

| Identyfikacja procesów przemysłowych | | |
|--------------------------------------|------------|-------------------|
| Dominik Wróbel | 13 XI 2018 | Wt. 13:45, s. 111 |
| Laboratorium 5 | | |

1 Przebieg ćwiczenia

Laboratorium polega na identyfikacji parametrów trzech różnych zbiorników z wodą. Zbiorniki różnią się pomiędzy sobą kształtem i wymiarami. Równania opisujące wypływ wody ze zbiorników to równania Torricellego. W zadaniach zostaną zbadane dwa różne modele, pozwoli to na porównanie ich dokładności. Modele zostaną również zastosowane do porównania ich z danymi rzeczywistymi z eksperymentu.

1.1. Zadanie 1

W zadaniu pierwszym równanie Torricellego mają stałą potęgą po prawej stronie równania równą $\frac{1}{2}$.

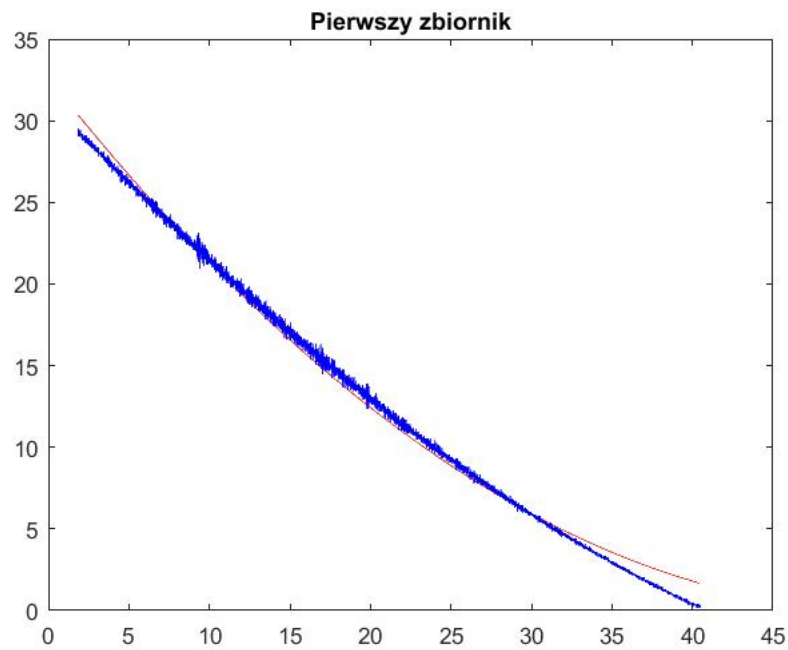
$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= -\frac{c_1\sqrt{x_1}}{S_1}, \quad \dot{x}_2 = -\frac{c_2\sqrt{x_2}}{S_2(x_2)}, \quad \dot{x}_3 = -\frac{c_3\sqrt{x_3}}{S_3(x_3)}, \quad x_i(0) = x_{0,i}, \quad i = 1, 2, 3, \\ S_1 &= cw, \quad S_2(x_2) = w\left(\frac{b-a}{H}x_2 + a\right), \quad S_3(x_3) = w\sqrt{2Rx_3 - x_3^2} \\ a &= 10cm, \quad b = 44,5cm, \quad c = 25, \quad w = 3,5cm, \quad H = 35cm, \quad R = 36,4cm \end{aligned}$$

Identyfikacji podlegają parametry c_i każdego z równań. Wyznaczane są także poziomy początkowe cieczy. Okres próbkowania wynosi $T = 0,01s$. Do rozwiązywania obu zadań zastosowano minimalizację funkcji

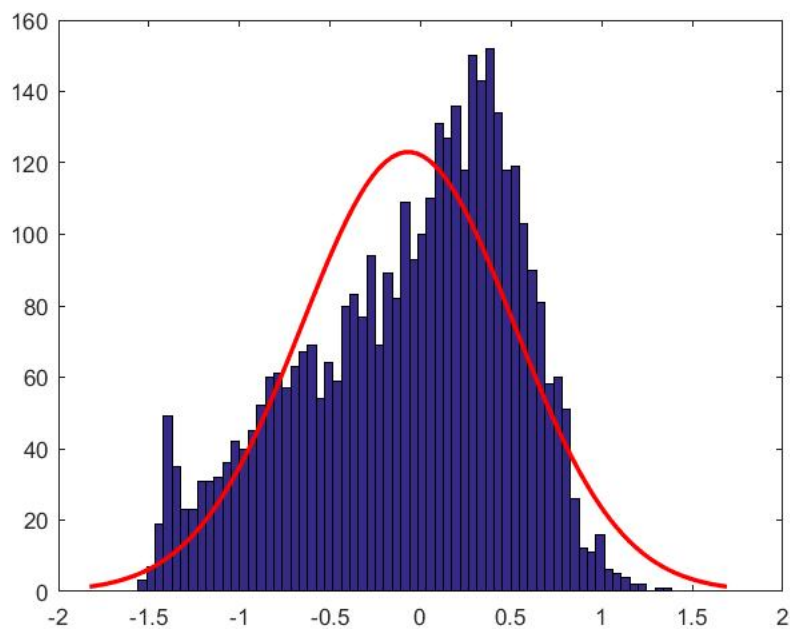
$$Q(c_i, \alpha_i, x_{0,i}) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N (x_k(kT_0, c_i, \alpha_i, x_{0,i}) - y_i(kT_0))^2 \rightarrow \min$$

