5,R1=R2=0, t=4');
pause(0.001);
end;
end;
p=plot(X,D,'k',X,U,'r');
set(p,'LineWidth',2);
title('\fontsize{20} R=0,G=5,R1=R2=0, t=4');
pause(3);

% РАСЧЕТ В ОБРАТНОМ ВРЕМЕНИ:

tau= -tau;
```



```

for i=1:n
    al(i)=(R(i)+G(i))/2;
    AD(i)=1+tau*al(i);
    AD1(i)=1+tau*(al(i)-R(i));
    AU1(i)=1+tau*(al(i)-G(i)); end;

    for j=1:k
        for i=2:n
            DA(i)=(D(i-1)+D(i)-U(i-1)+U(i))/2;
            UA(i)=(U(i-1)+U(i)-D(i-1)+D(i))/2; end;

        DA(1)=D(1)+U(1); DA(nn)=D(n)-U(n);

    for i=1:n
        D(i)=(UA(i)-UA(i+1)+tau/h*D(i)*AD1(i))/AD(i);
        U(i)=(DA(i)-DA(i+1)+tau/h*U(i)*AU1(i))/AD(i);end;

    if(mod(j,20)==0)
        p=plot(X,D,'k',X,U,'r');
        set(p,'LineWidth',2);
        title('\fontsize{20} R=0,G=5,R1=R2=0, t=-0');
        pause(0.001);
        end;
        end;
    %plot(X,D,'k',X,U,'r'); pause(5);

    fn=input('Save picture to filename [P]');
    if isempty(fn) fn='P'; end;
    ig=getframe(gcf); imwrite(ig.cdata,[fn '.jpg']);

```