

074

OŚRODEK MECHATRONIKI

DOKUMENT WZORCOWY

A

Główny wykonawca: dr inż. Ryszard Sobczak

Wykonawcy:

p.t.

**PRÓBA LOKALIZACJI WYCIEKÓW W OPARCIU O  
PRĘDKOŚĆ DŹWIĘKU**

 Zleceniodawca

Komitet Badań Naukowych

Kierownik Ośrodka OME

  
mgr inż. Zbigniew Pilat

Z-ca Dyrektora ds. Bad.-Rozw.

  
dr inż. Jan Jabłkowski

Termin zakończenia pracy: wrzesień 1997

NR arch. 7563

Nr zlec. S 1749

### **Analiza deskryptorowa**

rurociągi, przepływ ciecży, kontrola, szczelność, wyciek

### **Abstrakt**

Sprawozdanie zawiera pierwsze próby lokalizacji wycieków metodą śledzenia czoł fal ciśnienia w oparciu o dane, zarejestrowane na rzeczywistym rurociągu w trakcie rzeczywistych wycieków, przy niepełnym – w tym czasie – opomiarowaniu rurociągu.

### **Tytuły poprzednich sprawozdań**

„Opracowanie i określenie wrażliwości systemu do wykrywania i lokalizacji przecieków w rurociągach przy określonym opomiarowaniu” nr arch. 7208

### **Rozdzielnik**

Egz. 1. OIN

Egz. 2. OME

Egz. 3. OME

PROBA LOCALIZACJI WYCIEKÓW I OPARAI  
O PRĘDKOŚĆ DREWIA.

Sygnały zmian ciśnienia  $\Delta p_{ui}$  w stacji  $i$ , spowodowane przez wyciek, rozchodzą się wzdłuż rurociągu od miejsca wycieku  $x_v$  z prędkością dźwięku  $a$ . Wobec tego mierząc czas  $t_{ui} = t_i$  pojawienia się sygnału  $\Delta p_{ui}(t_{ui})$  można - przybliżeniowo - wyznaczyć  $x_v$ . Trudność polega na tym, że:

- początek czasu  $t_{ui}$  jest „rozmyty”; trzeba wobec tego znaleźć jakiś punkt odniesienia na drodze  $\Delta p_{ui}$ ,
- okres próbowania  $T_0 \approx 35$ ; przy prędkości dźwięku  $a = 1000 \pm 1400 \frac{m}{s}$  błąd oceny czasu w granicach 1 okresu próbowania powoduje błąd  $|x_i - x_v|$  w granicach  $3000 \pm 5200 m$ .

Przebiegi czasów  $\Delta p_{ui}(t)$  pokazano na str. 1.2, 1.4 i 1.6.

Dotyczy one wycieków:

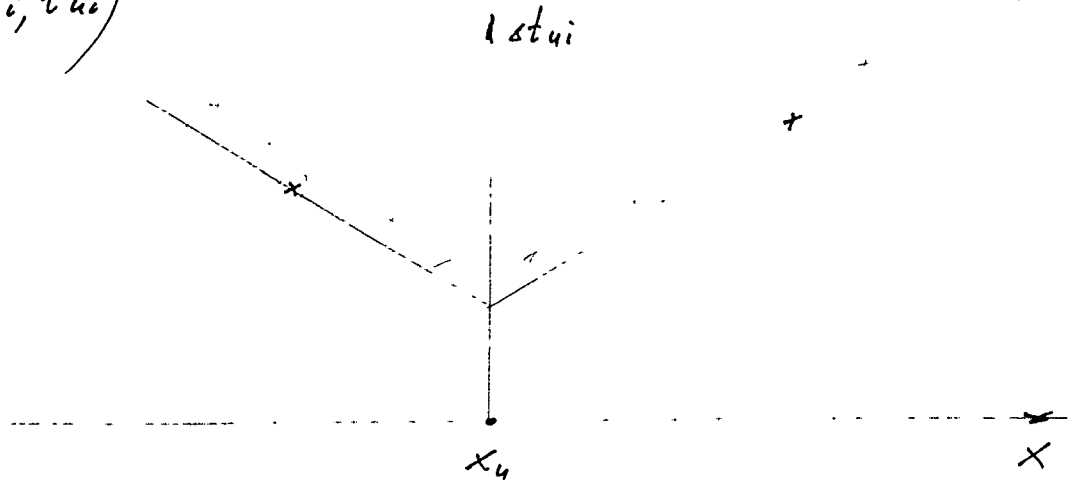
- \* d02 (str. 1.6) z dn. 97.03.03,  $x_v \approx 53.100 m$
- \* d03 (str. 1.4) z dn. 97.03.05,  $x_v \approx 15.100 m$
- \* d04 (str. 1.2) z dn. 97.03.10,  $x_v \approx 15.100 m$

Próbę różnorodnych metod wyznaczania przystąpienia - czasu  $t_{ui}$  przyjęcia sygnału  $\Delta p_{ui}$  przez poszczególne stacje i oraz wykończenia stacji dla materialnego  $x_v$  wykażają, że najlepsze wyniki uzyskuje się:

- materialnie punktu przecięcia krzywej  $\Delta p_{ui}(t)$  w obrotach nasadzenia, wyznaczanie  $t_{ui}$ , odpowiadające  $\max \frac{d\Delta p_{ui}}{dt}$  (str. 2.2, 2.4, 2.6); najbardziej jednolite wyniki otrzymuje się przy tym wyznaczając  $t_{ui}$  dla  $\frac{d^2\Delta p_{ui}(t)}{dt^2} = 0$ ,
- wyznaczanie współczynnika  $(\frac{1}{a})$  przystych na oraz l (z p. 1) równani  $t = (\frac{1}{a}) |x - x_v|$  przynajmniej od  $x_i$ , dla którego

$$t_{ui} = \min,$$

- przesuniecie tych prostych do skrajnych dolnych punktów  $(x_i, t_{ui})$



Rys. 1

Teżeli wyciek jest na tyle blisko przecisku lub torica swobodnej z jednej strony dysponujemy tylko jedną wartością  $\Delta x$ . (jak do ma miejsce dla  $d 03$  i  $d 04$ ), wówczas przez ten punkt prowadzimy prostą o nachyleniu przeciwnym do nachylenia z drugiej strony wycieku.

W-g przedstawionej metody procedury są wyznaczane  $x_u$  w p. 5, metodą 2. Jak widać, błędy  $\Delta x_u$  lokalizacji  $x^*$  wycieku wynoszą:

$$\text{- dla } d 02 \text{ (str. 5.6) : } \Delta x_u = x_u^* - x_u = 53.500 - 53.100 = 400 \text{ m}$$

$$\text{- dla } d 03 \text{ (str. 5.3) : } \Delta x_u = x_u^* - x_u = 10.600 - 15.100 = -4.500 \text{ m}$$

$$\text{- dla } d 04 \text{ (str. 5.2) : } \Delta x_u = x_u^* - x_u = 13.400 - 15.100 = -1.700 \text{ m}$$

Wpływowe przekroje drzewa  
 $a \left[ \frac{m}{s} \right]$

$k_1 = 2,54$

$k_2 = 2,93$

$k_3 = 3,05$

	n=30		n=40		xv [km]	UWAGI
	m1	m2	m1	m2		
d102 P K	957,6	1054,5	1146,7	1065,3	53,1	12%
	991,3	1108,9	1146,7	1174,3		16,5%
d103 K	992,4	1000,8	1076,3	1044,3	15,1	Przebieg 8%
d104 K	1733,4	1583,5	1488,1	1437,6	15,1	Przebieg do 19%

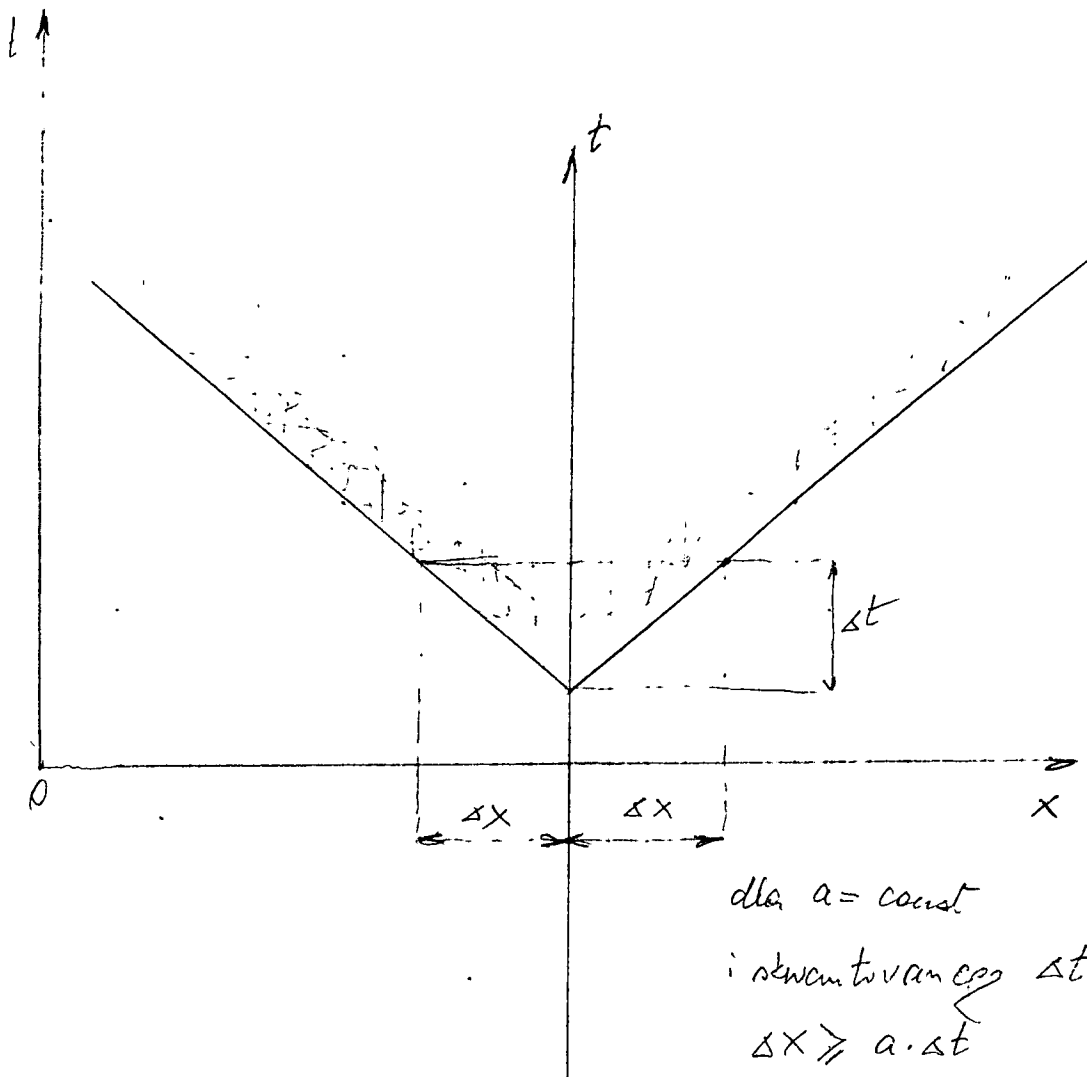
$$a_0 = \sqrt{\frac{E_c}{S}}$$

$$a = \frac{a_0}{\sqrt{1 + \phi_R \cdot E_c}}$$

$$E_c = \frac{1}{\epsilon_c}$$

$\phi$  - współczynniki bezpieczeństwa  
 $E$  - moduł sprężystości

Wzrost drzewa jest większy, jeżeli  $\phi_c$  jest mniejsze, a  $E_c$  jest większe.



dla  $a = \text{const}$   
 i skwantowaniu  $\Delta t$ ,  
 $\Delta x \gg a \cdot \Delta t$

202 53,1 97.03.05 - B ( $P_1 = 2,54$ )

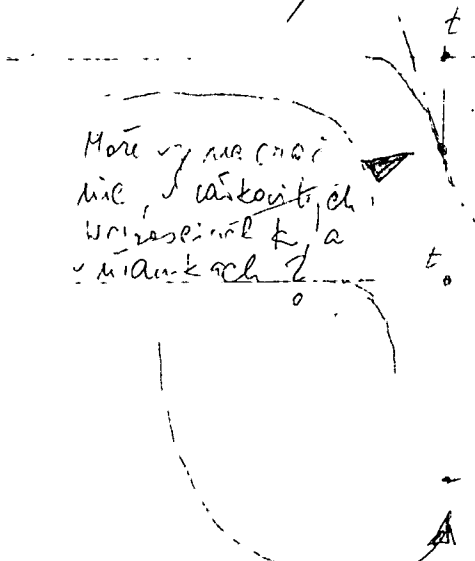
203 151 " " - ON ( $P_1 = 2,93$ )

204 151 97.03.12 - ON ( $P_1 = 3,05$ )

19.12.19

METODA 1

Mówi się, że cmo i  
 nie, w końcu, że  
 wprost nie k, a  
 widać, że



METODA 2  
 $\frac{dx}{dt}$   
 $\frac{d^2x}{dt^2}$   
 $\frac{d^3x}{dt^3}$

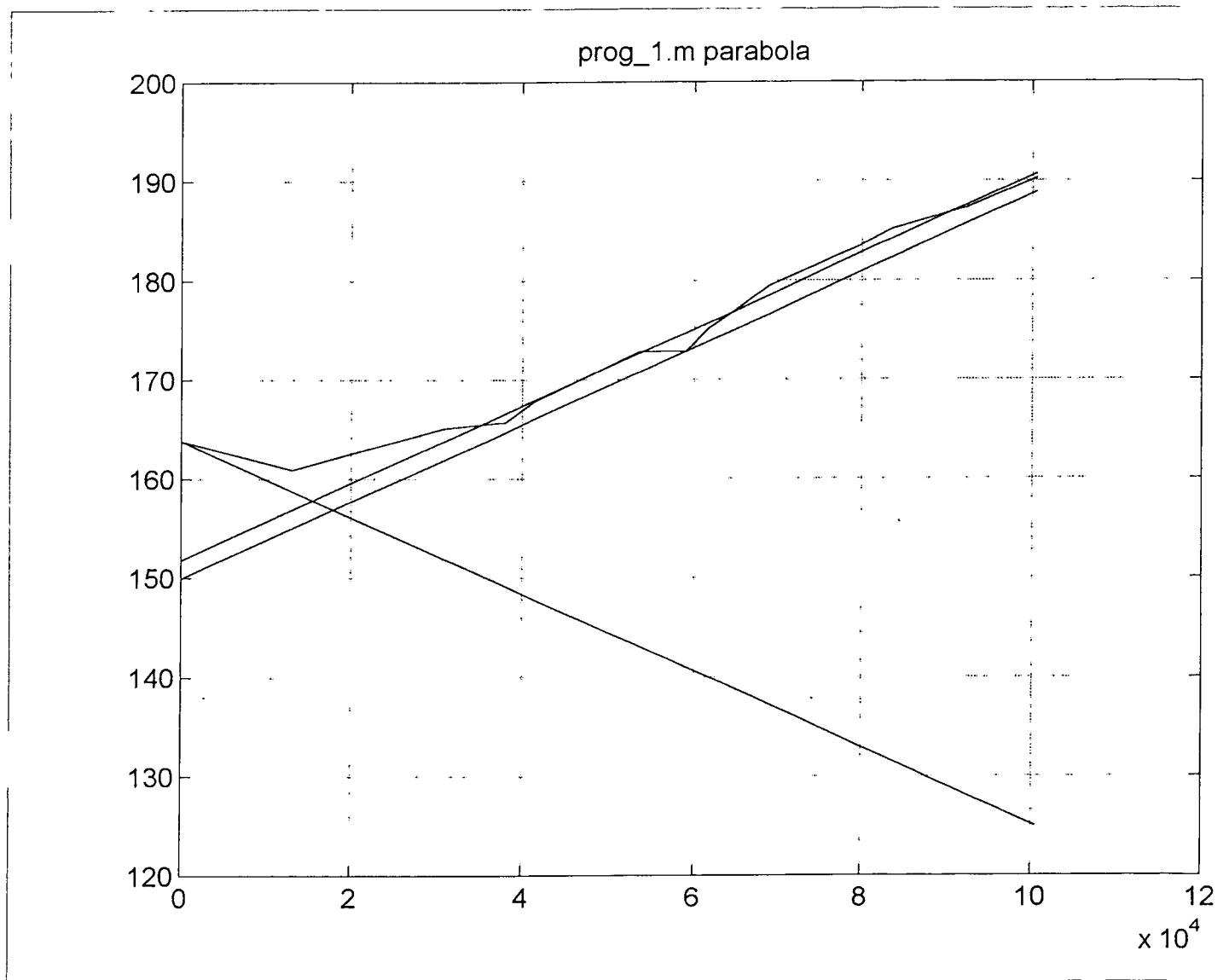
109

$n = 70$

$r_s = 18$

15.5026

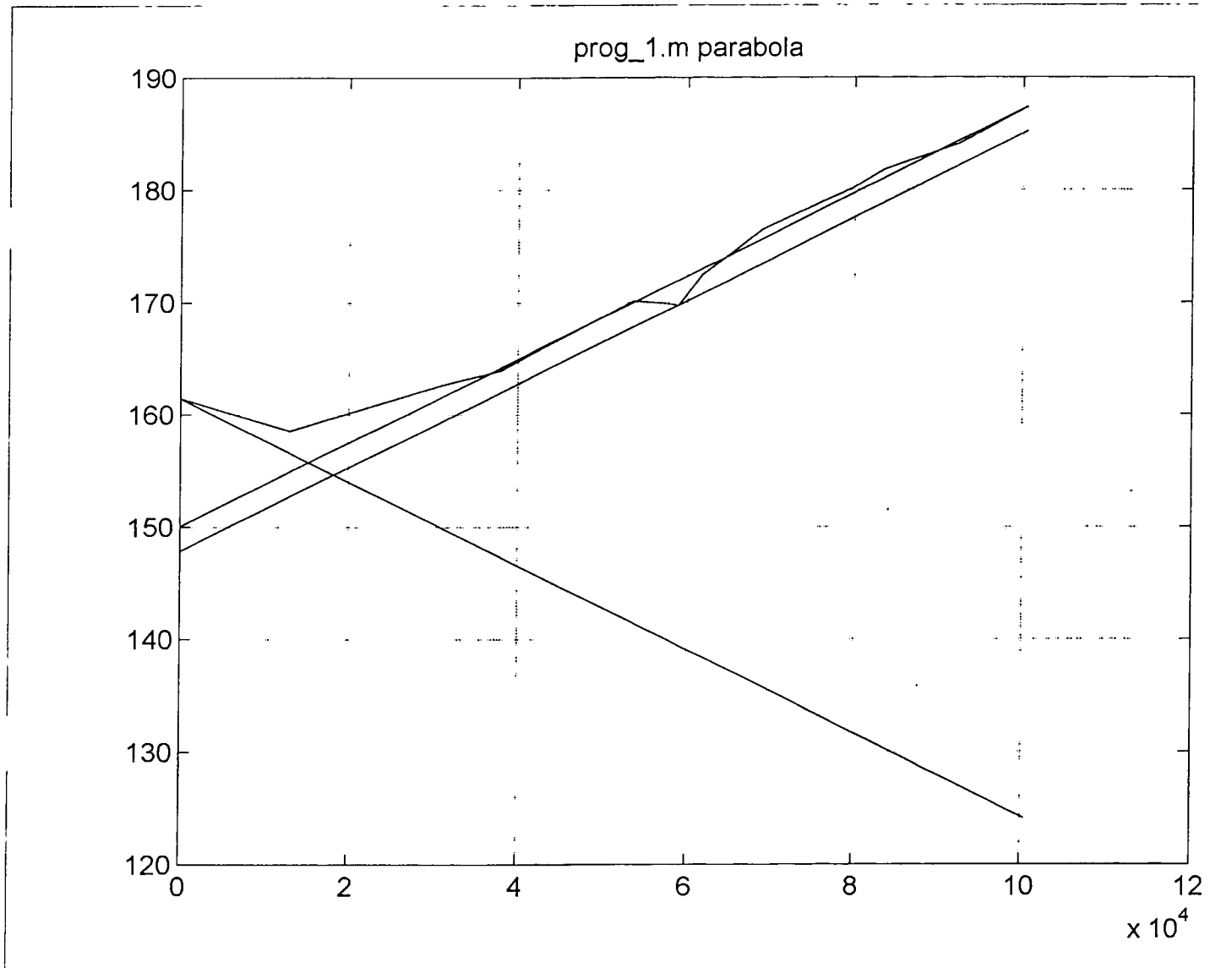
17.9425



d 04 .  $n = 70$   $pr = 32$

15.3431

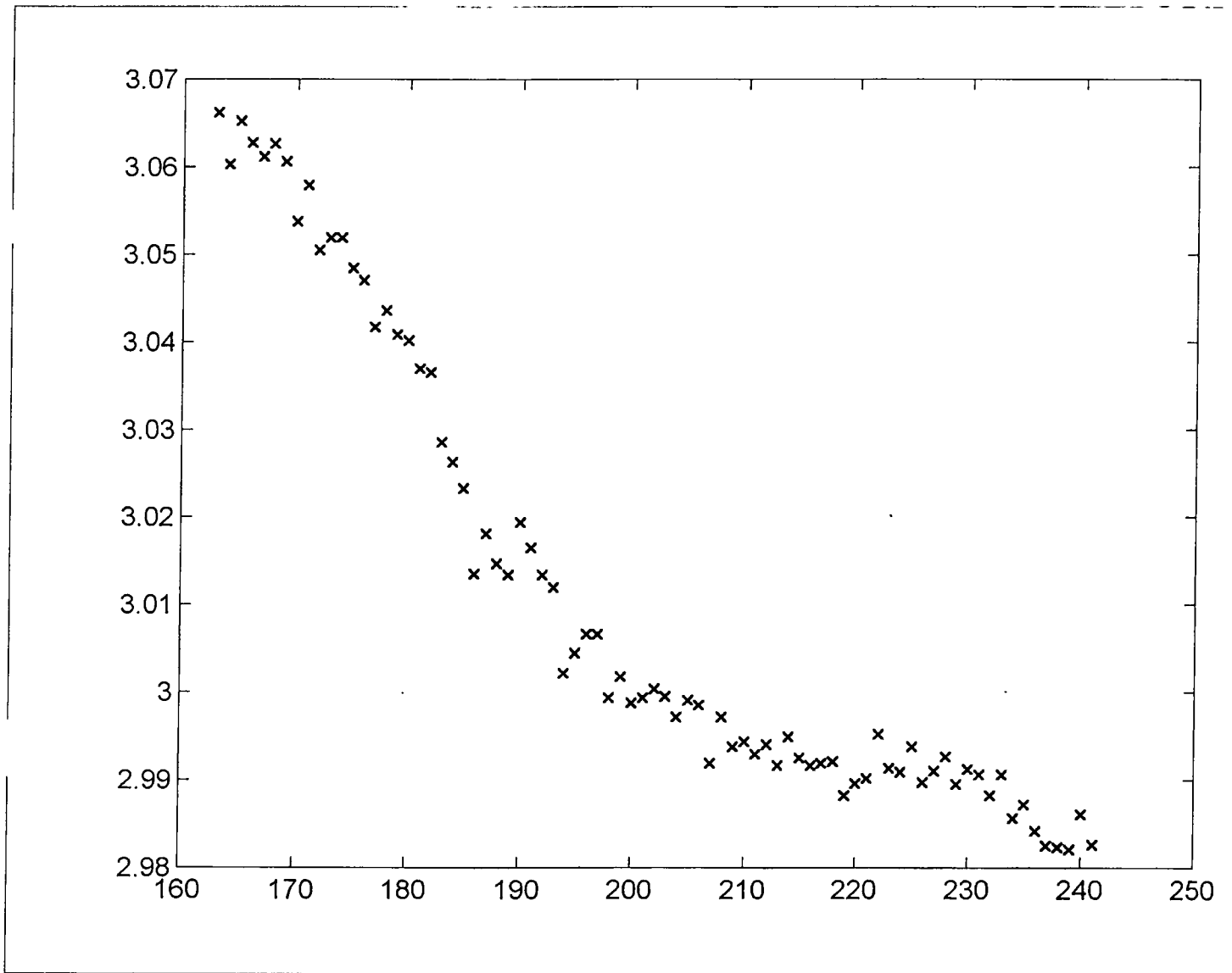
18.2860





д04

срyнiк 6

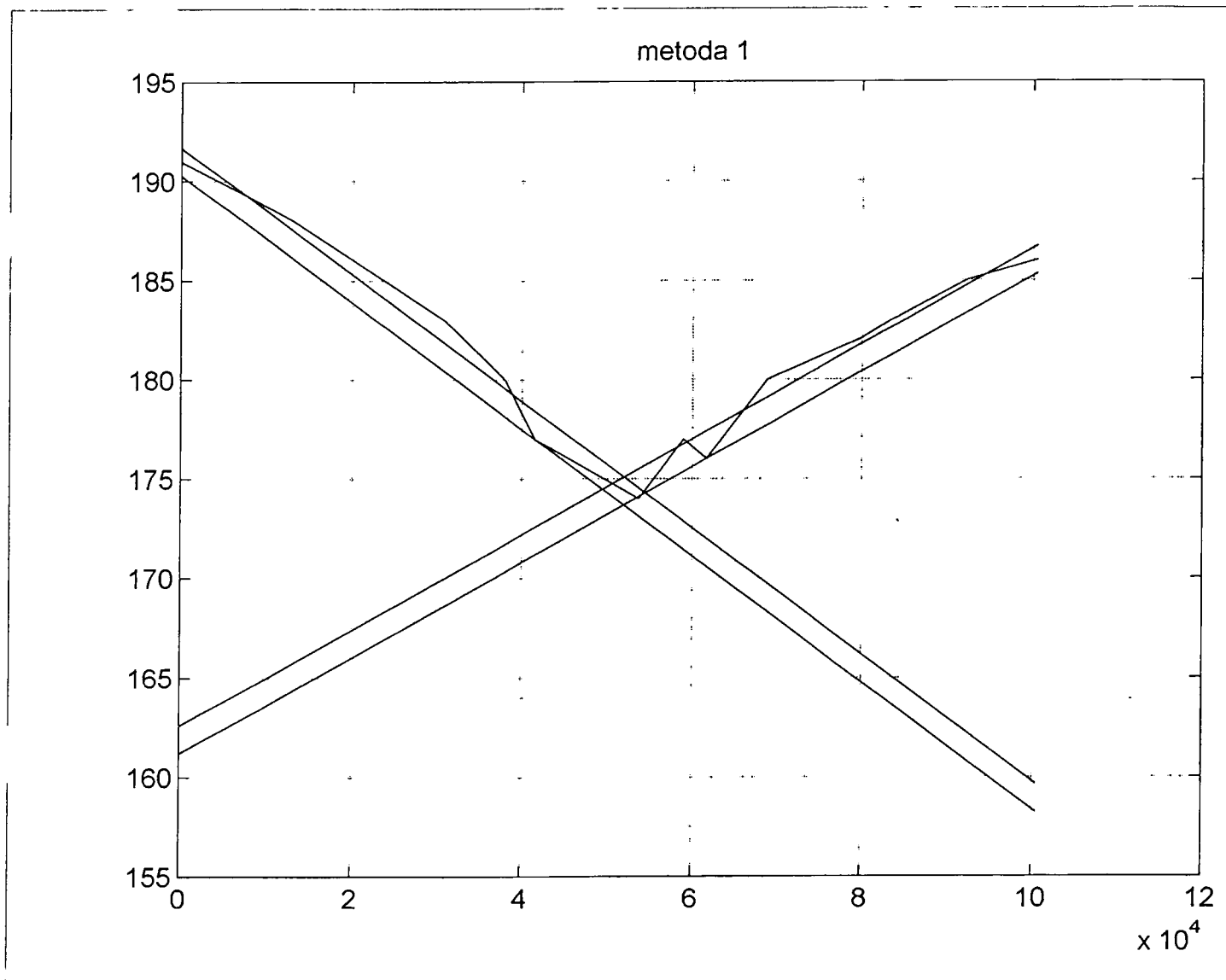


4=50

~~52.1781~~ 52.0687

202

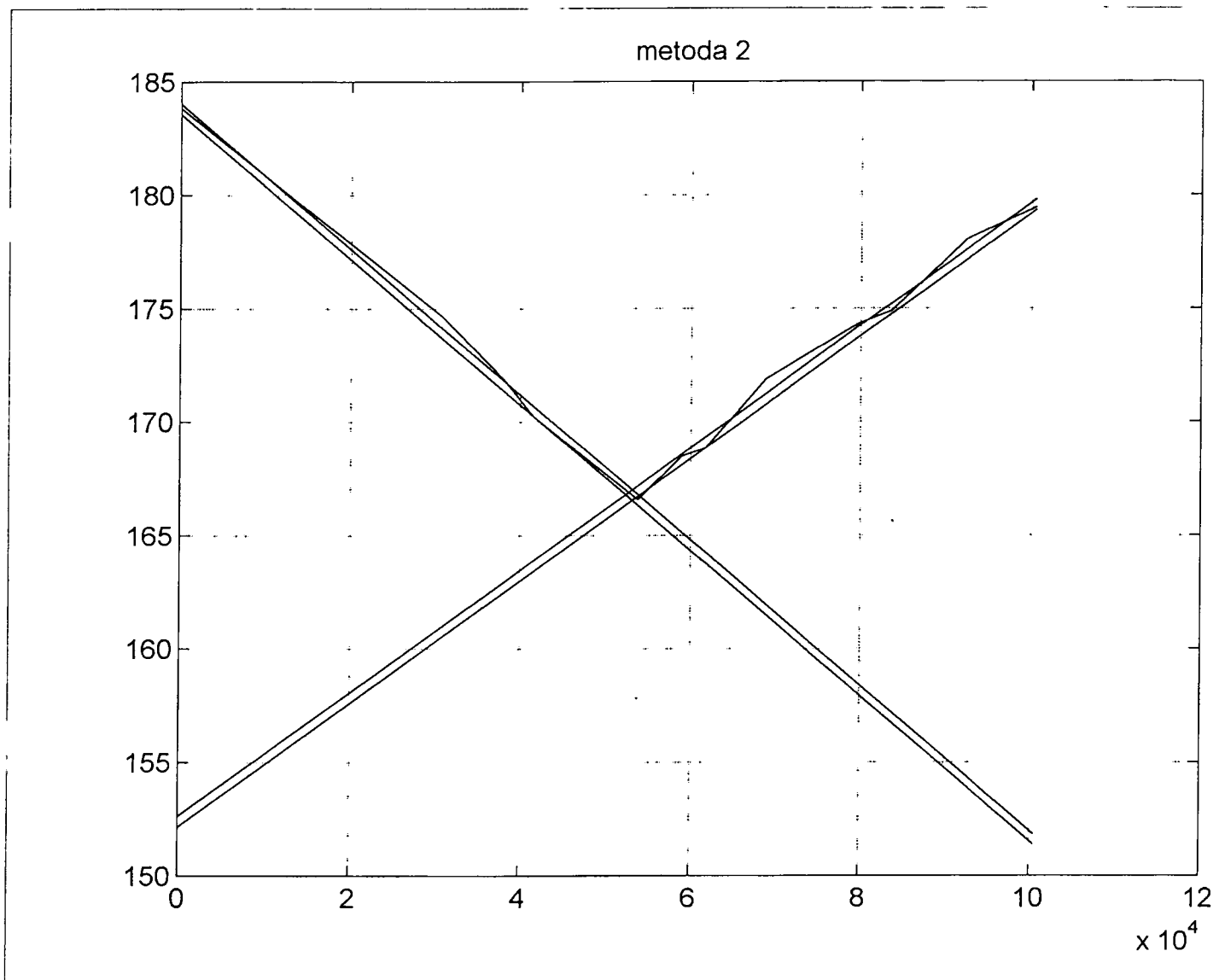
~~52.1707~~ 52.0202



$n_1 = 50$   
 $n_2 = 16$

53.1707  
53.1781

11.2



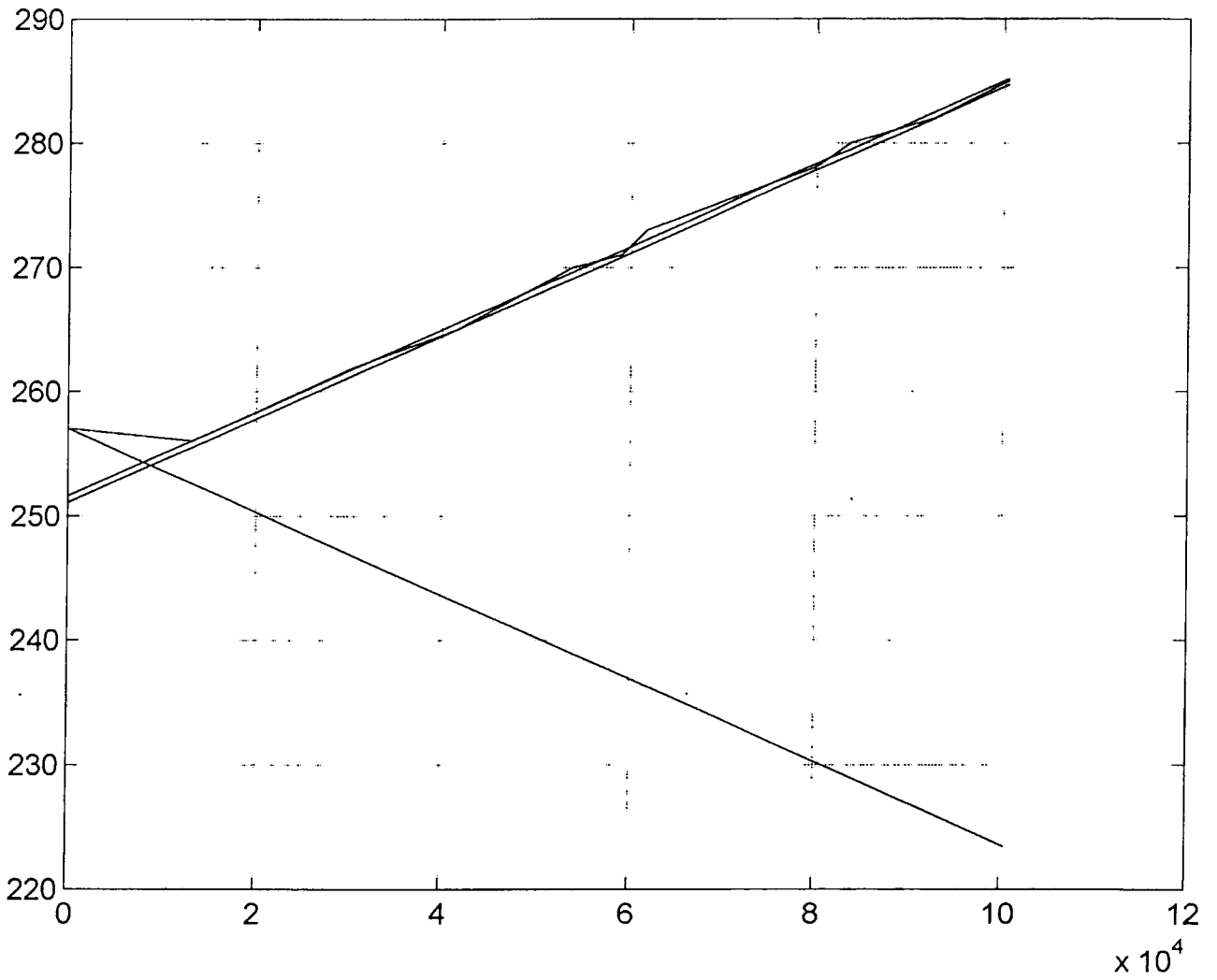
11

n=50

8.046  
8.8262

dlg

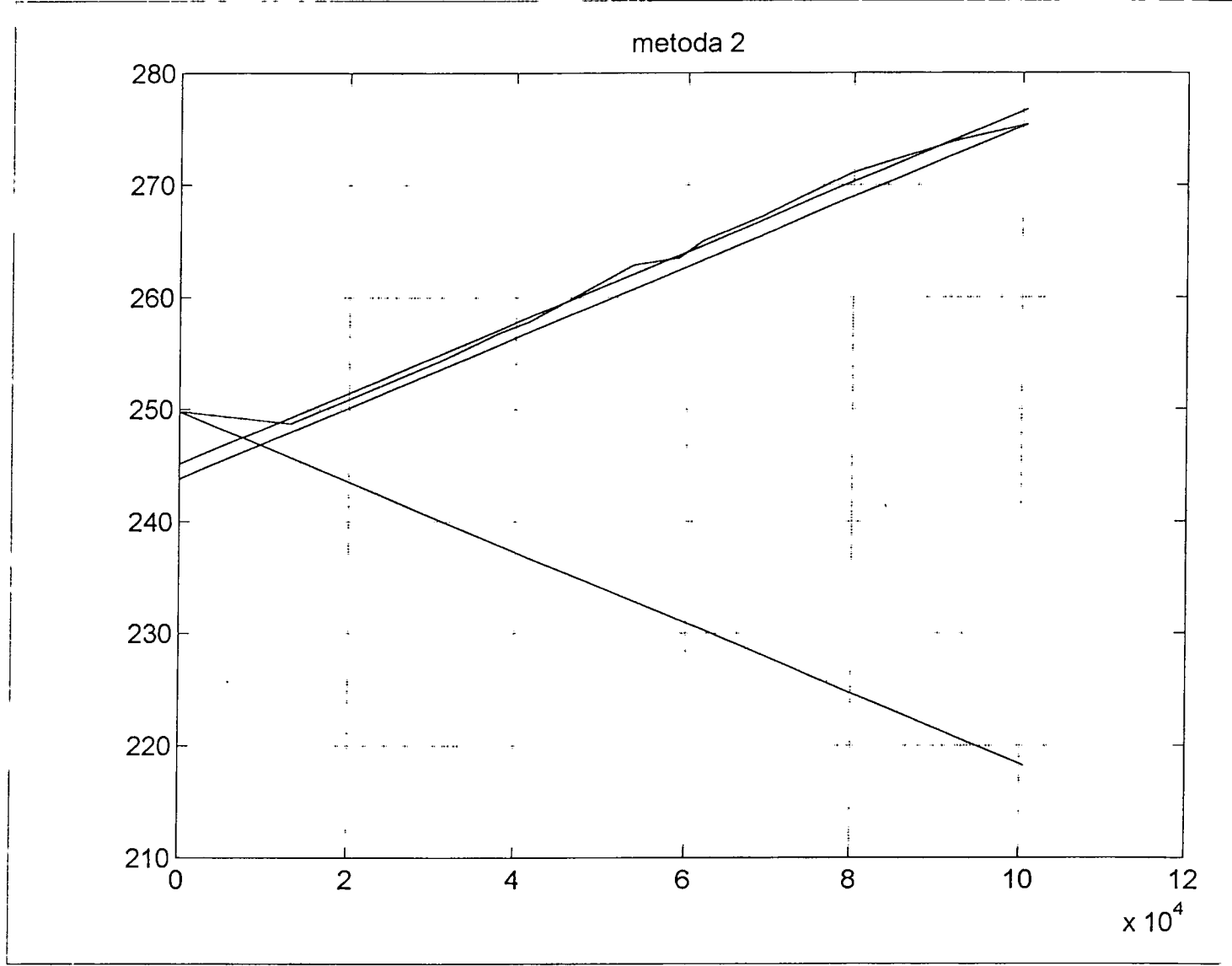
metoda 1



11-50  
u2=16

Z: 1543  
y 5627

u13



$n = 50$

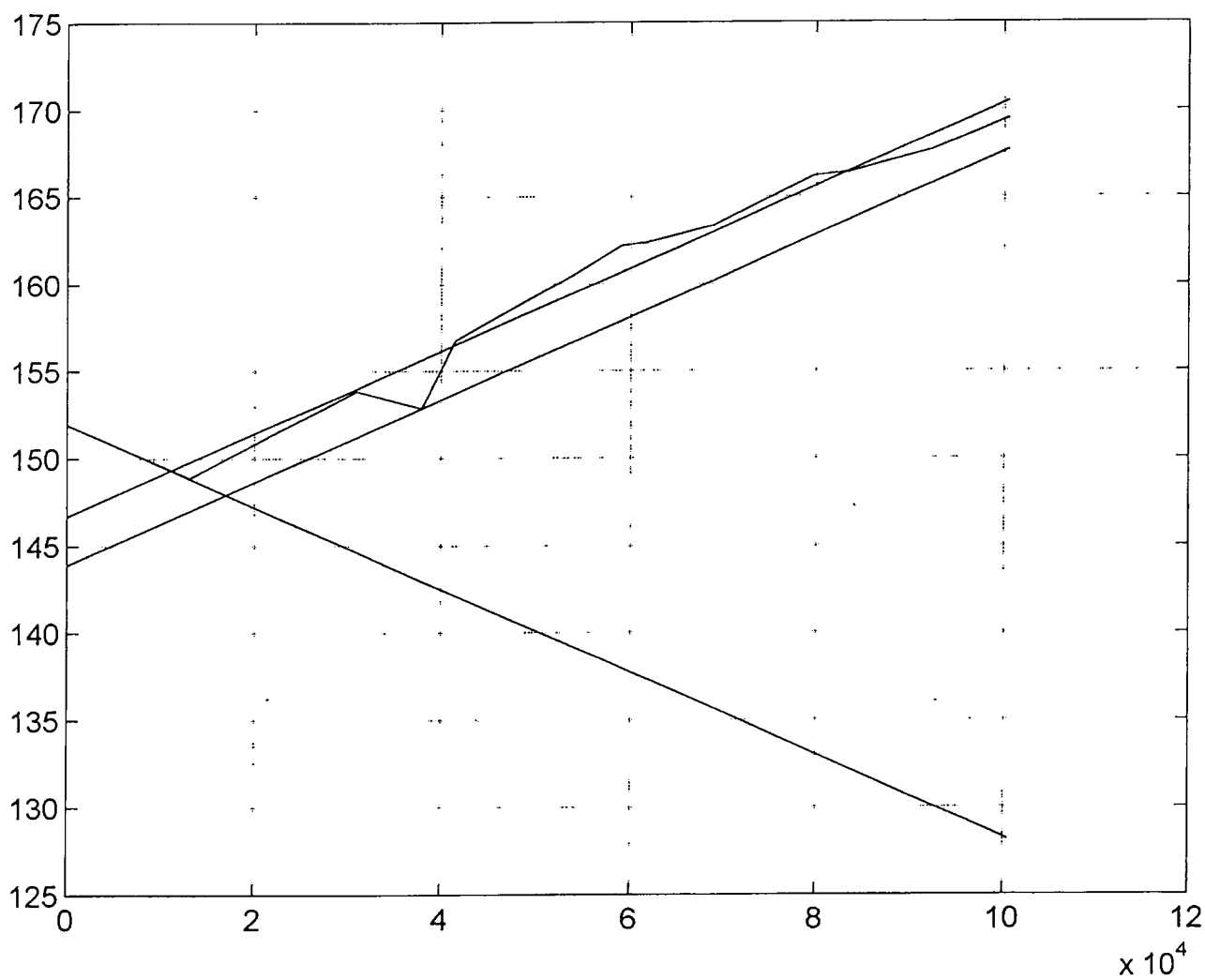
11.127.1

dl4

$z = 15$

17.0289

metoda 2



14

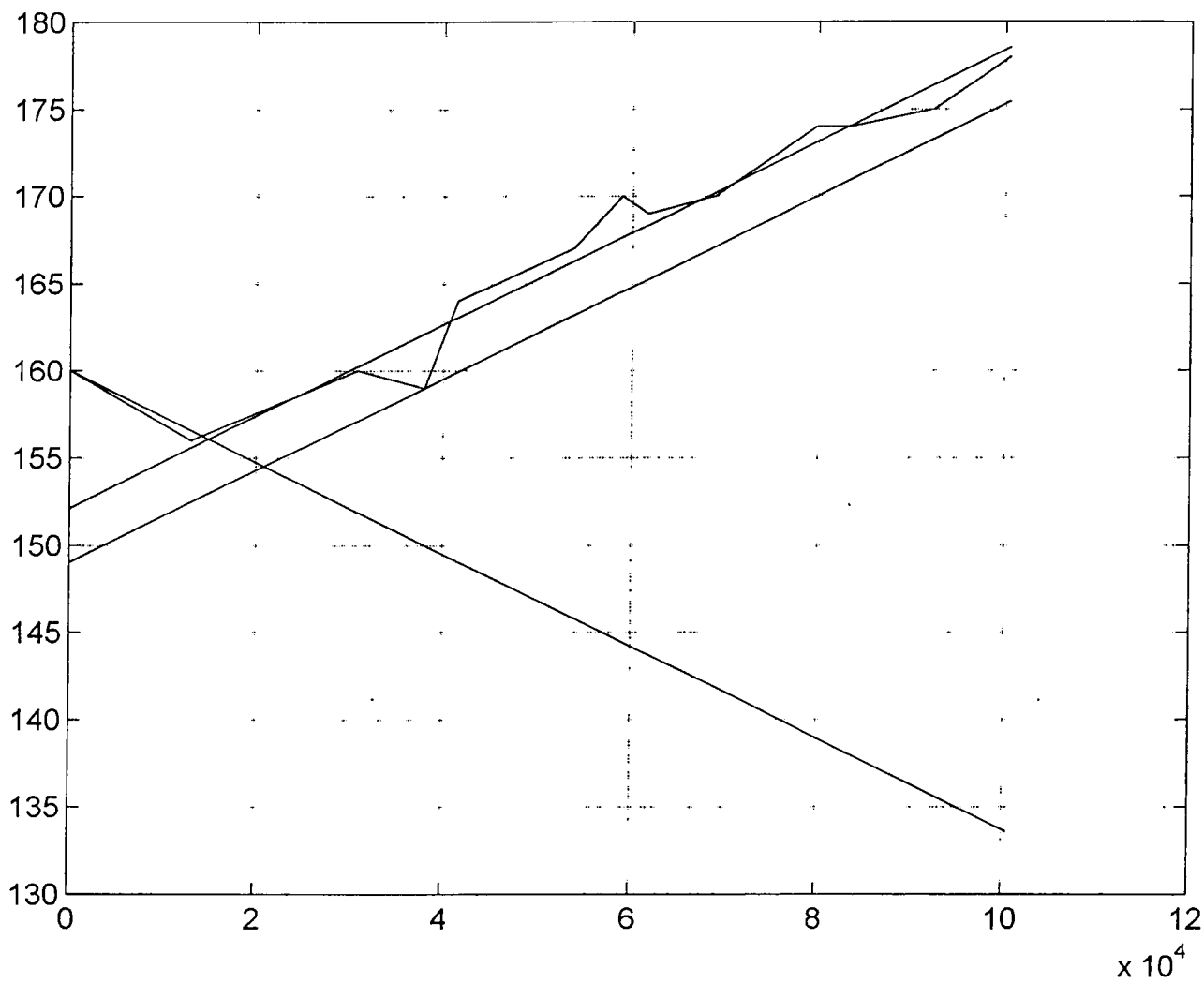
$n = 50$

14.9667

20.9029

2.67

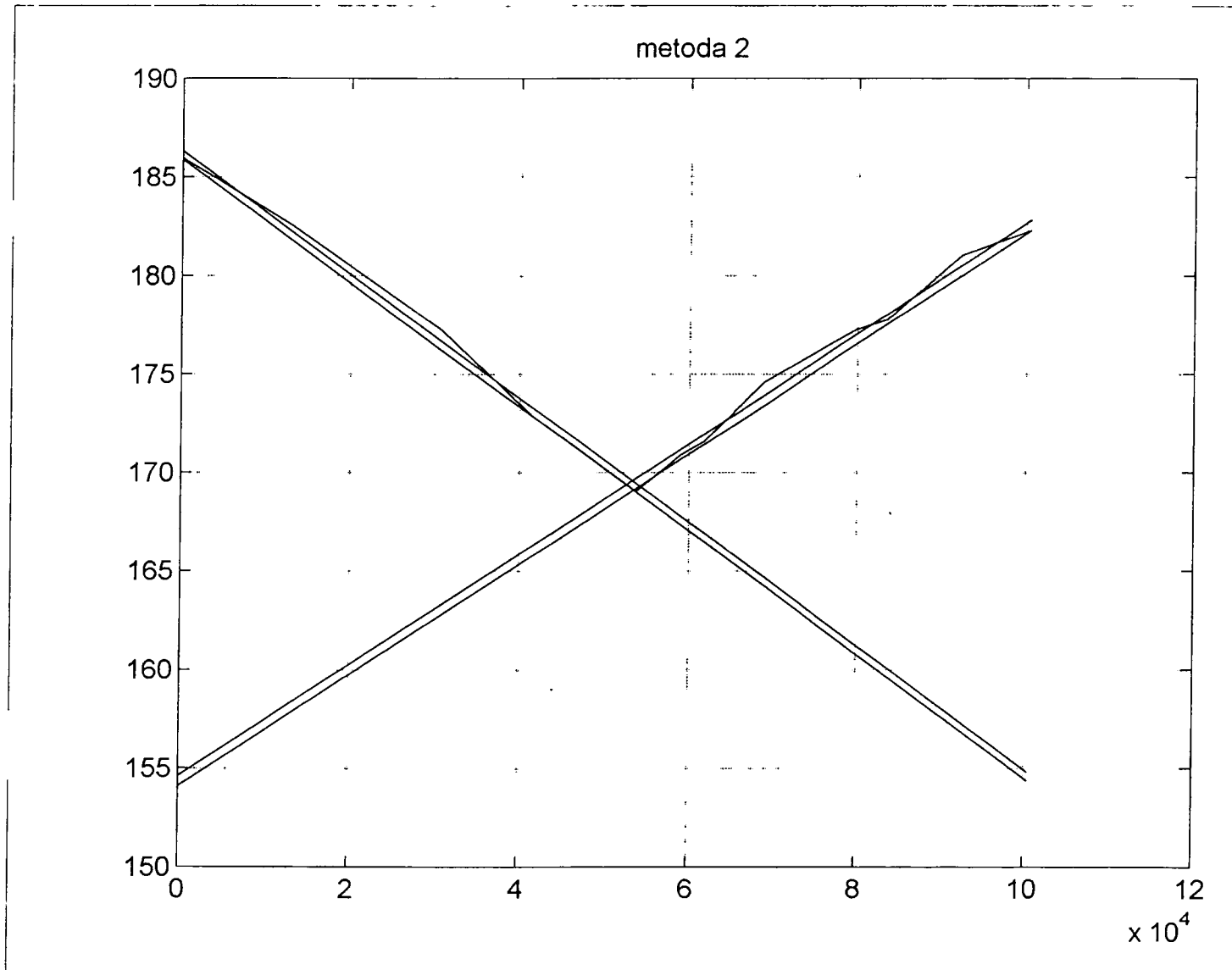
metoda 1



$n=40$   
 $q_2=16$

93.376  
93.4948

102

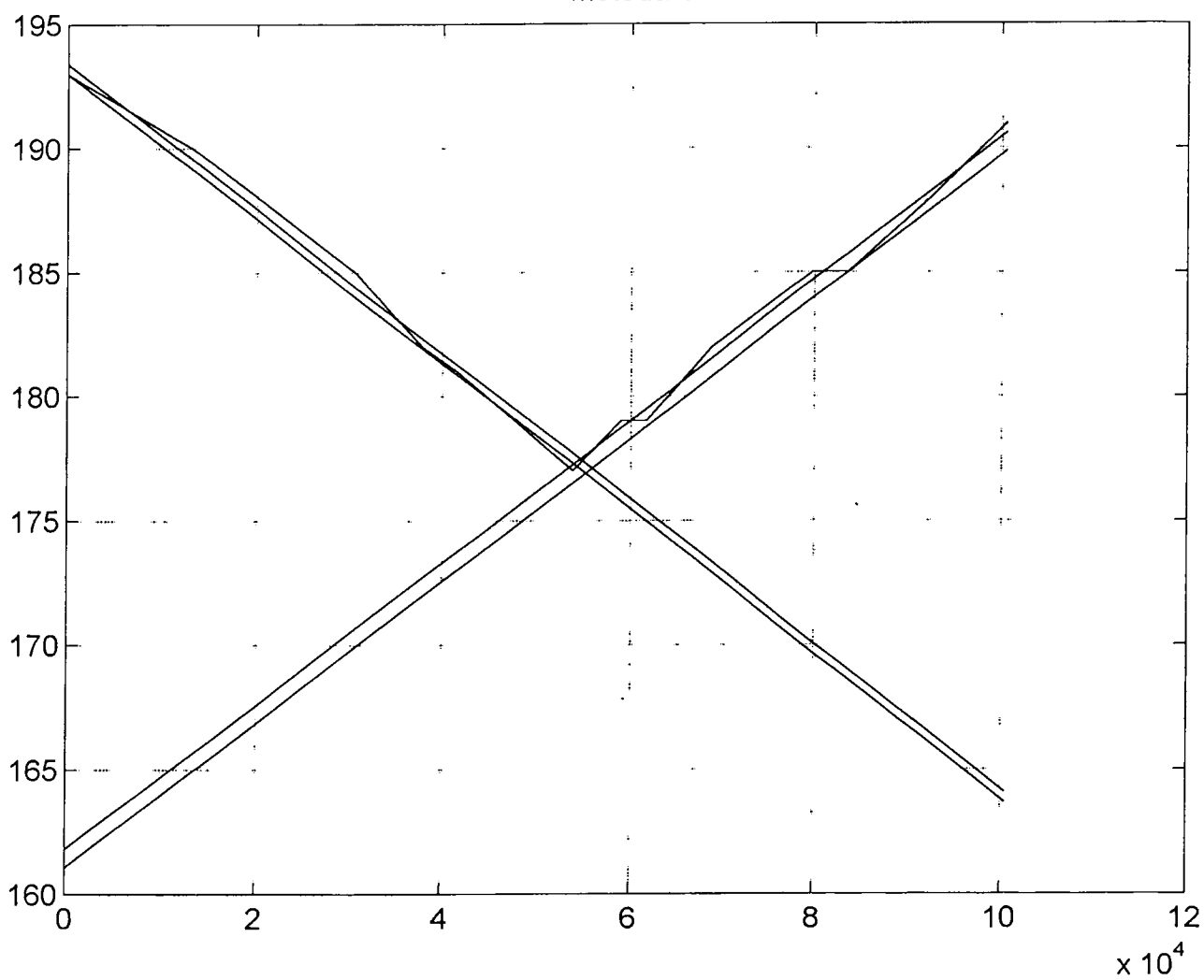




n=4  
5.1 6.418  
55.2027

dcz

metoda 1

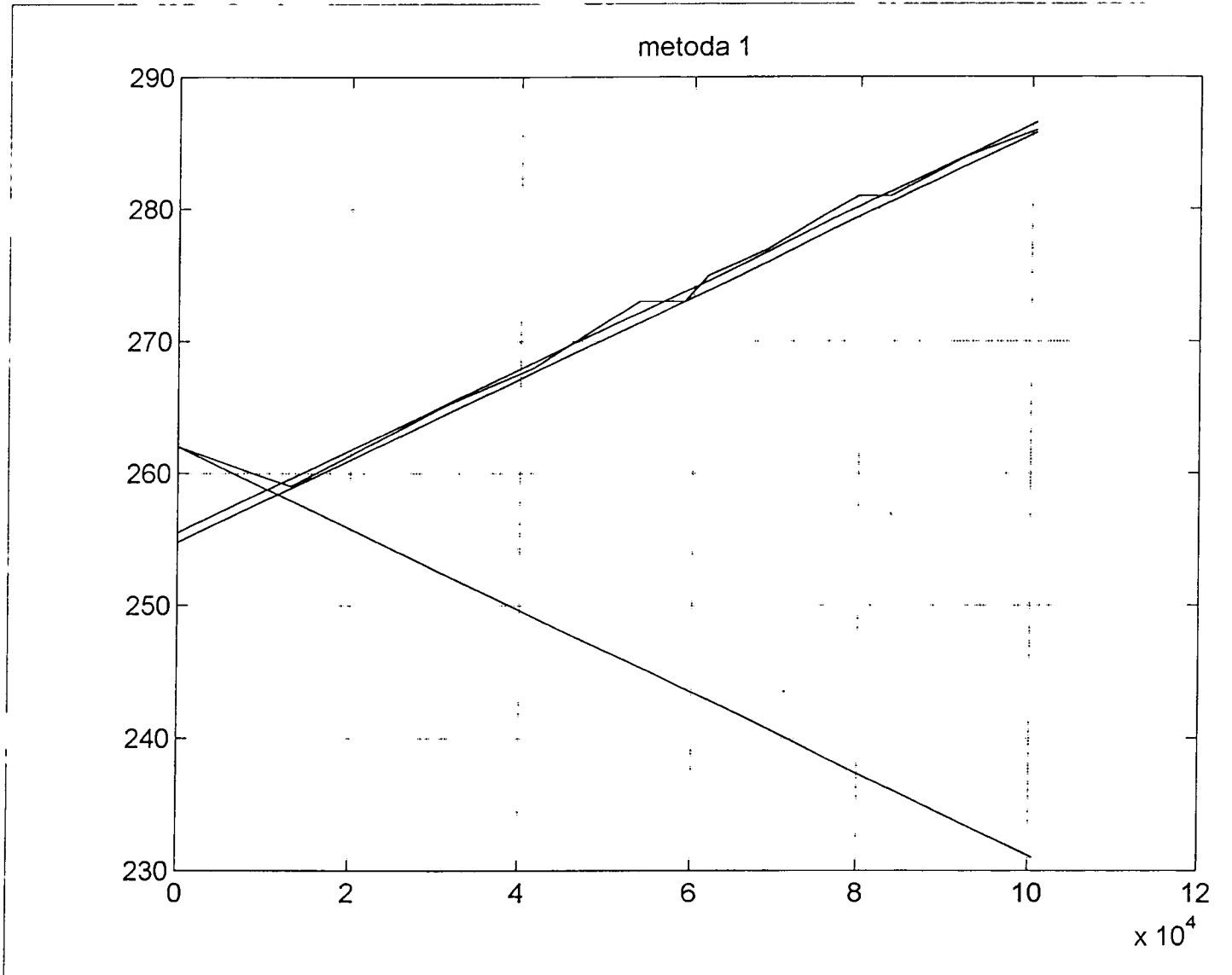


17

$n=40$

7.1487  
1.1 6633

013

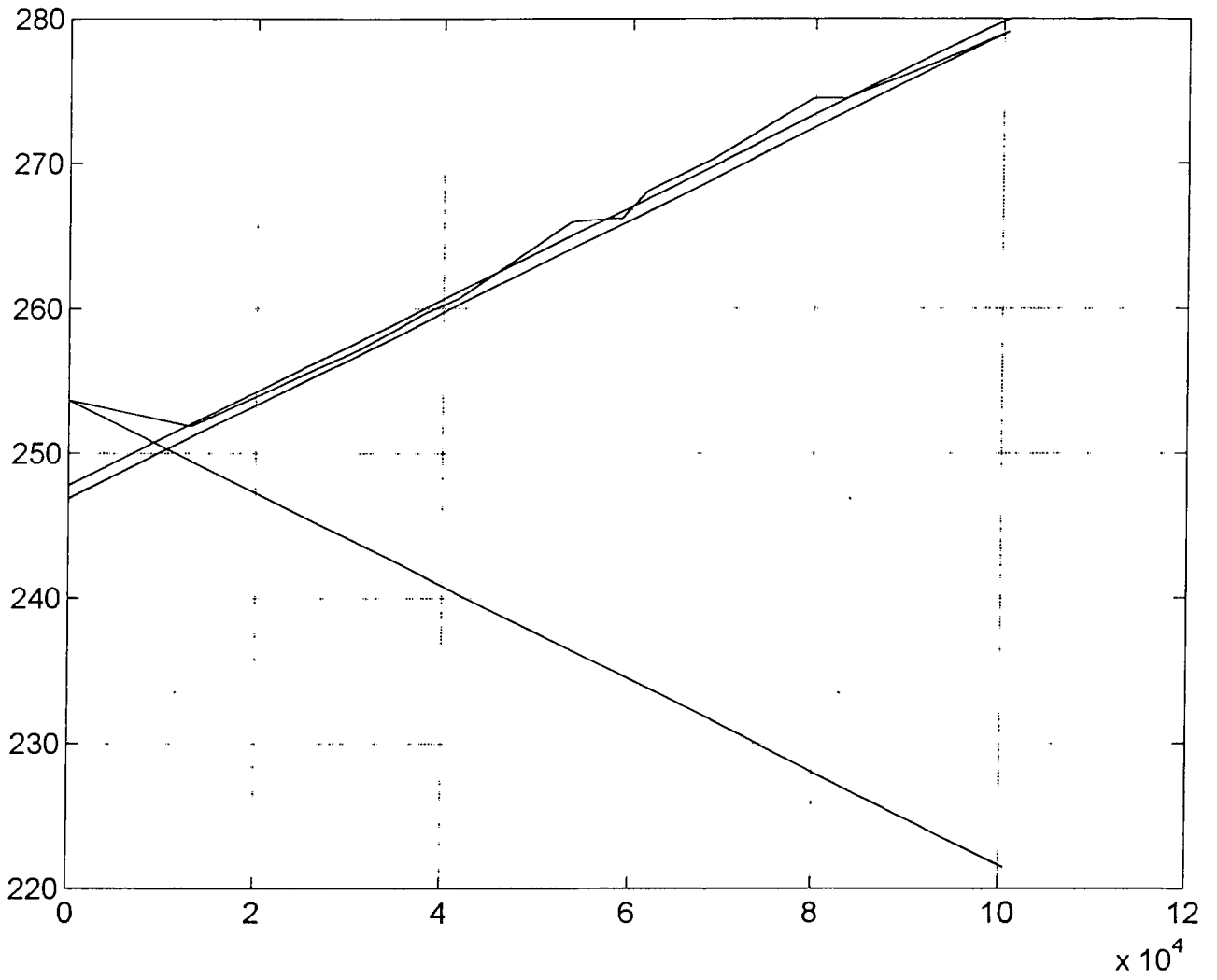


$n = 46$   
 $n_2 = 16$

9.2051  
10.6166

197

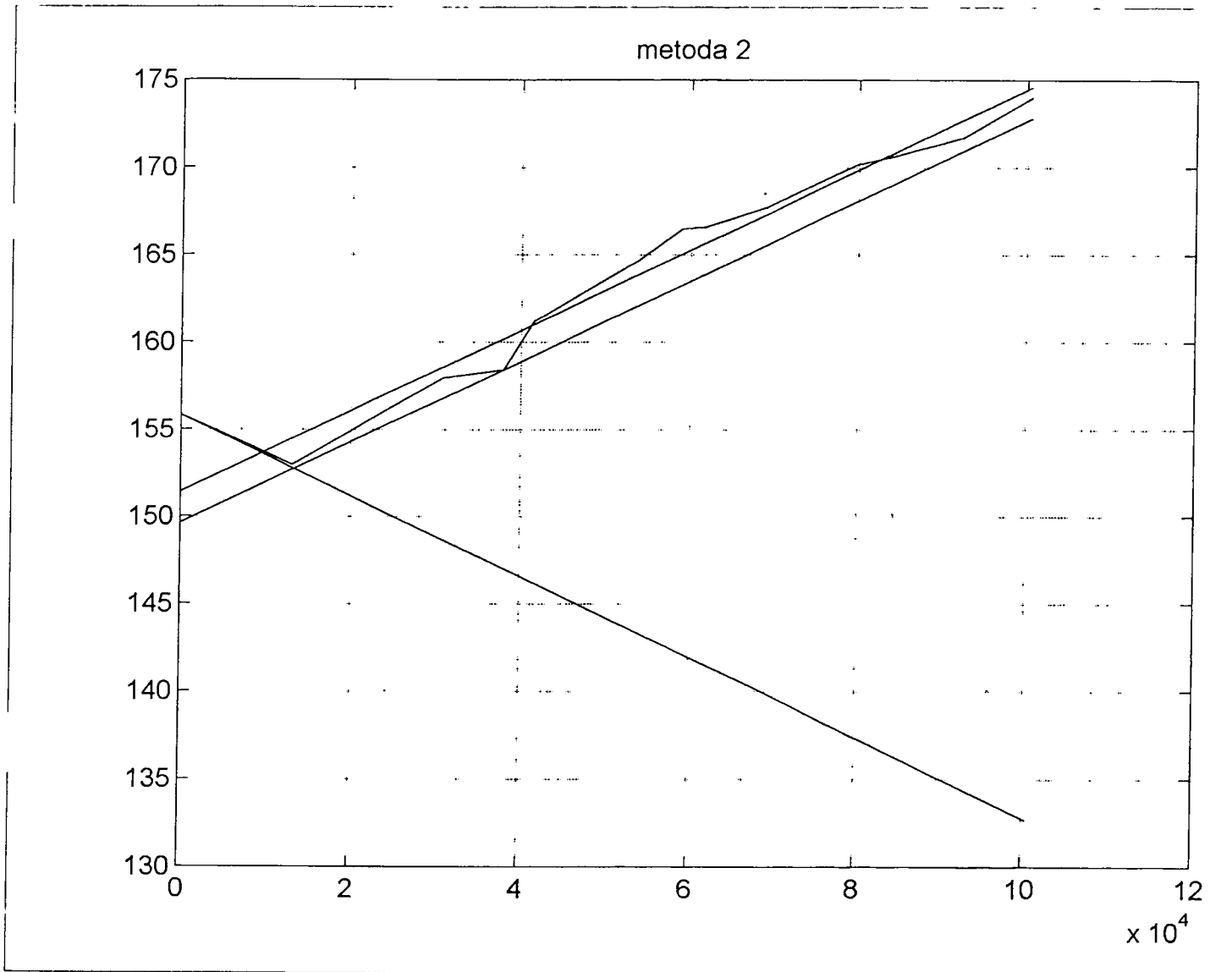
metoda 2



$n = 4$   
 $k_2 = 16$

9.4947  
13.3566

2.14

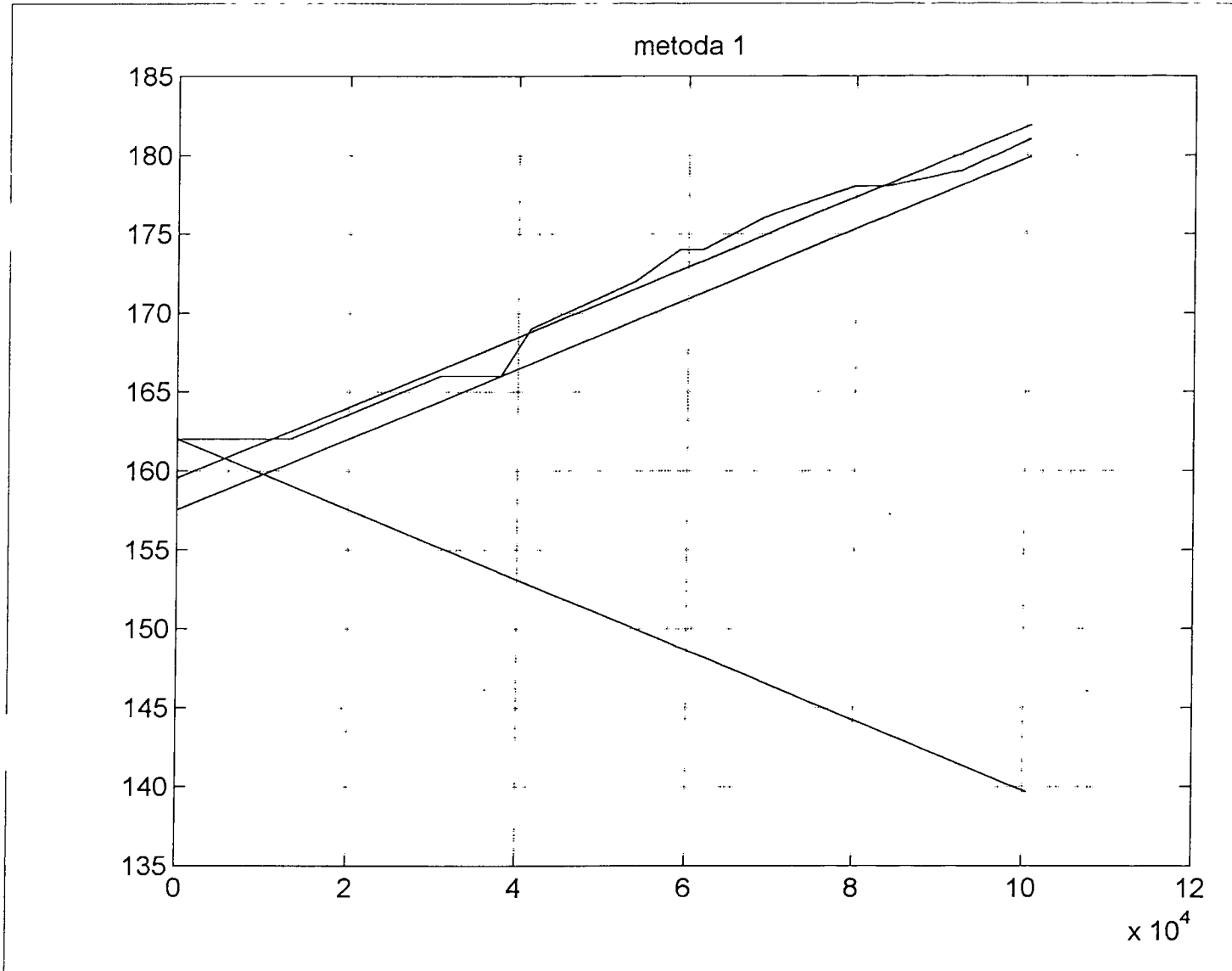


n=10

5.4626

9.9975

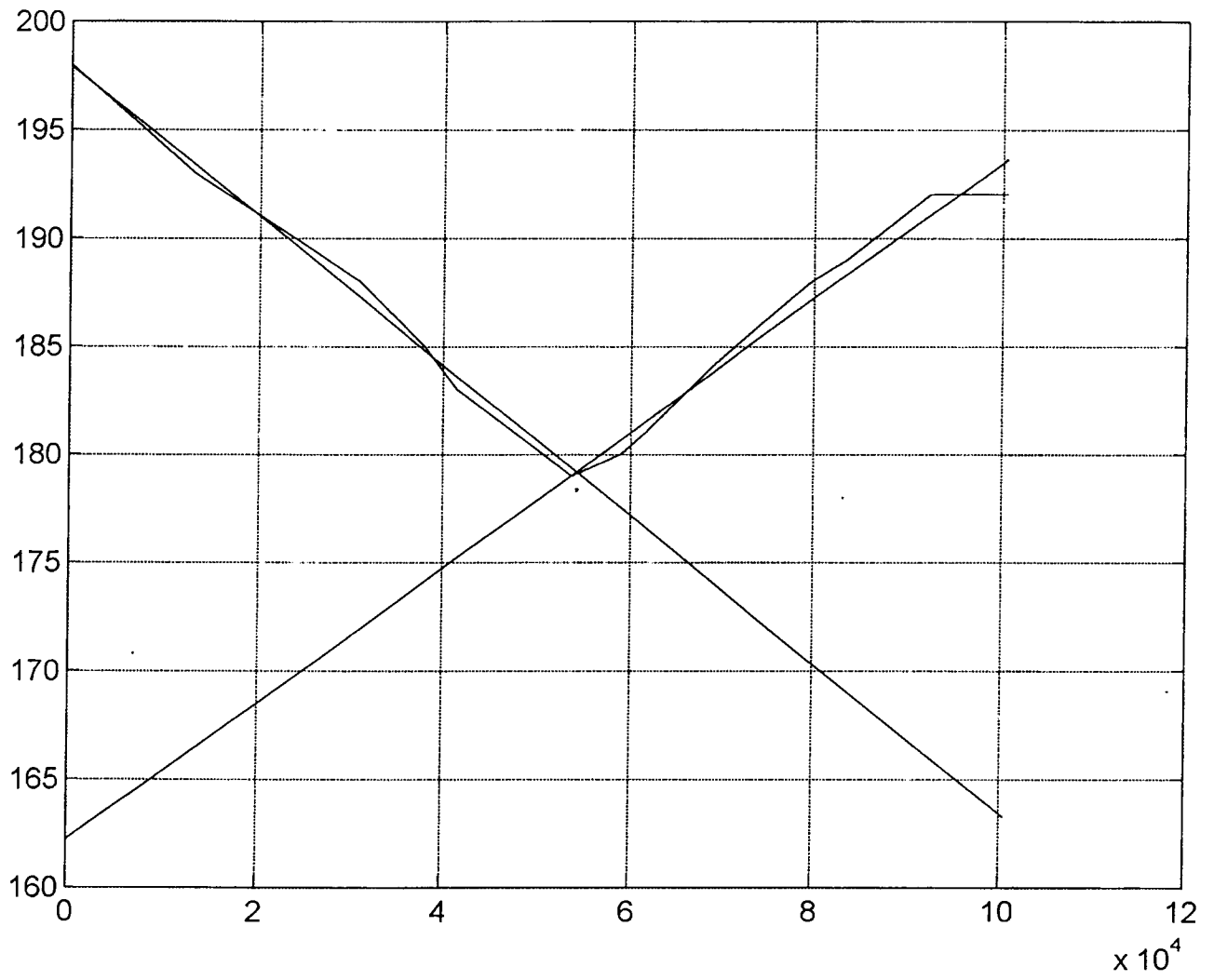
104



11.5 E = 3.163 u = 3.1

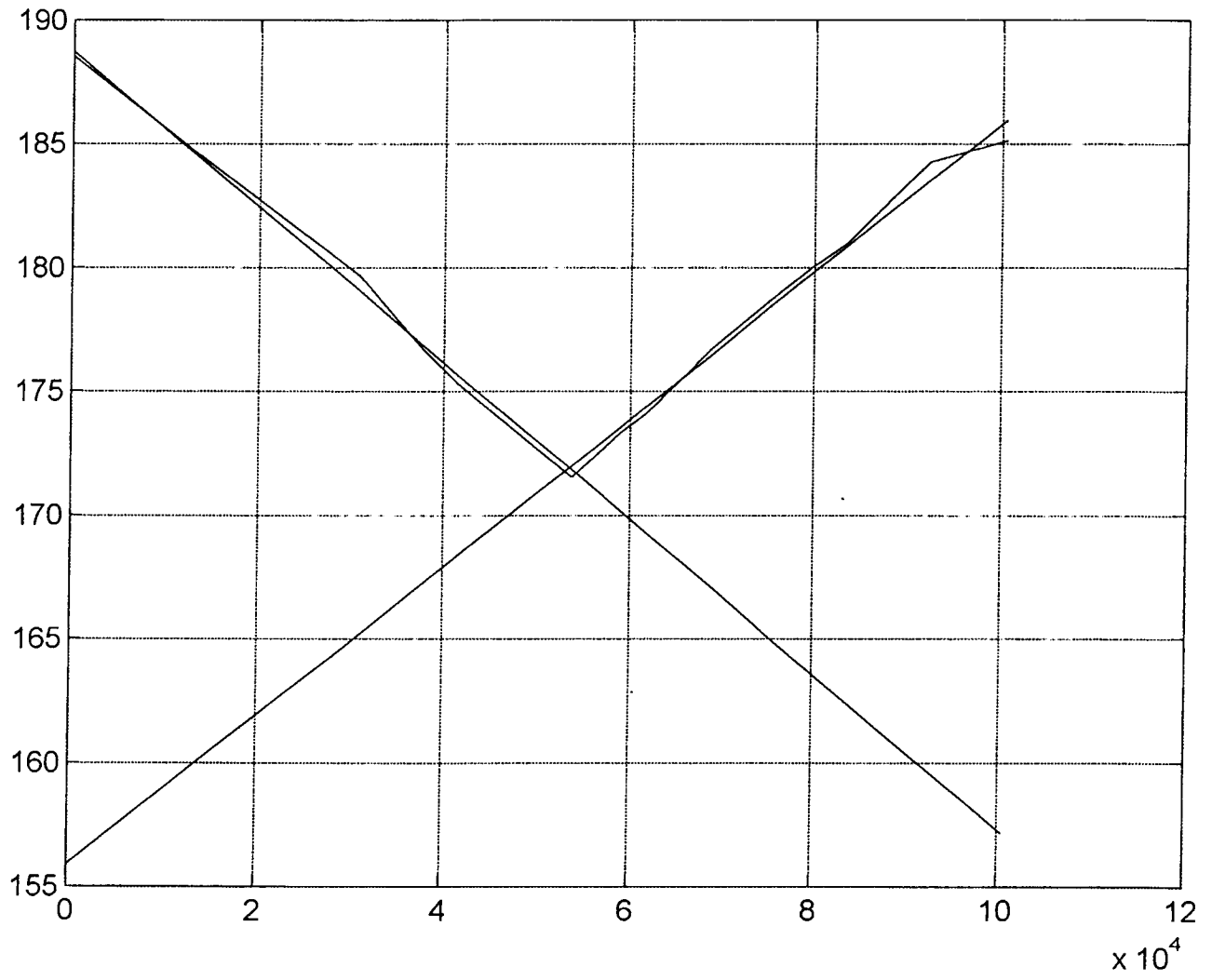
- 7

metoda 1



1.10 7.7. 1977 11=3 21.2 18

metoda 2

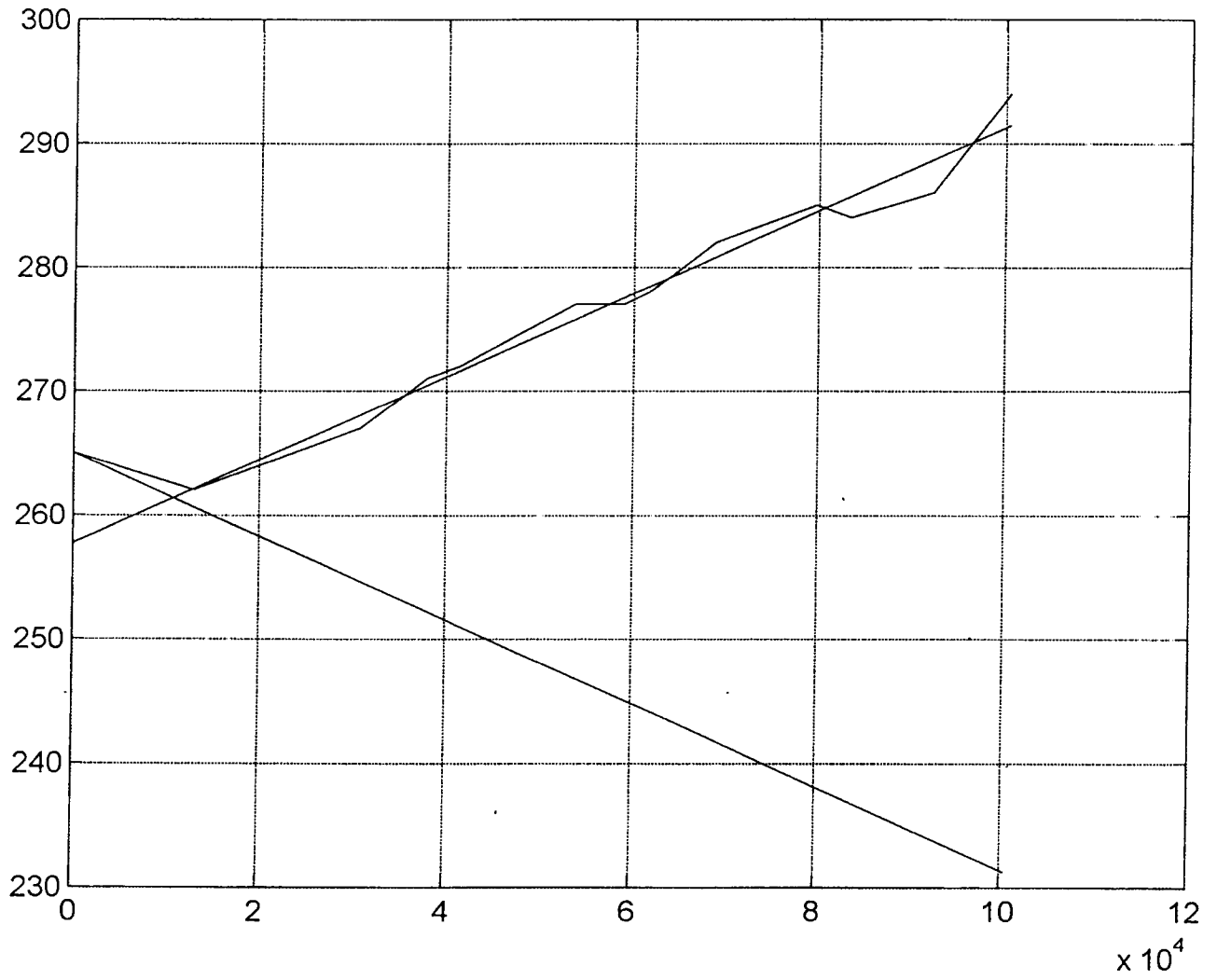


dl 3

12 8941

n = 30

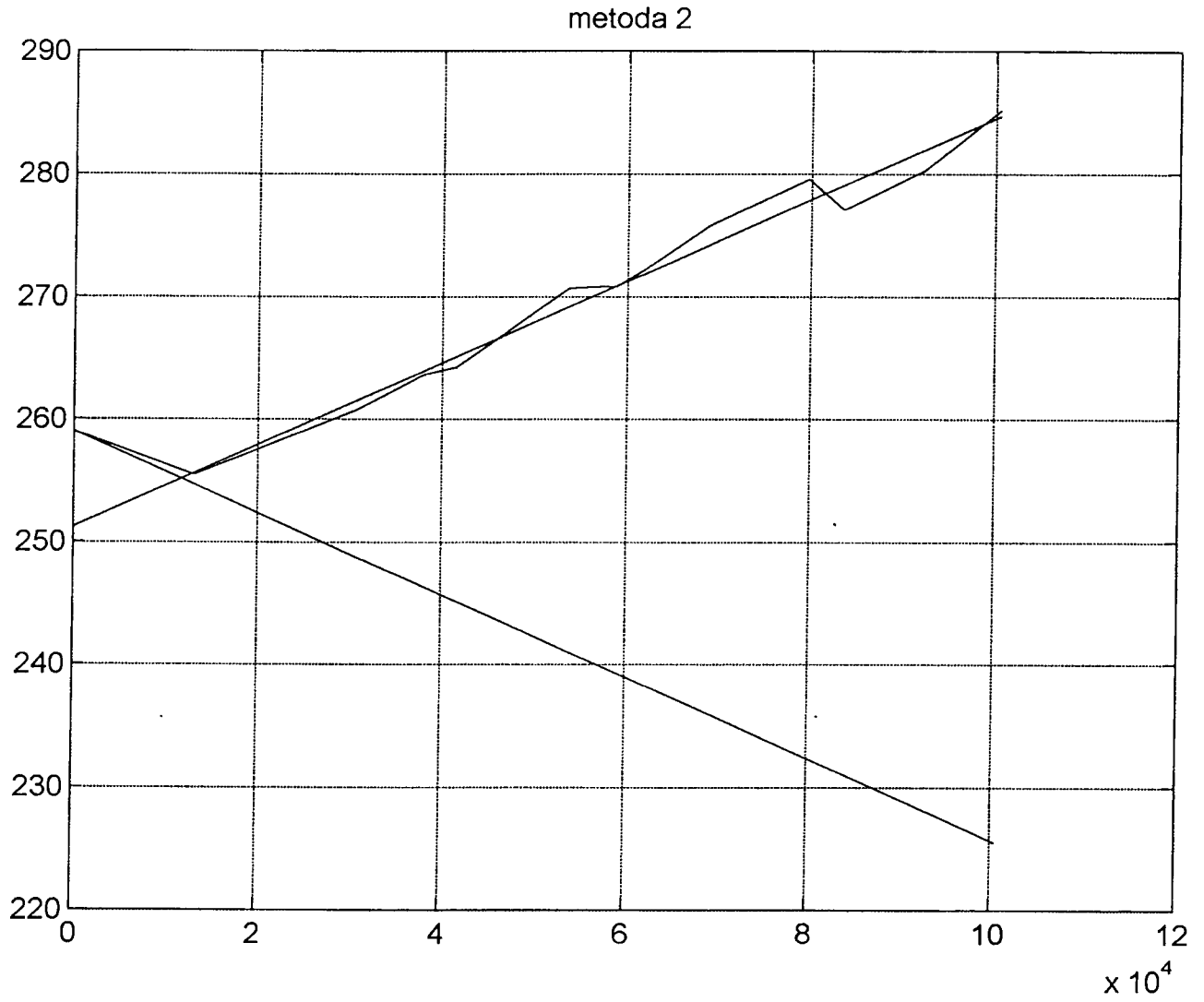
metoda 1



241

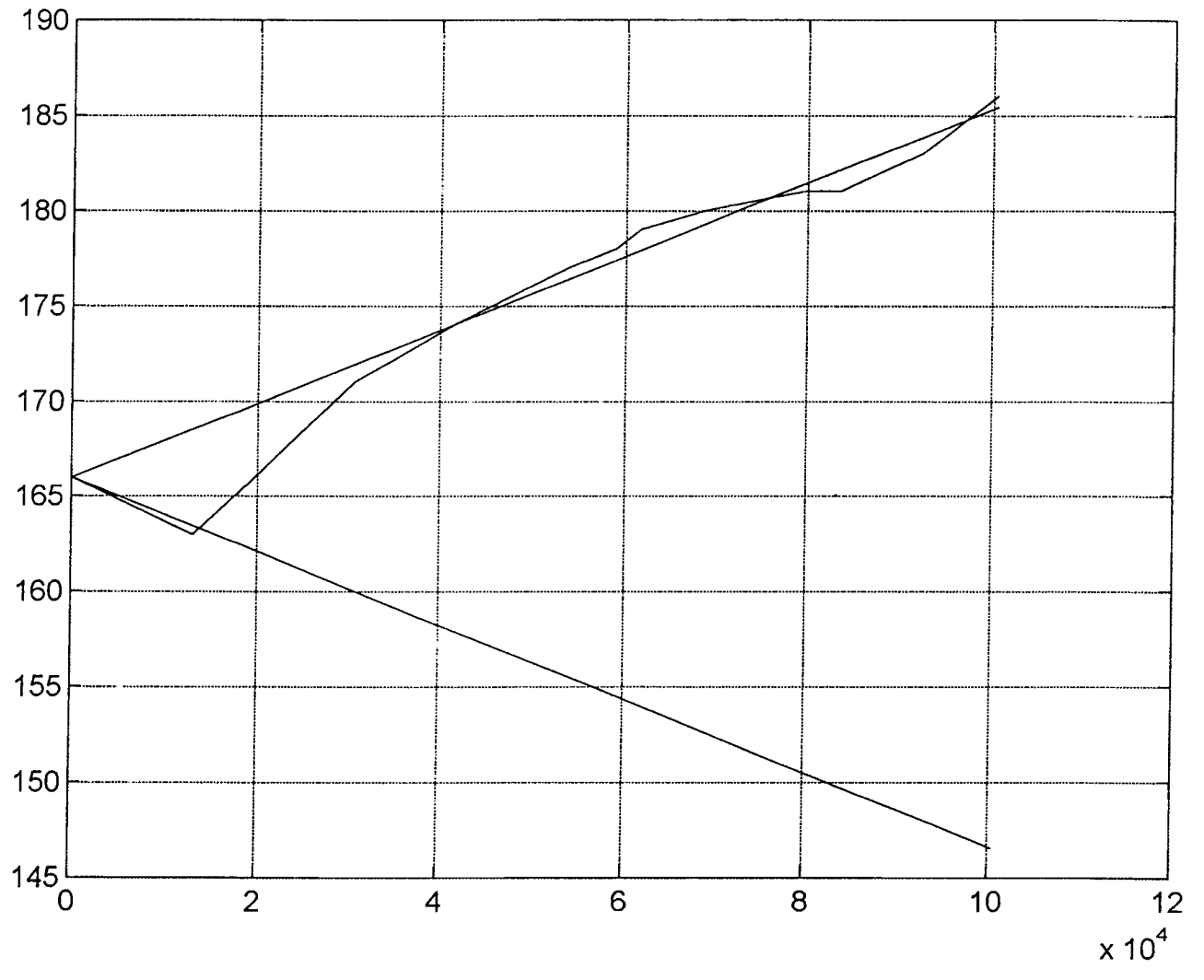


d03 11 7 3,83 u = 31 n2 = ~~15~~ 16



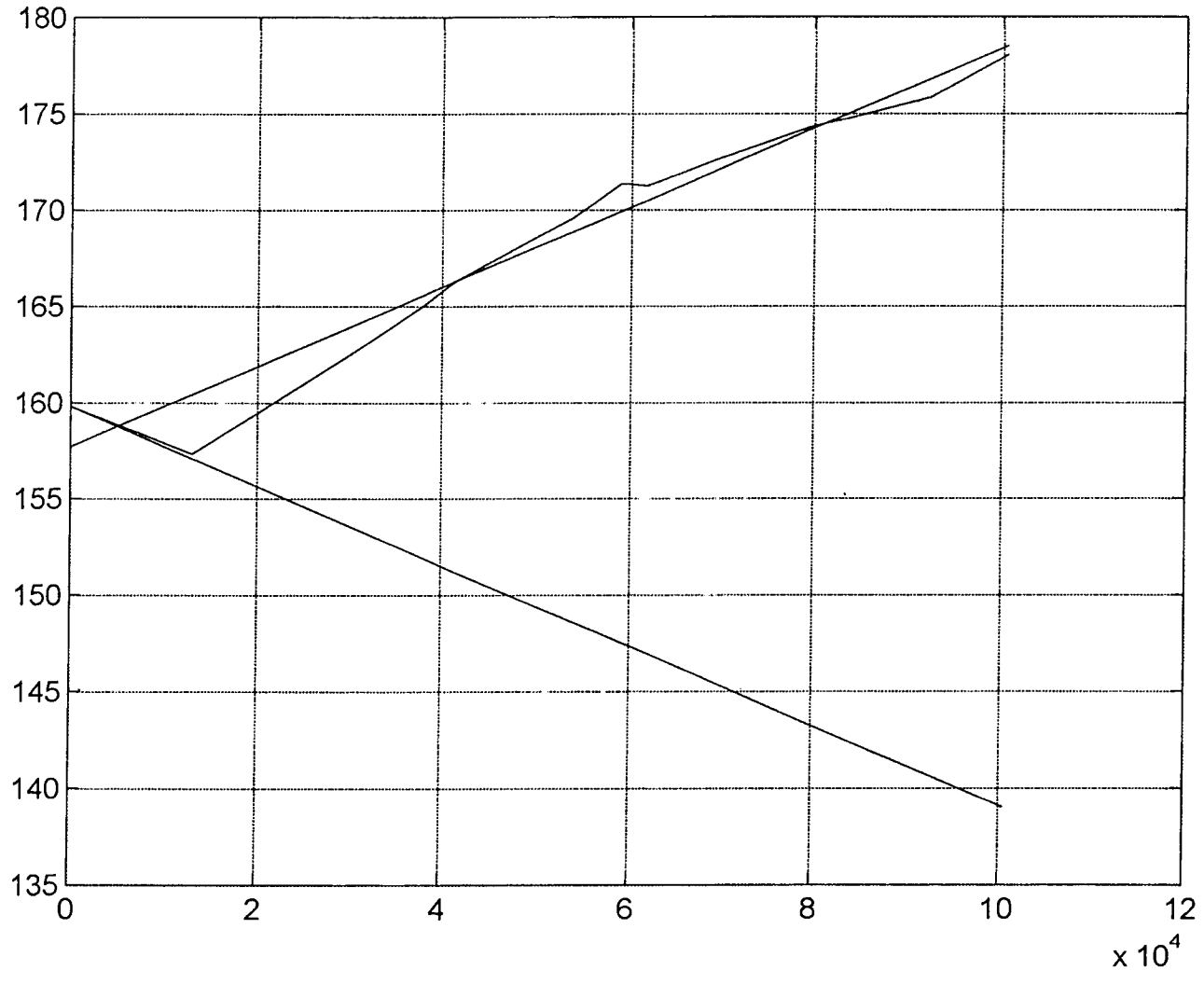
d : 1 : 10 11 : 20

metoda 1



1 1 5 5 3 11 3' 42 = 16

metoda 2



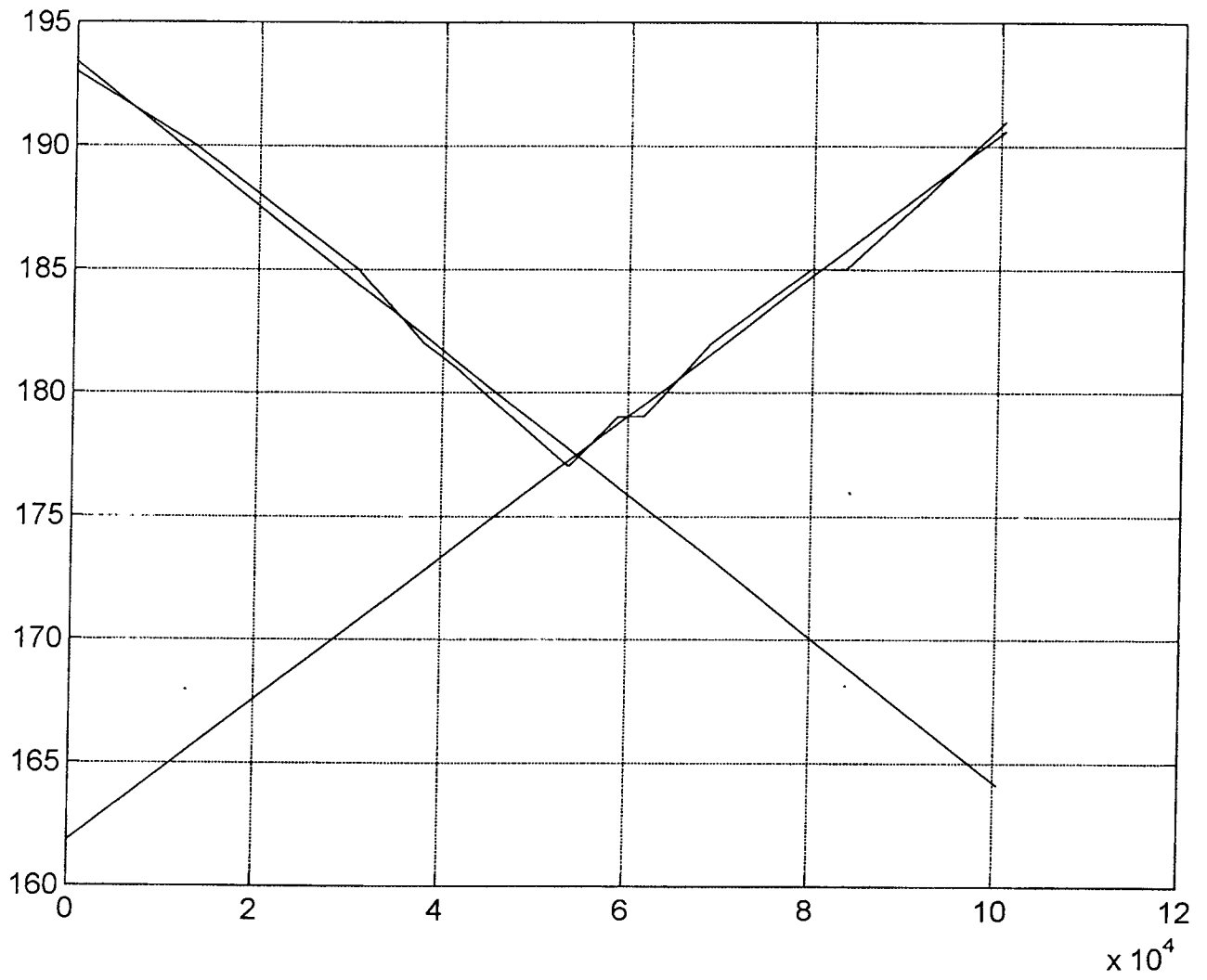
27

202

54,6977

$n = 40$

metoda 1

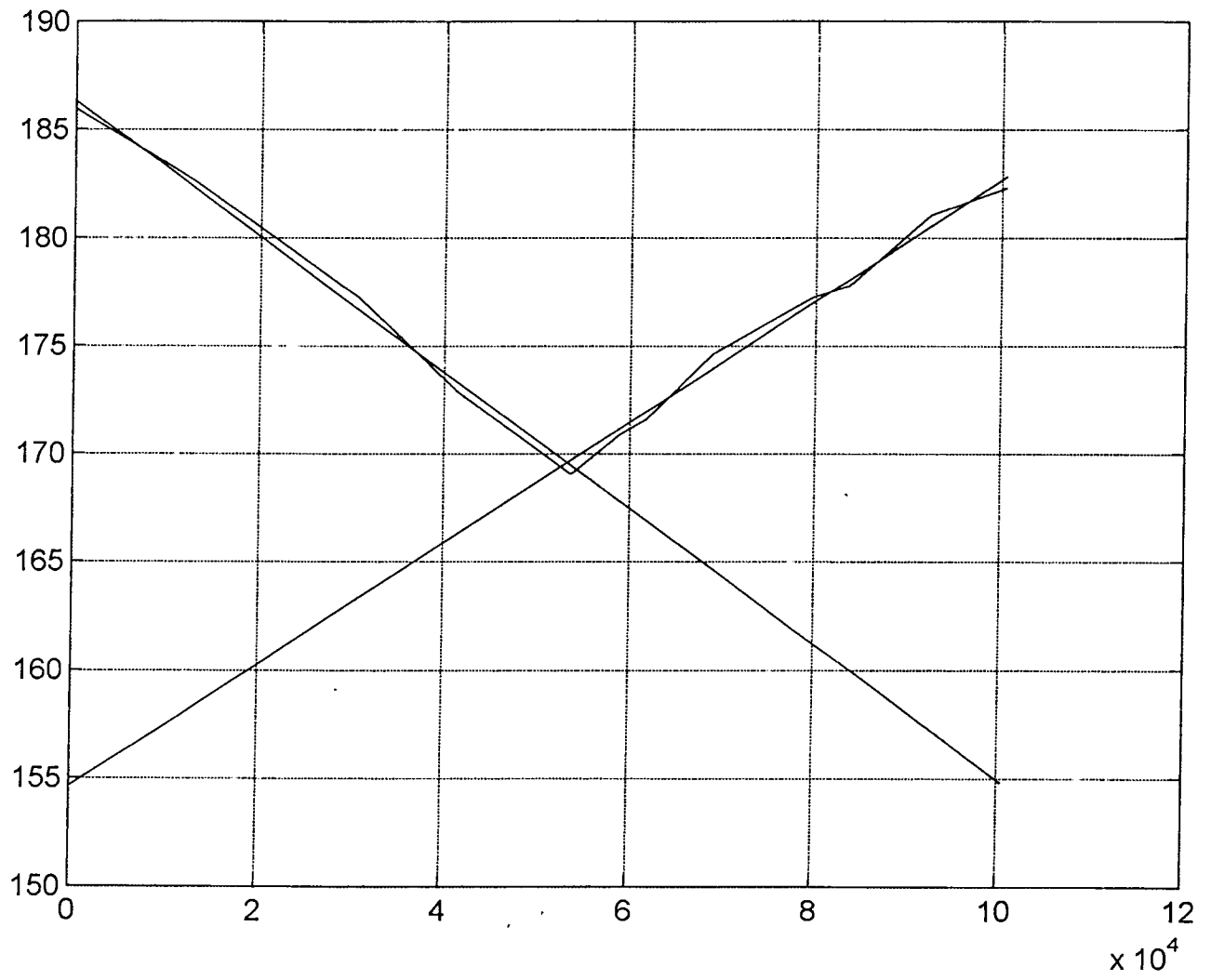


000

53, 376

$n = 11$   $m_2 = 16$

metoda 2

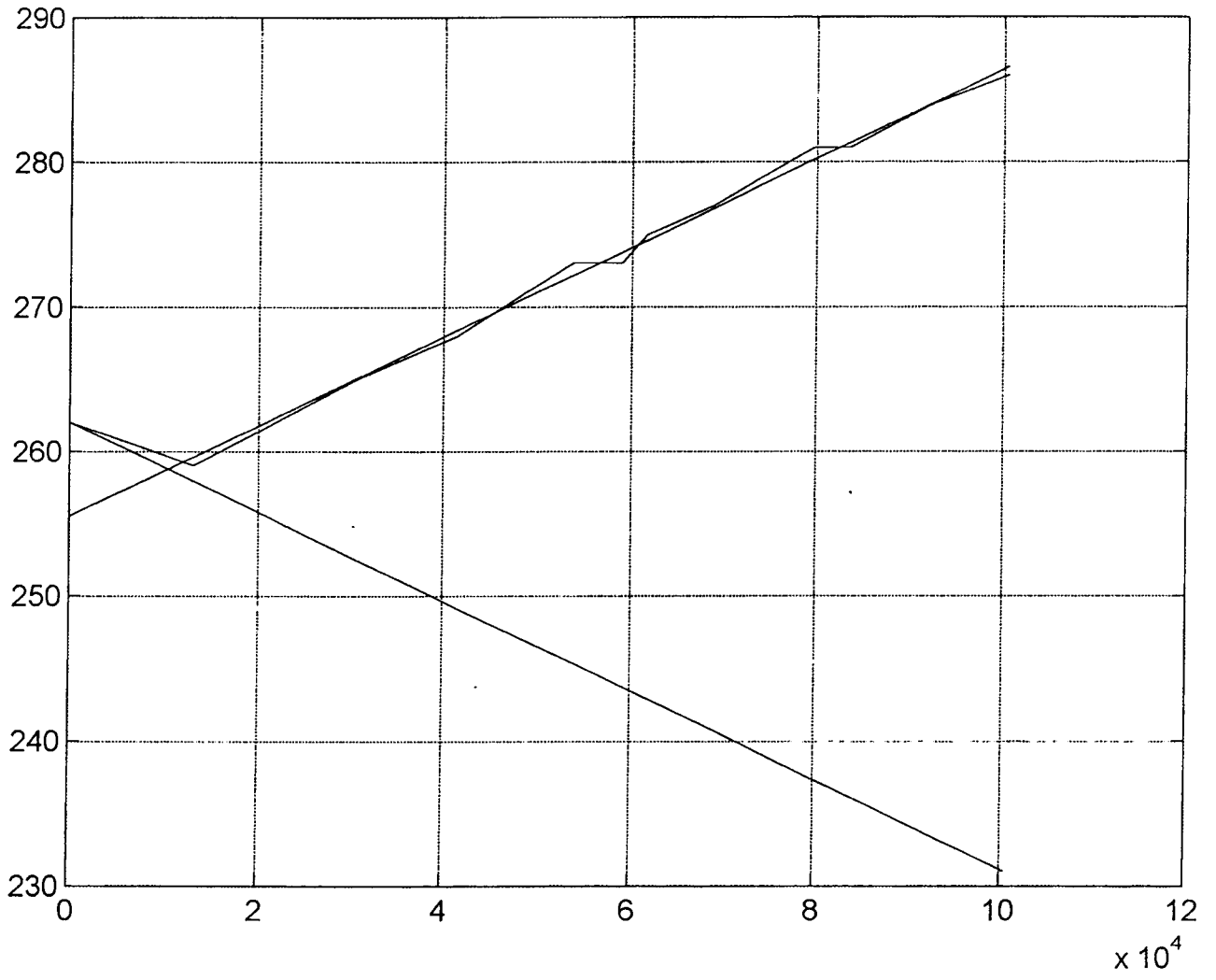


10.7

10.9989

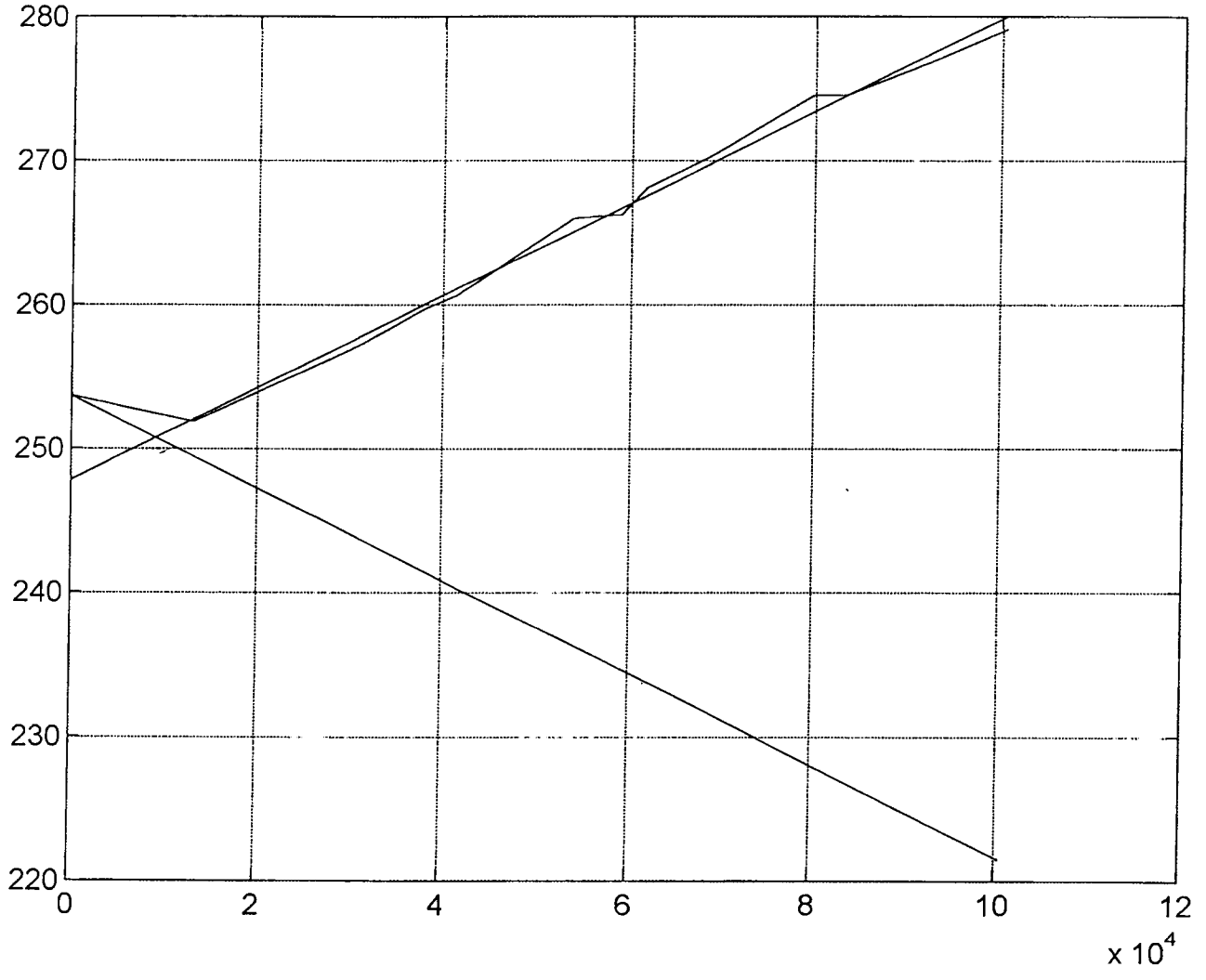
7-10

m. 1



1 3 3 151 11 = 10 113 = 16

metoda 2



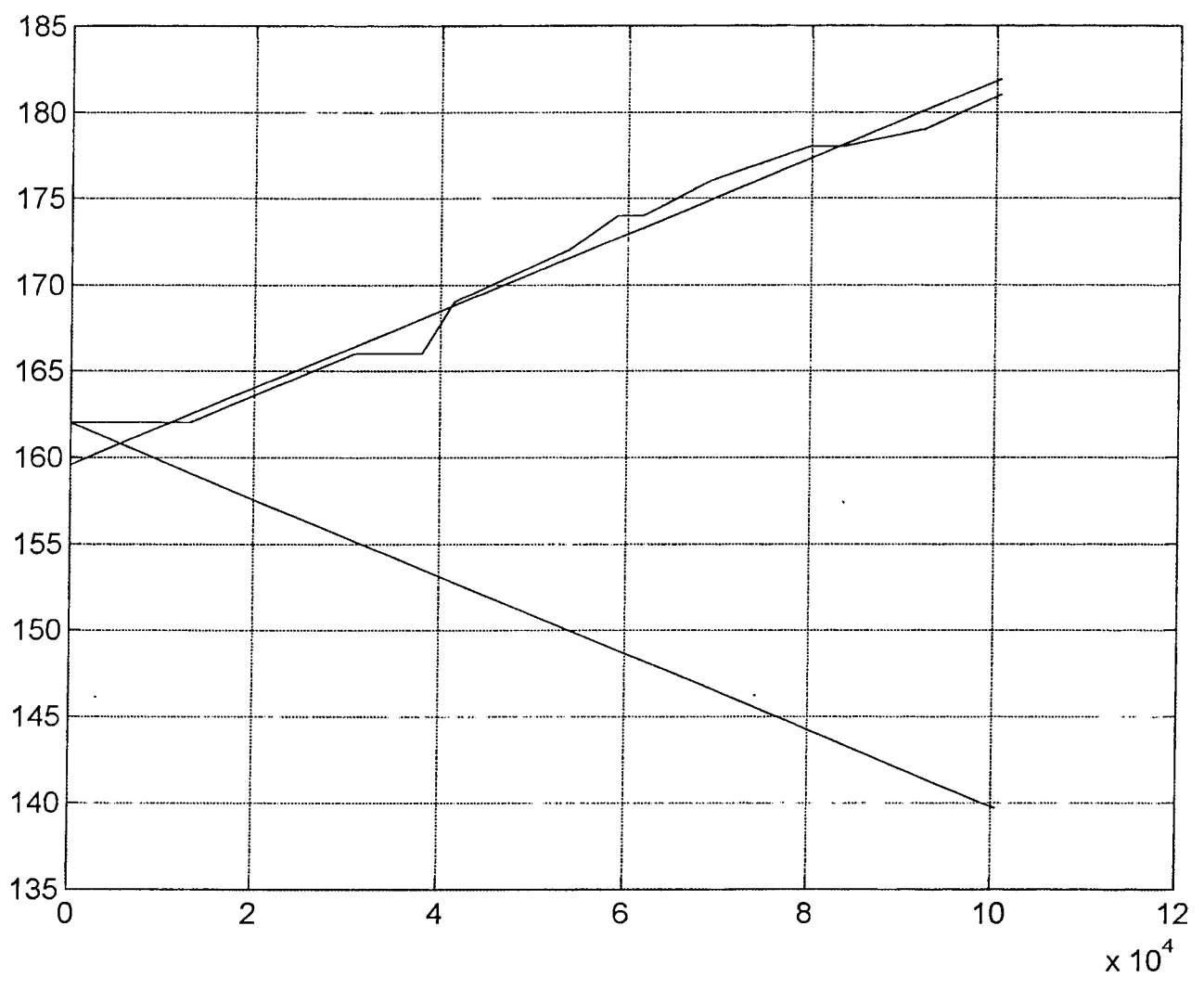
d.4

1.1.11.11

1.11

2.7 = 1.6

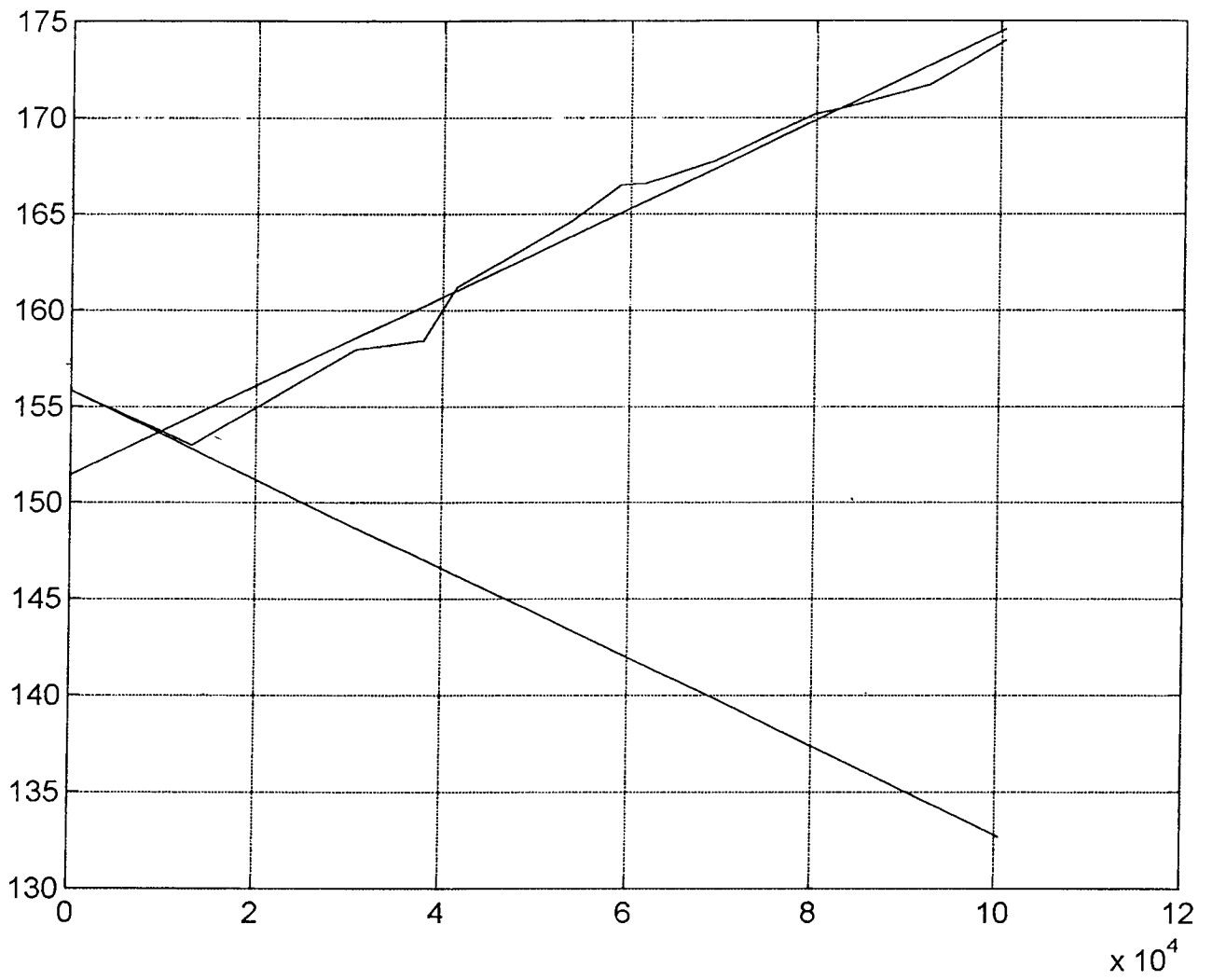
cm 1





201 3.7797 ... 2 = 16

metoda 2



```

clear all
% rozklad polozenia stacji zasuw
l_xy(1)=0;
l_xy(2)=13121;
l_xy(3)=30844;
l_xy(4)=38000;
l_xy(5)=41600;
l_xy(6)=53800;
%l_xy(7)=55000;           % tej stacji nie ma !!!!!!!!!!!
l_xy(7)=59000;
l_xy(8)=61700;
l_xy(9)=68800;
l_xy(10)=79800;
l_xy(11)=83500;
l_xy(12)=92300;
l_xy(13)=100500;
l_xy(14)=108500;         %ten pomiar zly
l_xy(15)=113400;
l_xy(16)=124800;
% dane
load d02;
n=30
D=size (st_akt)
P=size (p_st)
for l=1 : D(2),
x(l)=l_xy(st_akt(l));   % połozenie czujników
end
% obliczenie sr
for ii=1 : P(1)-60,
for jj=1 : P(2)-2,
stp=0;
st=0;
sp=0;
stt=0;
for kk=0 :n-1 ,
stp=stp+(ii+kk)*3*p_st(ii+kk,jj);
st=st+(ii+kk)*3;
sp=sp+p_st(ii+kk,jj);
stt=stt+9*(ii+kk)*(ii+kk);
b(ii,jj)=(n*stp-st*sp)/(n*stt-st*st);
end
end
end
figure(3)
plot(b)
TITLE('ciśnienie')
grid on

```

```

smx=smx+(m(jj)*x(jj));
sx =sx +x(jj) ;
sxx=sxx+(x(jj)*x(jj));
sm =sm +m(jj) ;
end
b1=(L*smx-sx*sm)/(L*sxx-sx*sx);
a1=(sm-sx*b1)/L;
smx=0;
sx=0;
sxx=0;
sm=0;
L=P(2)-2-mn;
for jj=mn+1 : P(2)-2,
    smx=smx+(m(jj)*x(jj));
    sx =sx +x(jj) ;
    sxx=sxx+(x(jj)*x(jj));
    sm =sm +m(jj) ;
end
b2=(L*smx-sx*sm)/(L*sxx-sx*sx);
a2=(sm-sx*b2)/L;
% display(' wynik w kilometrach ')
wynik=(a2-a1)/(1000*(b1-b2))

m(2,1:13)=a1+b1*x(1:13);
figure(2)
%plot(x(1:13),m(2,1:13))
m(3,1:13)=a2+b2*x(1:13);
plot(x(1:13),m(:,1:13))
title('wynik')
grid on
end

```

```

clear m
for jj=1 : P(2)-2,
    ii=1;
    minimum(jj)=min(b(:,jj));
    while b(ii,jj) ~= minimum(jj) ,
        ii=ii+1;
    end
    m(jj)=ii;
end

%figure(2)
%plot(x(1:13),m(1:13))
%grid on
jj=1 ;
while minimum(jj) ~=min(minimum)
    jj=jj+1;
end
mn=jj;

if mn<3
    smx=0;
    sx=0;
    sxx=0;
    sm=0;
    L=P(2)-2-mn;
    for jj=mn+1 : P(2)-2,
        smx=smx+(m(jj)*x(jj));
        sx =sx +x(jj) ;
        sxx=sxx+(x(jj)*x(jj));
        sm =sm +m(jj) ;
    end
    b1=(L*smx-sx*sm)/(L*sxx-sx*sx);
    a1=(sm-sx*b1)/L;
    a2=m(1)+x(1)*b1;
    wynik=(a2-a1)/(2000*b1)

m(2,1:13)=a1+b1*x(1:13);
figure(2)
%plot(x(1:13),m(2,1:13))
m(3,1:13)=a2-b1*x(1:13);
plot(x(1:13),m(:,1:13))
title('wynik')
grid on
else
    smx=0;
    sx=0;
    sxx=0;
    sm=0;
    L=mn-1;
    for jj=1 : mn-1,

```

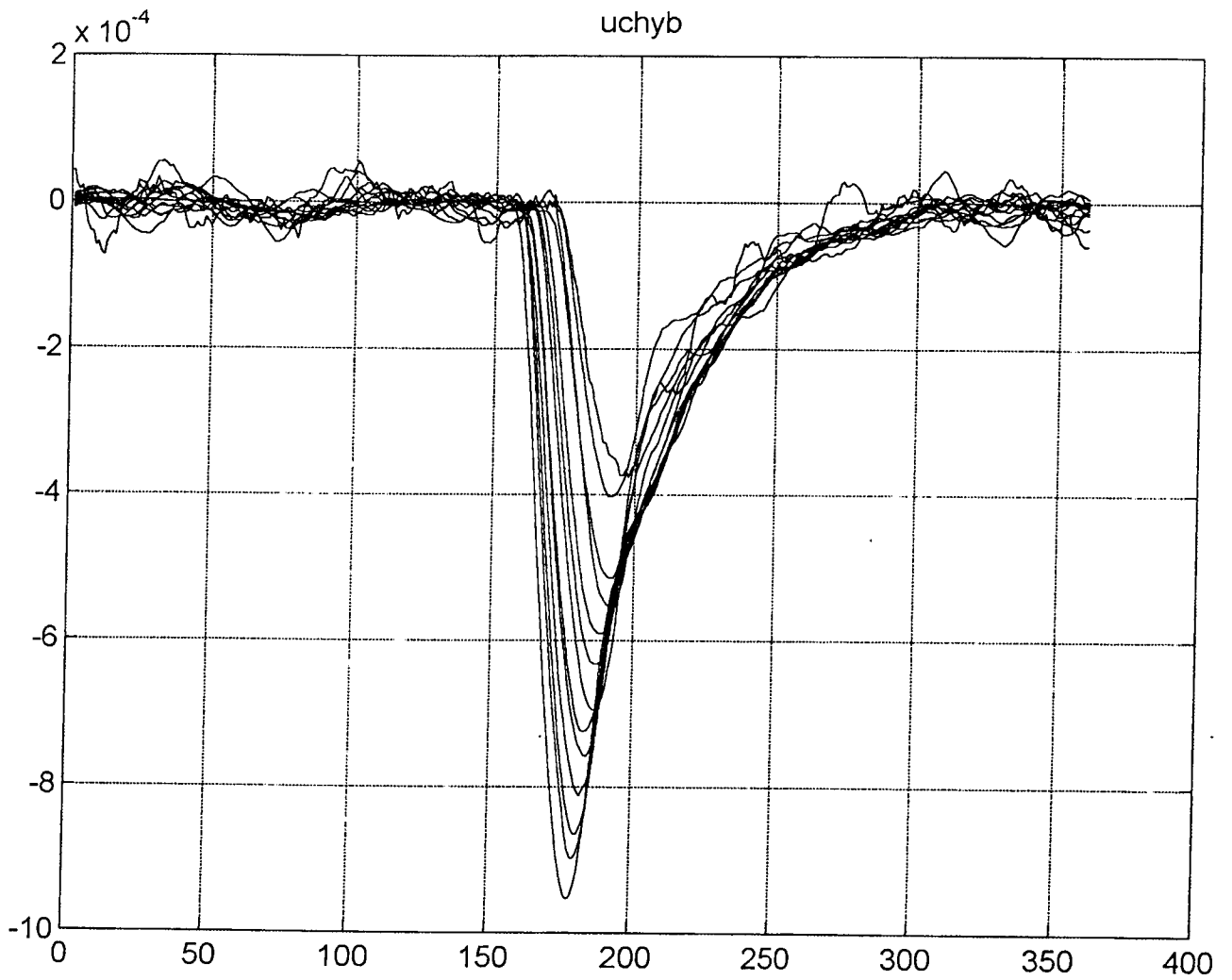
```
for jj=1 : P(2)-2,
stp=0;
st=0;
sp=0;
stt=0;
for kk=0 :n-1 ,
stp=stp+(ii+kk)*3*(p_st(ii+kk,jj)-sr(jj));
st=st+(ii+kk)*3;
sp=sp+p_st(ii+kk,jj)-sr(jj);
stt=stt+9*(ii+kk)*(ii+kk);
b(ii,jj)=(n*stp-st*sp)/(n*stt-st*st);
end
end
end
figure(1)
plot(b)
TITLE('uchyb')
grid on
```

```

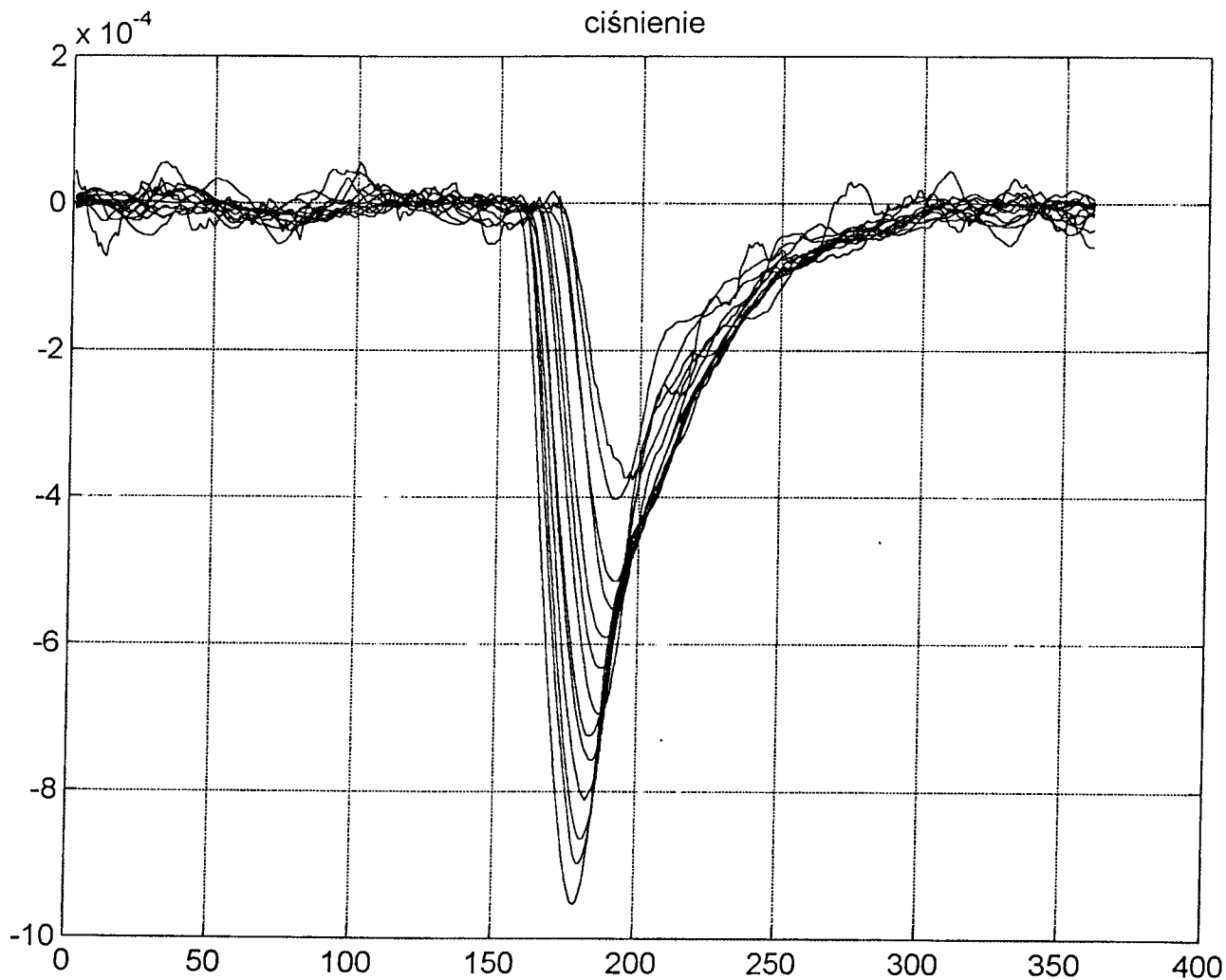
clear all
% rozklad polozenia stacji zasuw
l_xy(1)=0;
l_xy(2)=13121;
l_xy(3)=30844;
l_xy(4)=38000;
l_xy(5)=41600;
l_xy(6)=53800;
%l_xy(7)=55000;           % tej stacji nie ma !!!!!!!!!!!
l_xy(7)=59000;
l_xy(8)=61700;
l_xy(9)=68800;
l_xy(10)=79800;
l_xy(11)=83500;
l_xy(12)=92300;
l_xy(13)=100500;
l_xy(14)=108500;         %ten pomiar zly
l_xy(15)=113400;
l_xy(16)=124800;
% dane
load d04;
n=30
D=size (st_akt)
P=size (p_st)
for l=1 : D(2),
x(l)=l_xy(st_akt(l));   % połozenie czujników
end
% obliczenie sr
for jj=1 : P(2)-2,
ii=1;
sumal=0;
suma2=0;
while ((sumal-suma2)/6)<0.01,
sumal=0;
for kk=0: 5,
sumal=sumal+p_st(ii+kk,jj);
end
suma2=0;
for kk=20:25,
suma2=suma2+p_st(ii+kk,jj);
end
ii=ii+1;
end
rr(jj)=ii;
end
for jj=1 : P(2)-2,
sr(jj)=sum(p_st(1:rr(jj),jj))/rr(jj);
end
% obliczenie b
for ii=1 : P(1)-60,

```

d. 2



132

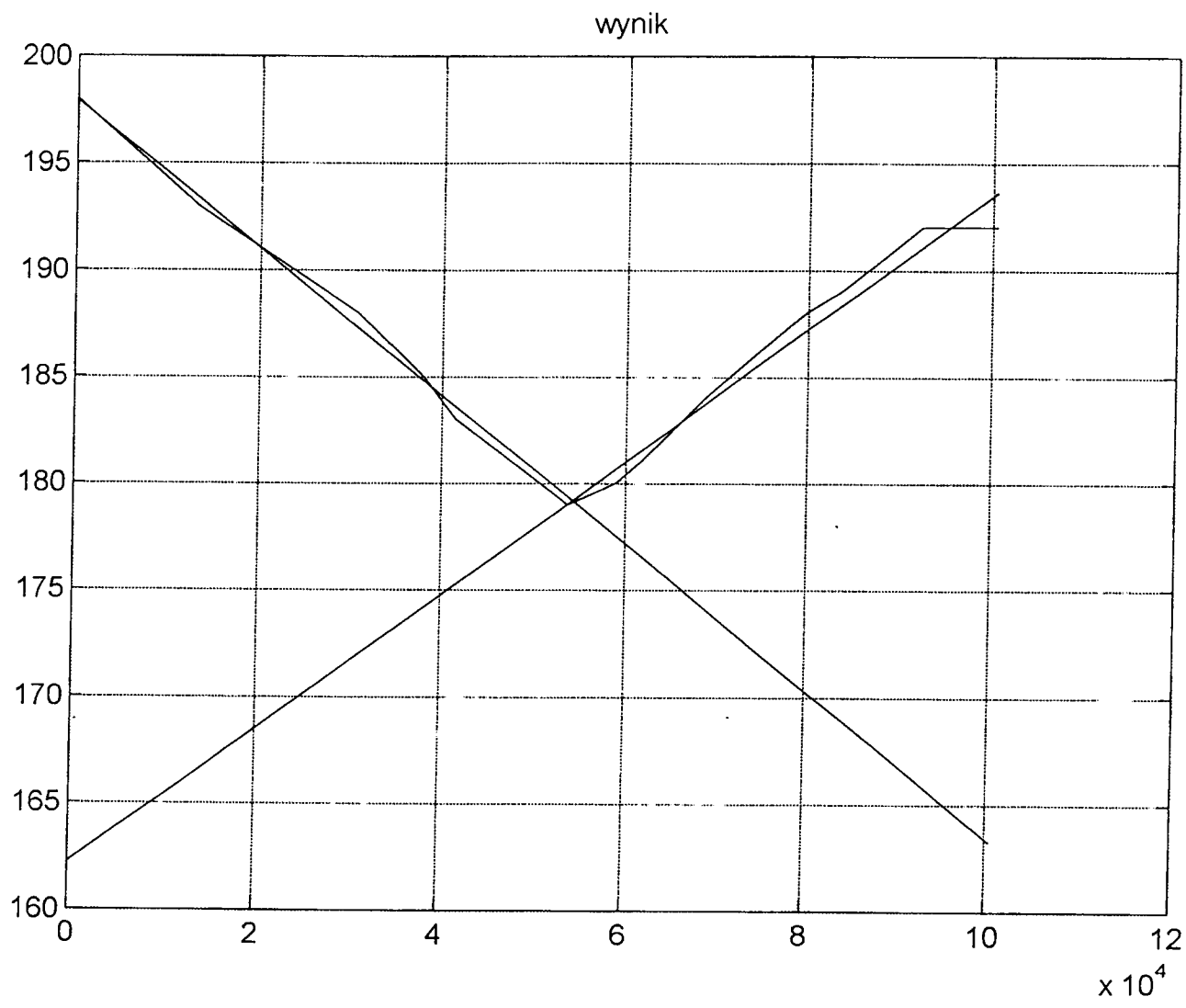


40



i)

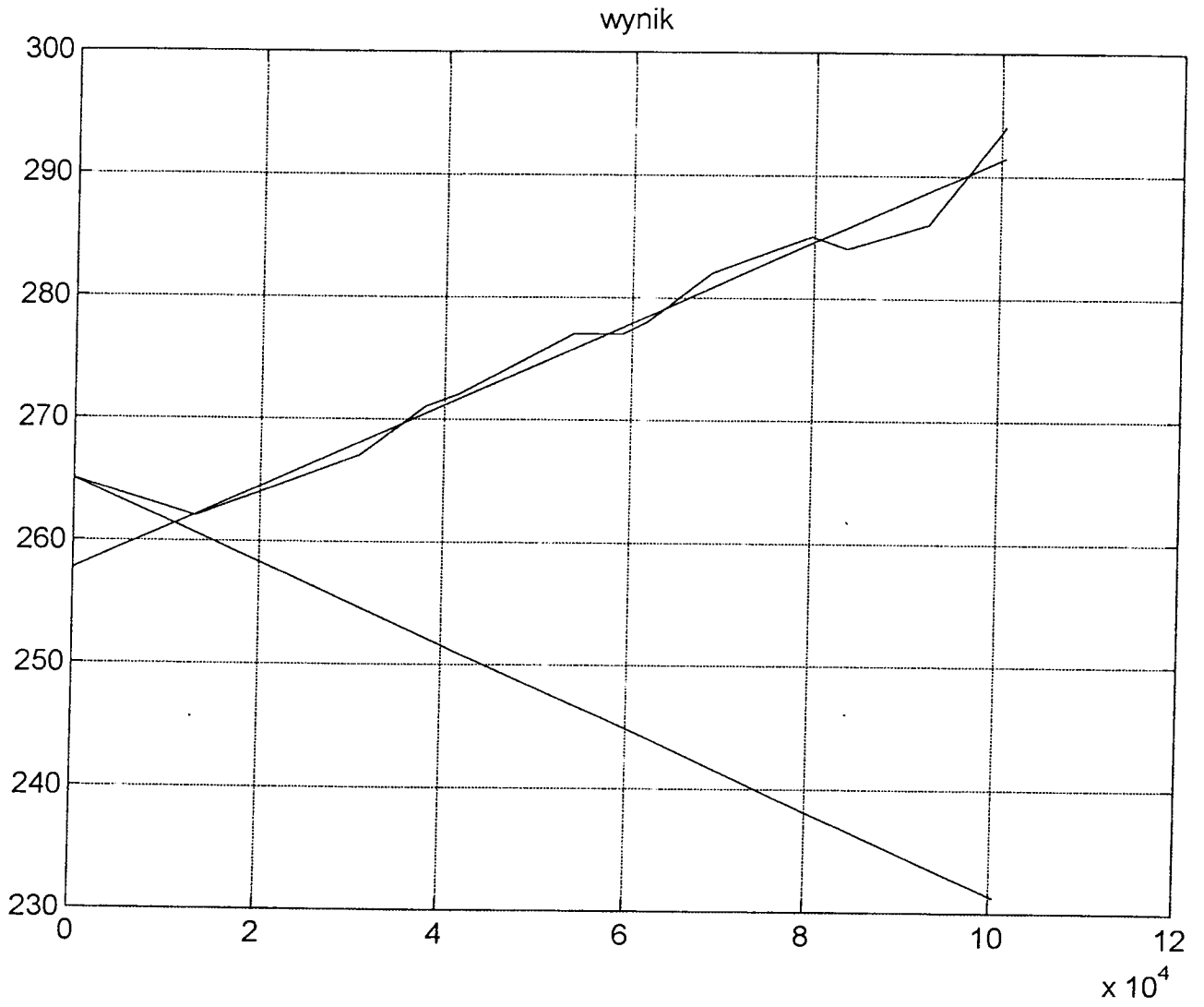
573103



HA

d02

-12. 8271

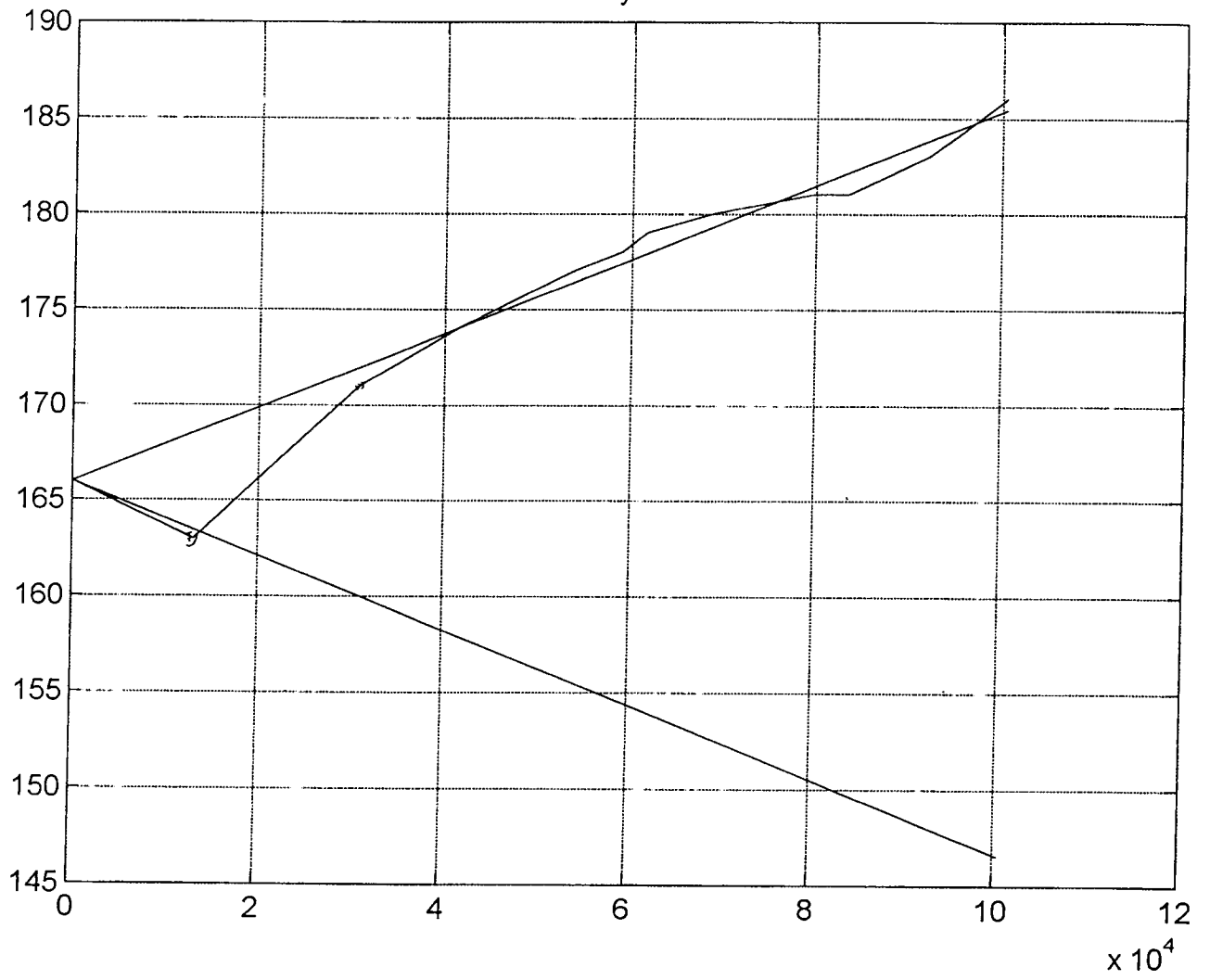


42

109

0,137

wynik



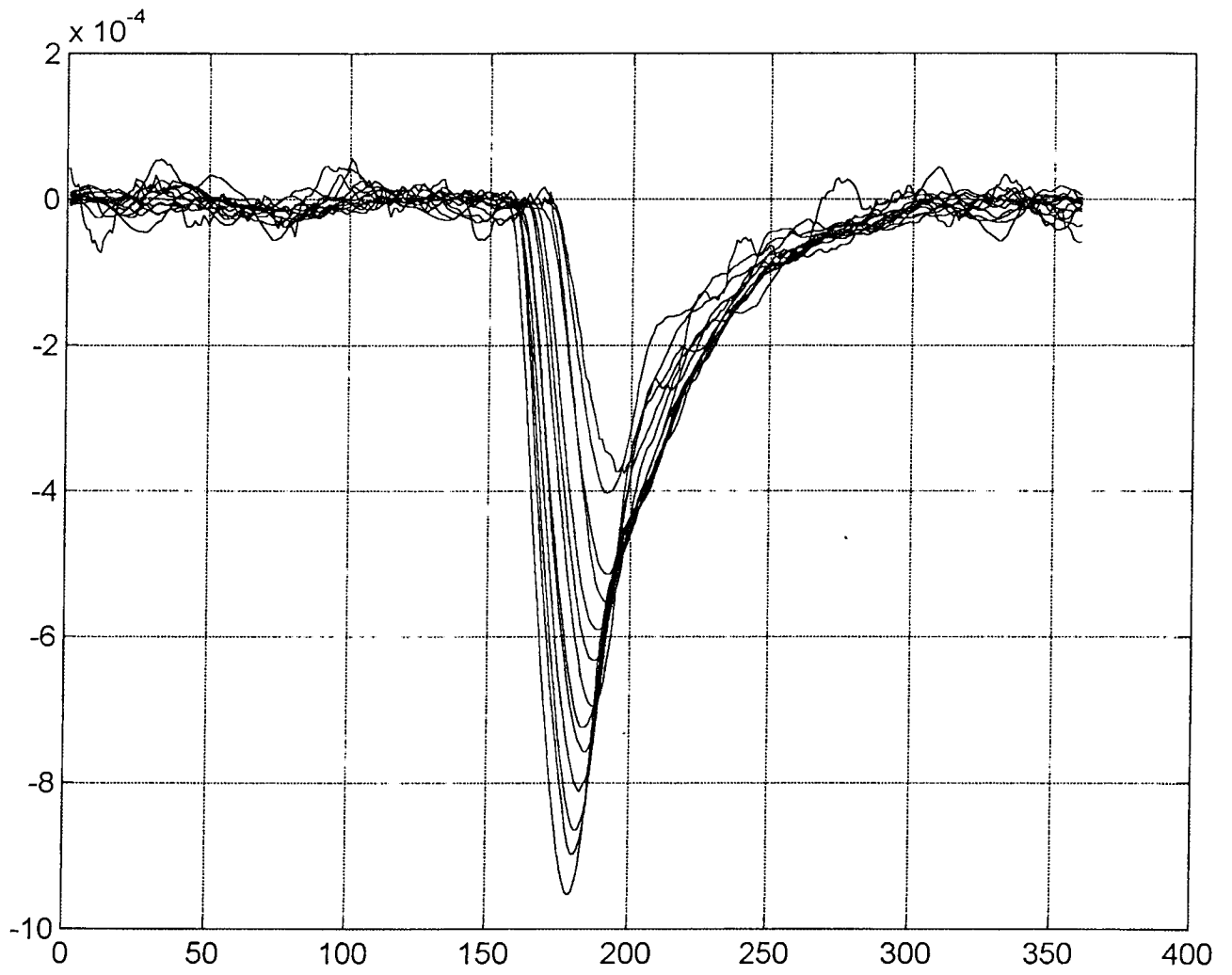
```
for jj=1 : P(2)-2,
ii=1;
minimum=min(b(:,jj));
while b(ii,jj) ~= minimum ,
ii=ii+1;
end
m(jj)=ii;
end

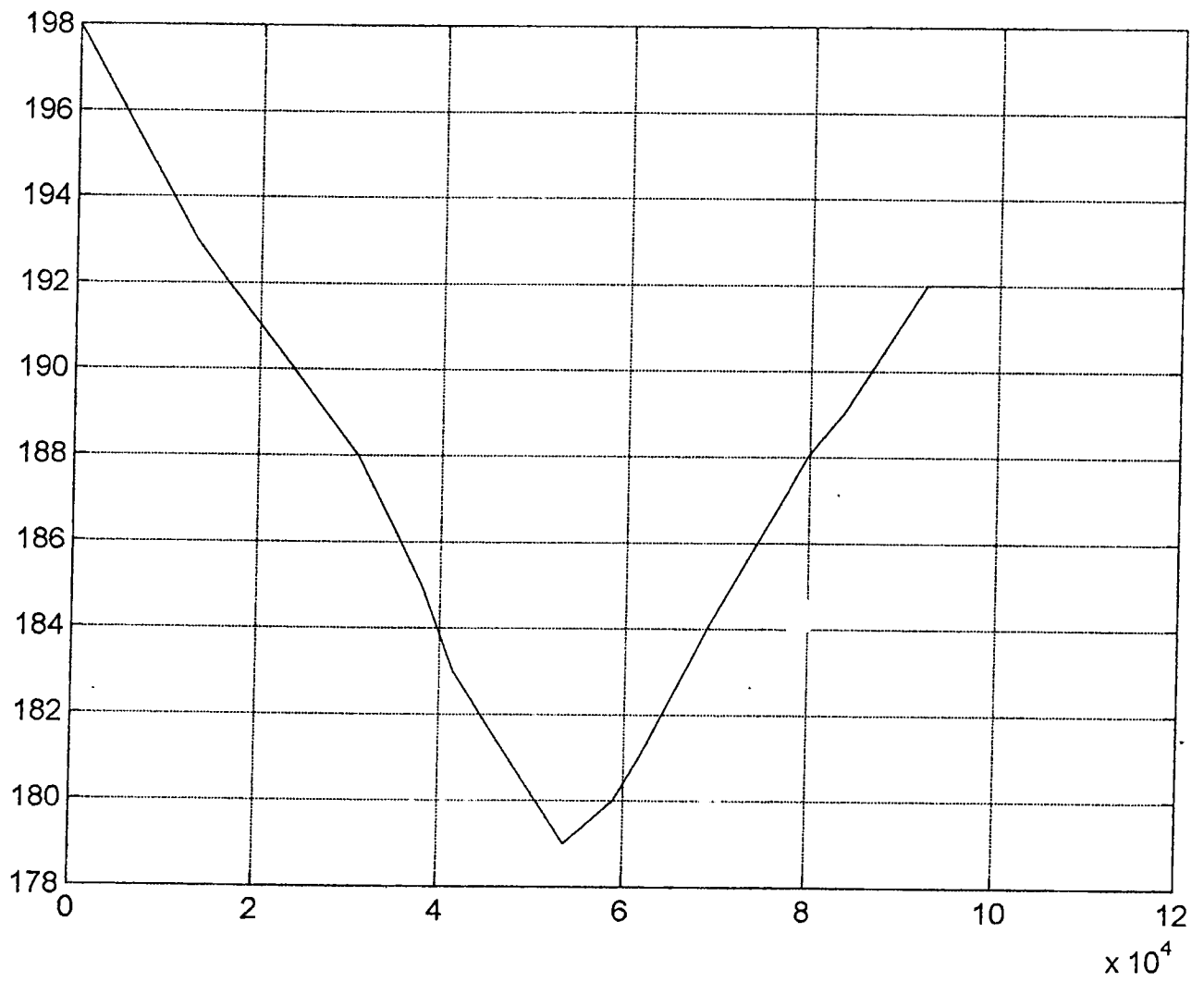
figure(2)
plot(x(1:13),m(1:13))
grid on
```

```

clear all
% rozklad polozenia stacji zasuw
l_xy(1)=0;
l_xy(2)=13121;
l_xy(3)=30844;
l_xy(4)=38000;
l_xy(5)=41600;
l_xy(6)=53800;
%l_xy(7)=55000;           % tej stacji nie ma !!!!!!!!!!!
l_xy(7)=59000;
l_xy(8)=61700;
l_xy(9)=68800;
l_xy(10)=79800;
l_xy(11)=83500;
l_xy(12)=92300;
l_xy(13)=100500;
l_xy(14)=108500;         %ten pomiar zly
l_xy(15)=113400;
l_xy(16)=124800;
% dane
load d04;
n=30
D=size (st_akt)
P=size (p_st)
for l=1 : D(2),
x(l)=l_xy(st_akt(l));   % położenie czujników
end
for ii=1 : P(1)-60,
for jj=1 : P(2)-2,
stp=0;
st=0;
sp=0;
stt=0;
for kk=0 :n-1 ,
stp=stp+(ii+kk)*3*p_st(ii+kk,jj);
st=st+(ii+kk)*3;
sp=sp+p_st(ii+kk,jj);
stt=stt+9*(ii+kk)*(ii+kk);
b(ii,jj)=(n*stp-st*sp)/(n*stt-st*st);
end
end
end
plot(b)
grid on

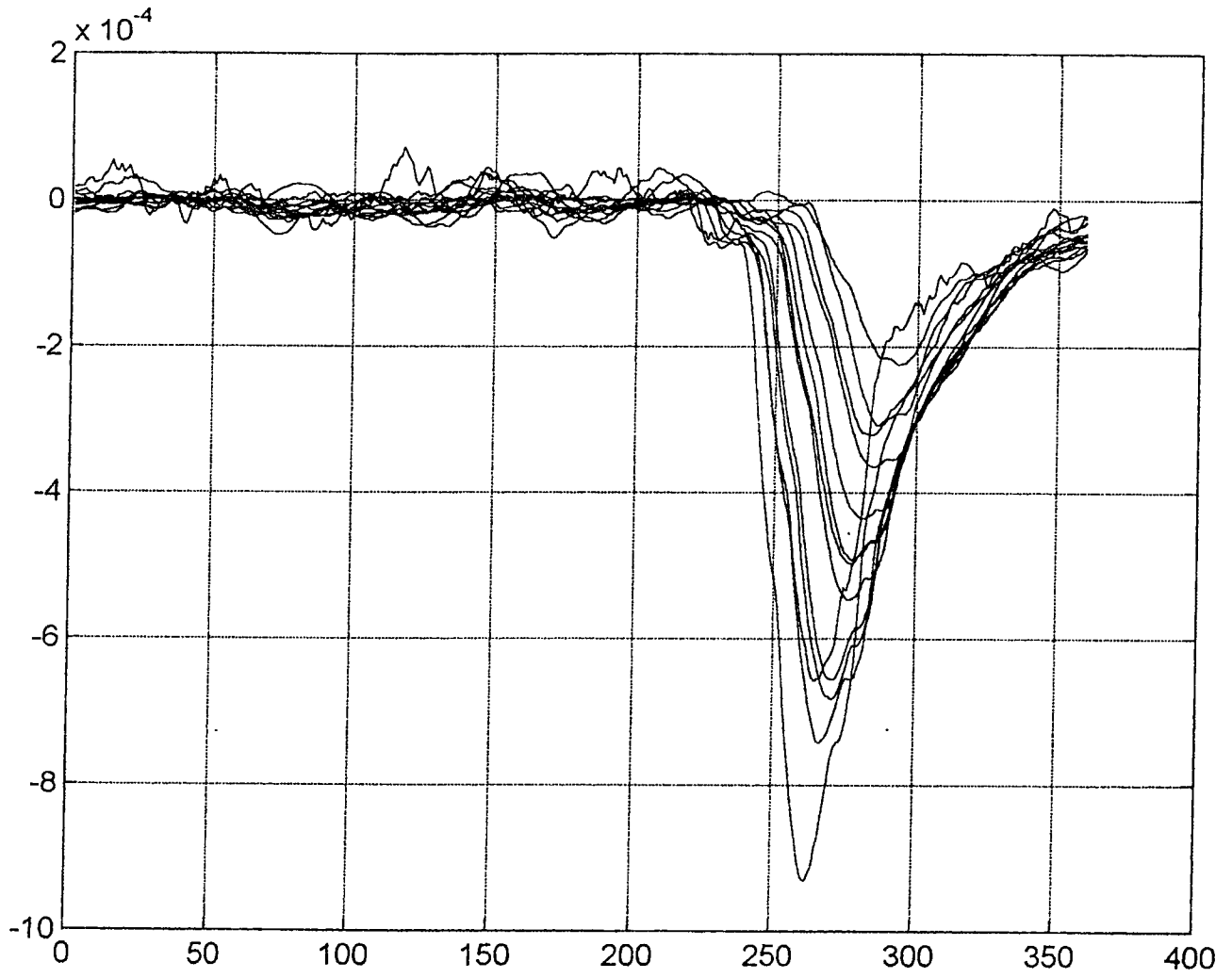
```





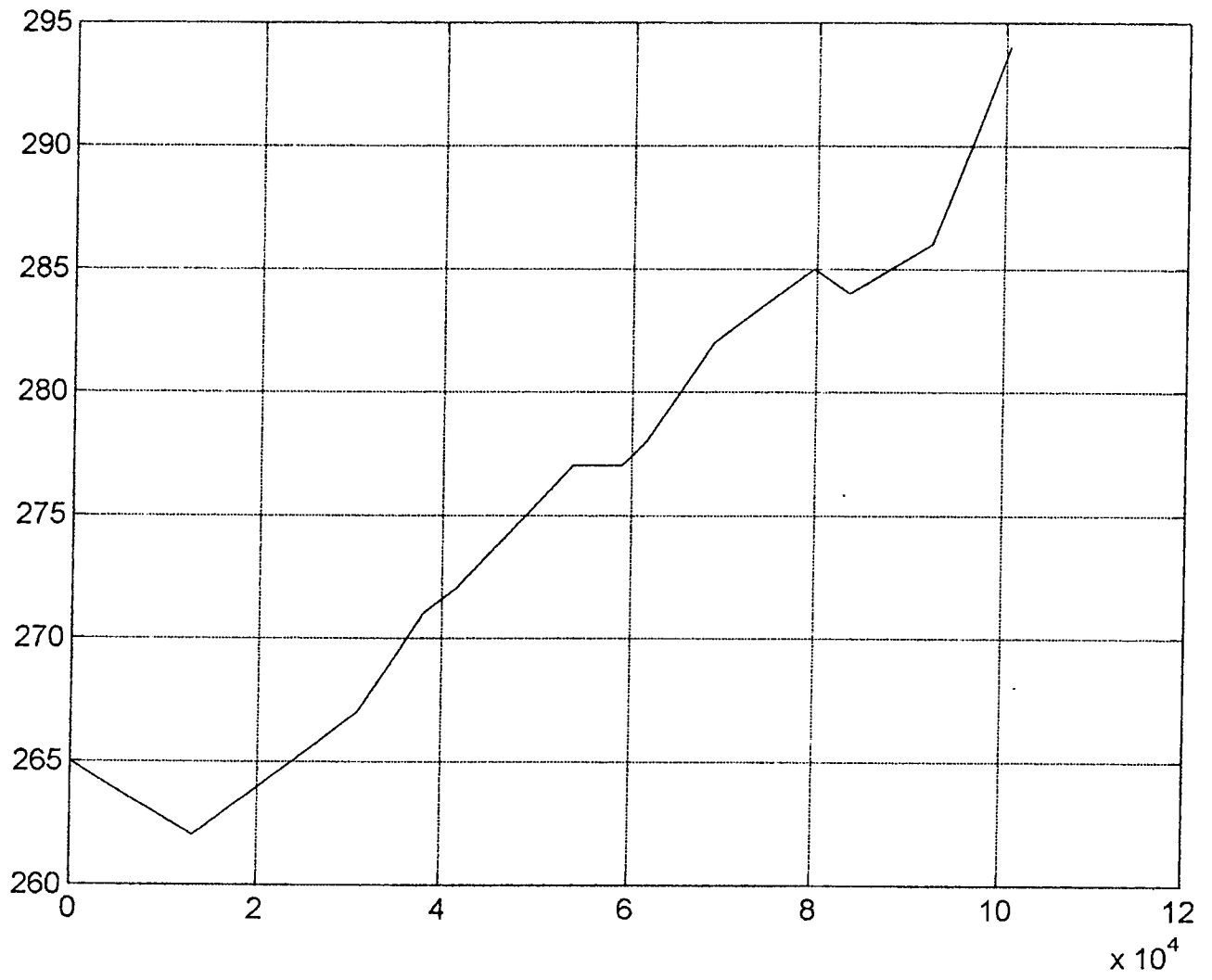
117

d03



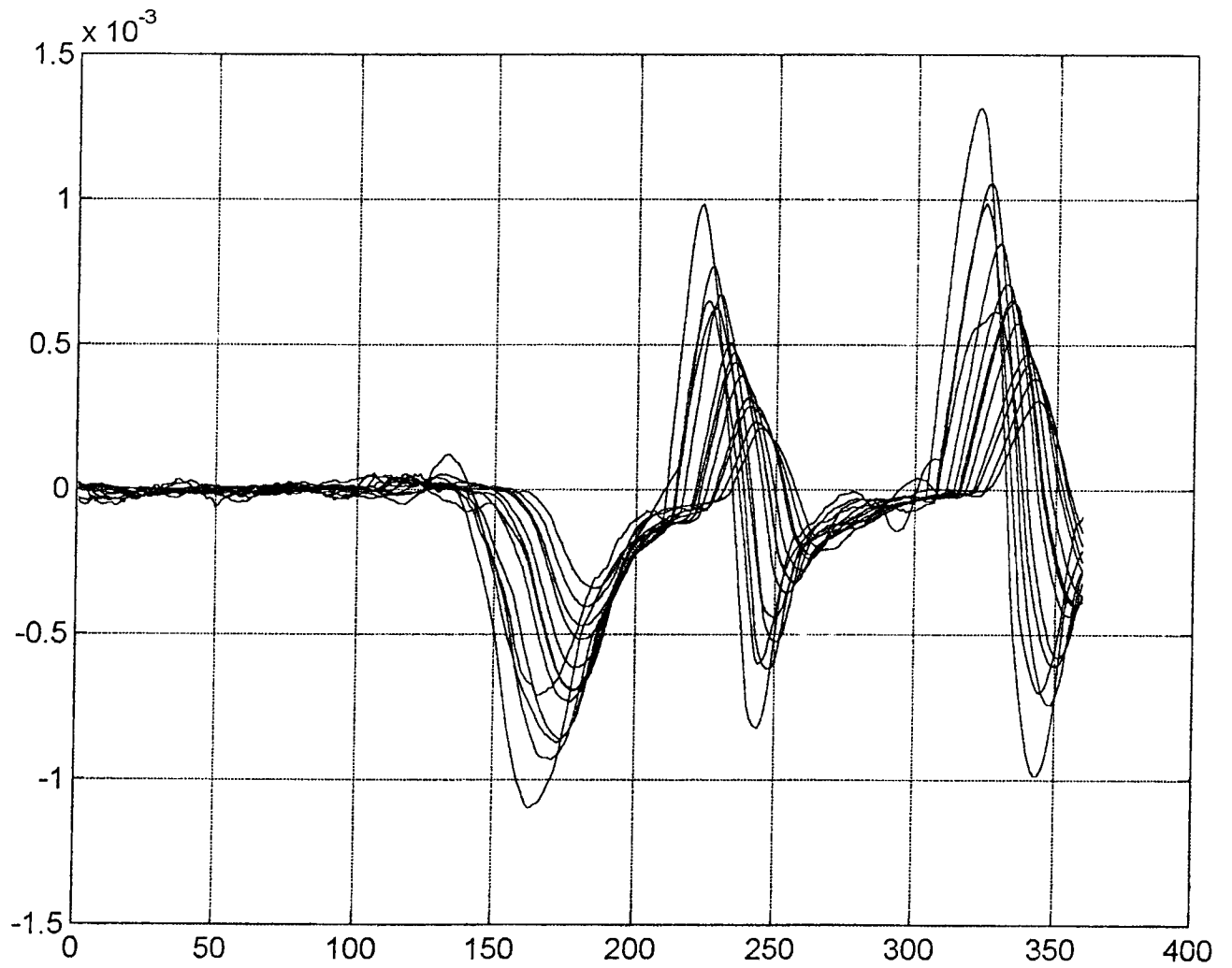


cl 13

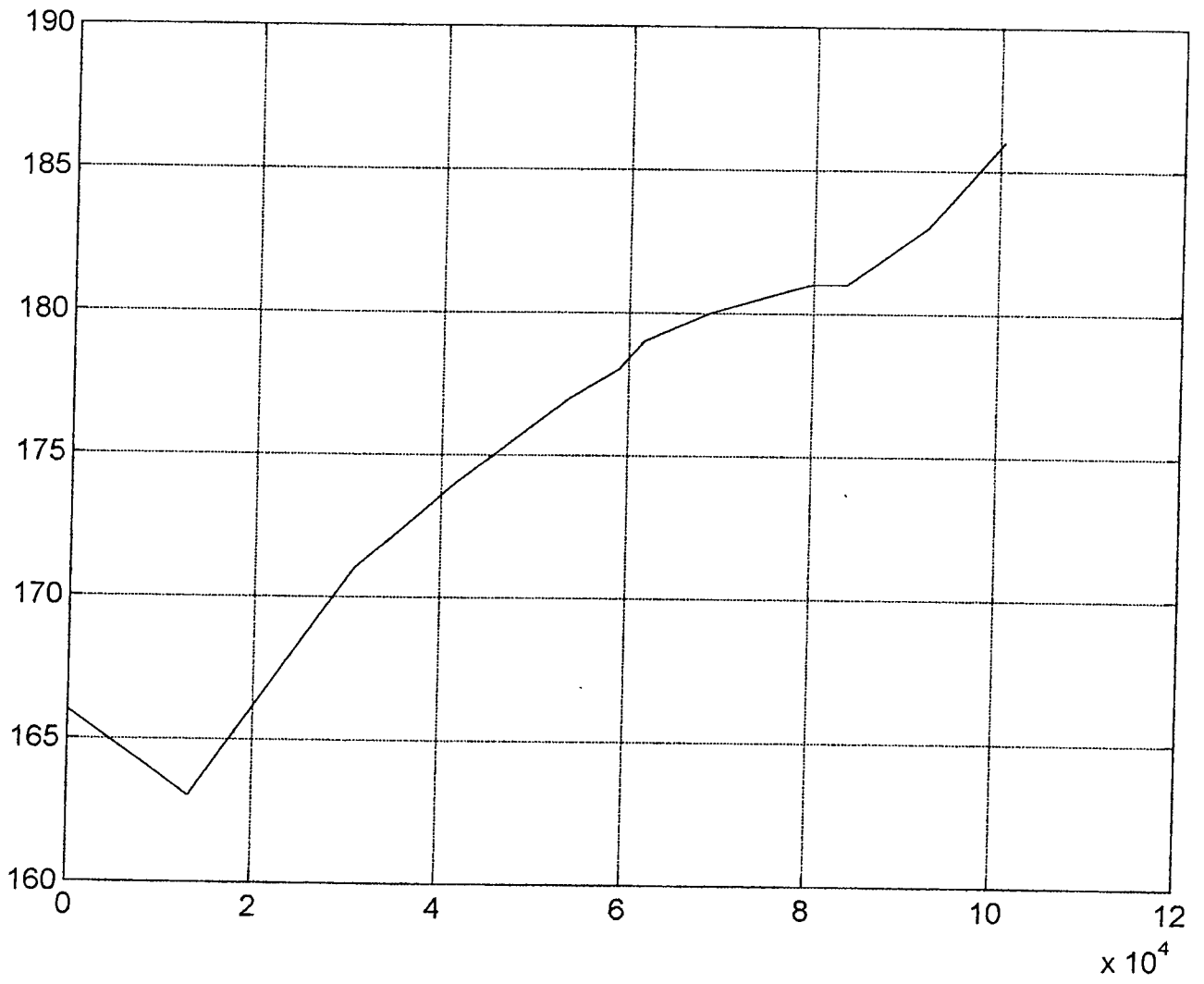


49

d(19)



d04



```

clear all
% rozklad polozenia stacji zasuw
l_xy(1)=0;
l_xy(2)=13121;
l_xy(3)=30844;
l_xy(4)=38000;
l_xy(5)=41600;
l_xy(6)=53800;
l_xy(7)=55000;           % tej stacji nie ma !!!!!!!!!!!
l_xy(8)=59000;
l_xy(9)=61700;
l_xy(10)=68800;
l_xy(11)=79800;
l_xy(12)=83500;
l_xy(13)=92300;
l_xy(14)=100500;
l_xy(15)=108500;       %ten pomiar zly
l_xy(16)=113400;
l_xy(17)=124800;
% dane
load d04;
z=0
D=size (st_akt)
P=size (p_st)
for l=1 : D(2),
x(l)=l_xy(st_akt(l));   % polozenie czujników
end
%oblicz sr 20 pom
for L=1 : D(2)-1,
sr(L)=0;
sum(L)=0;
end
for L1=1 : 20 ,
for L=1 : D(2)-1,
sum(L)=sum(L)+p_st(L1,L);
sr(L)=sum(L)/L1;
end
end
for L1=21 : P(1)-39,
a=0;
for L=1 : D(2)-1,
%sn=(p_st(L1,L)+p_st(L1+1,L)+p_st(L1+2,L)+p_st(L1+3,L)+p_st(L1+4
,L))/5;
sn=(p_st(L1,L)+p_st(L1+1,L)+p_st(L1+2,L))/3;
%sn=(p_st(L1,L));
%srd(L1,L)=(sr(L)-sn)/sr(L);
srd(L1,L)=(sr(L)-sn);
sum(L)=sum(L)+p_st(L1,L);
sr(L)=sum(L)/L1;
if srd(L1,L)>0.01

```

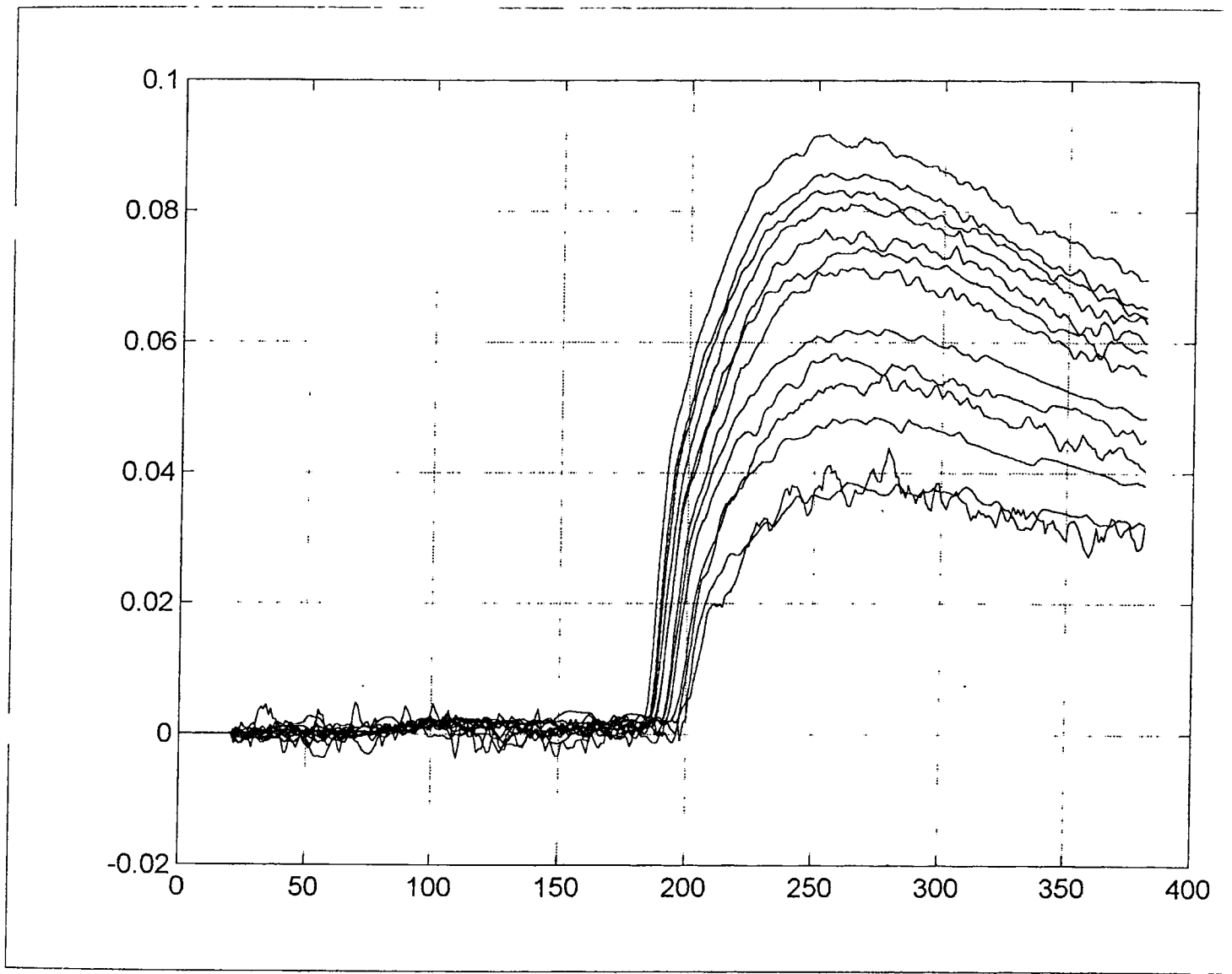
```
a=a+1;
end
end
if z < 1
if a>6
disp('wyciek')
z=L1
sr1=sr;
end
end
end
plot(srd(:,1:13))
grid on
pause

for L=1 : D(2)-1,
t0(L)=0;
end
for L1=z-25 : z+28 ,
for L=1 : D(2)-1,
if srd(L1,L)>0.01
if srd(L1-1,L)<0.01
t0(L)=L1-1+(0.01-srd(L1-1,L))/(srd(L1,L)-srd(L1-1,L));
end
end
end
end
plot(x(1:13),t0(1:13)*3)
grid on

%for L=1 :D(2)-1,
%srt(L)=srt(L)/sr1(L);
%end
```

102

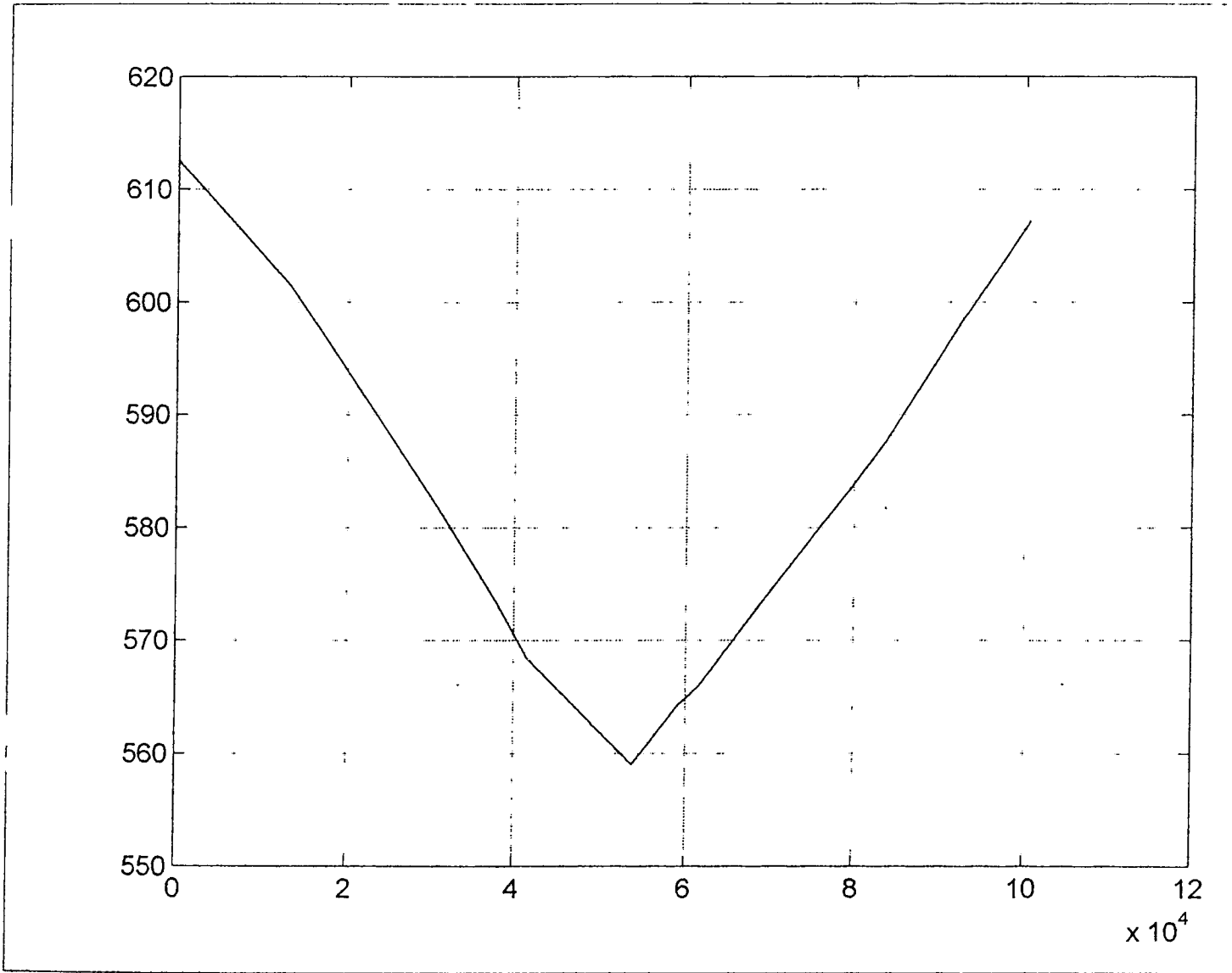
13



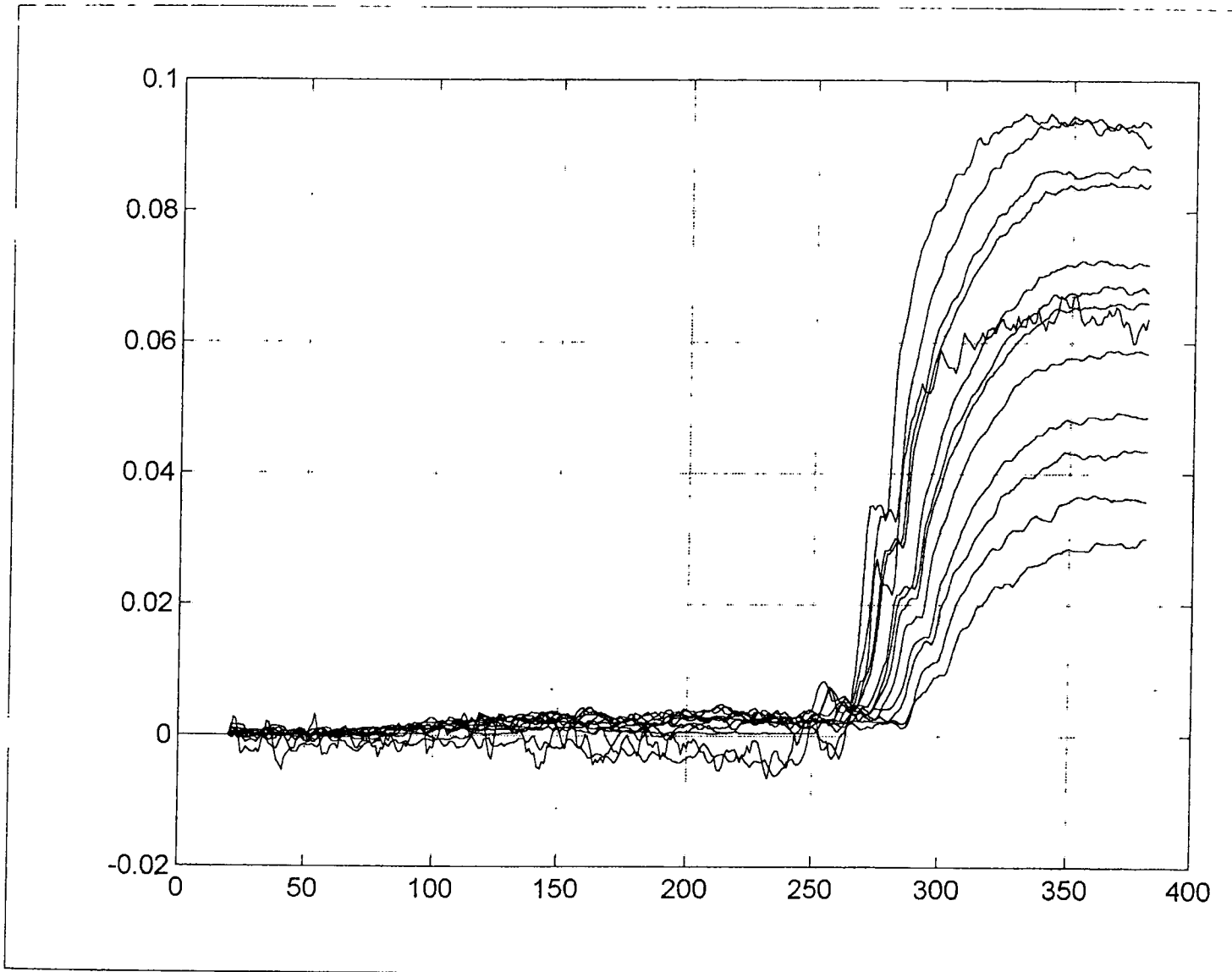
54

202

13

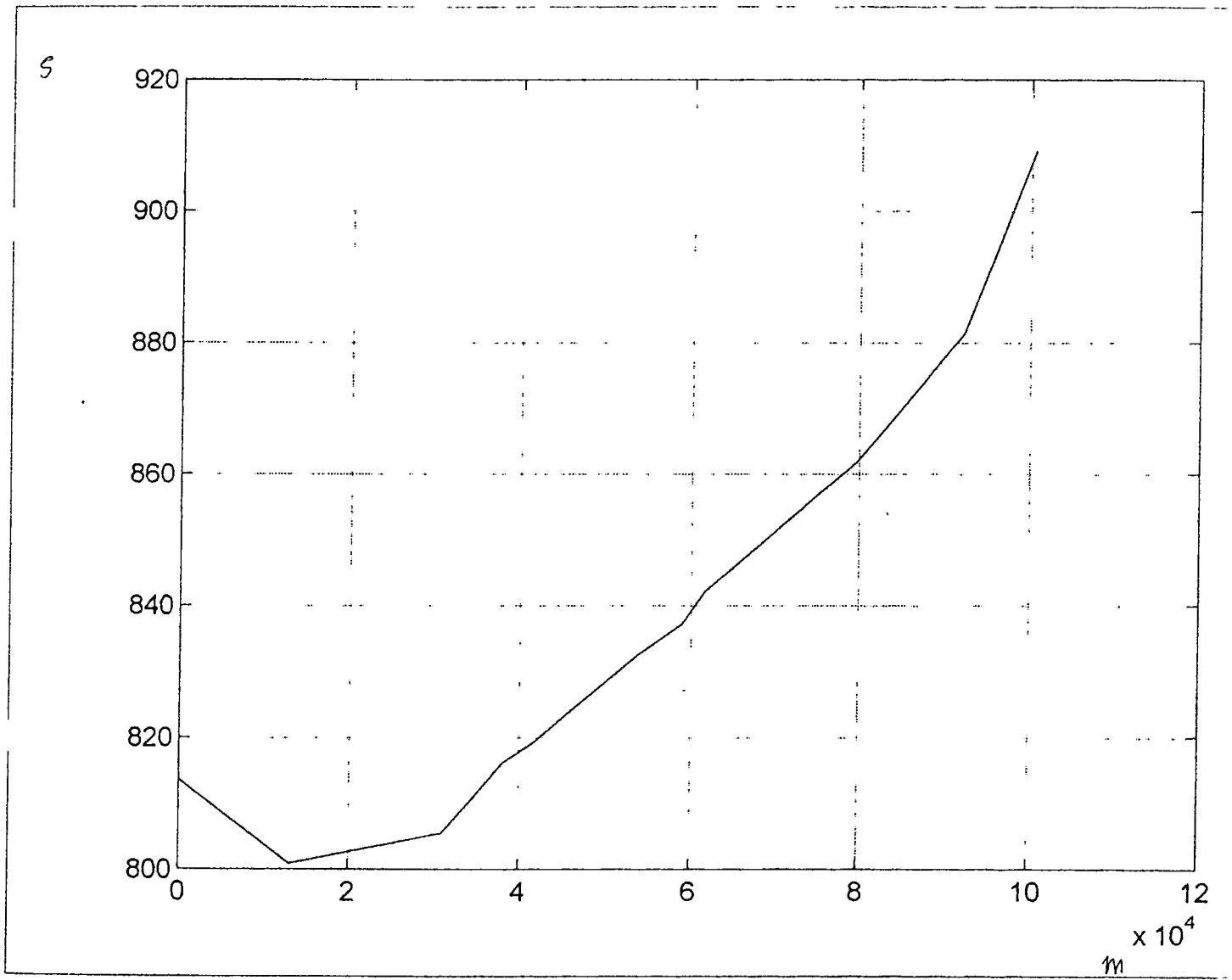


dU3





dc3



104