z parametrami $c_i, \alpha_i, x_{0,i}$. Minimalizacja została wykonana przy pomocy funkcji *lsqnonlin* matlaba.

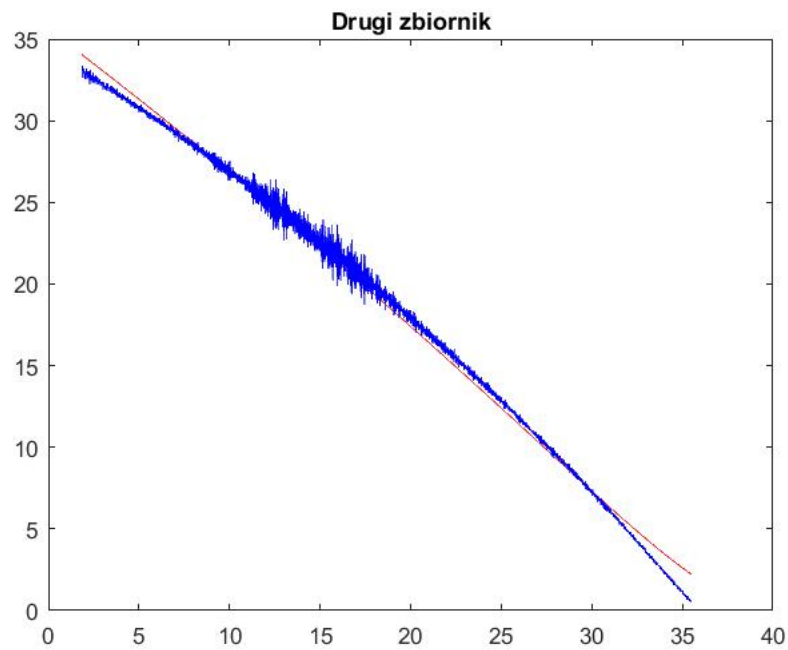
Otrzymane wartości parametrów oraz porównanie modelu z danymi z eksperymentu przedstawiają rysunki poniżej. Dane z eksperymentów zostały odpowiednio skrócone w celu uwzględnienia tylko właściwych pomiarów.



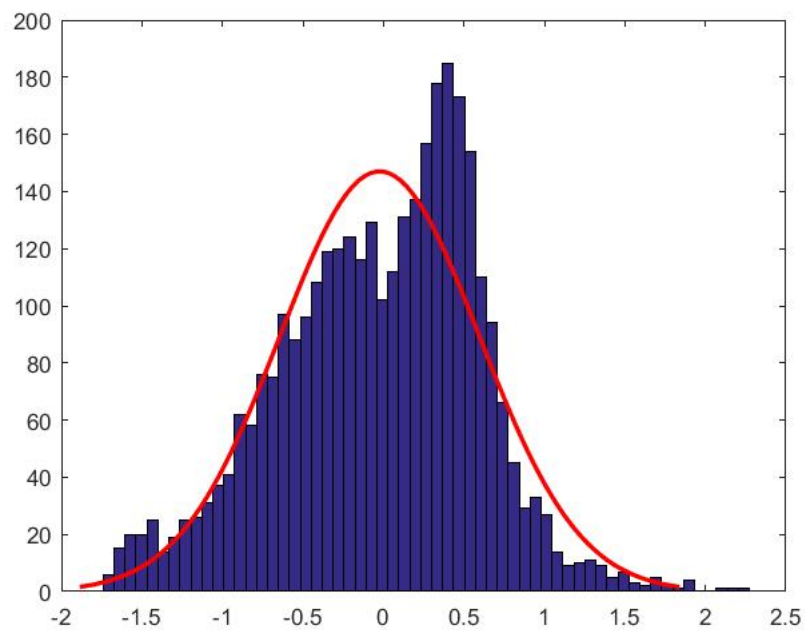
Rysunek 1: Porównanie modelu oraz wyników eksperymentu - Zbiornik I. Parametry:
 $c_1 = 19,01$, $x_0 = 30,34$, $\alpha = 0,5$



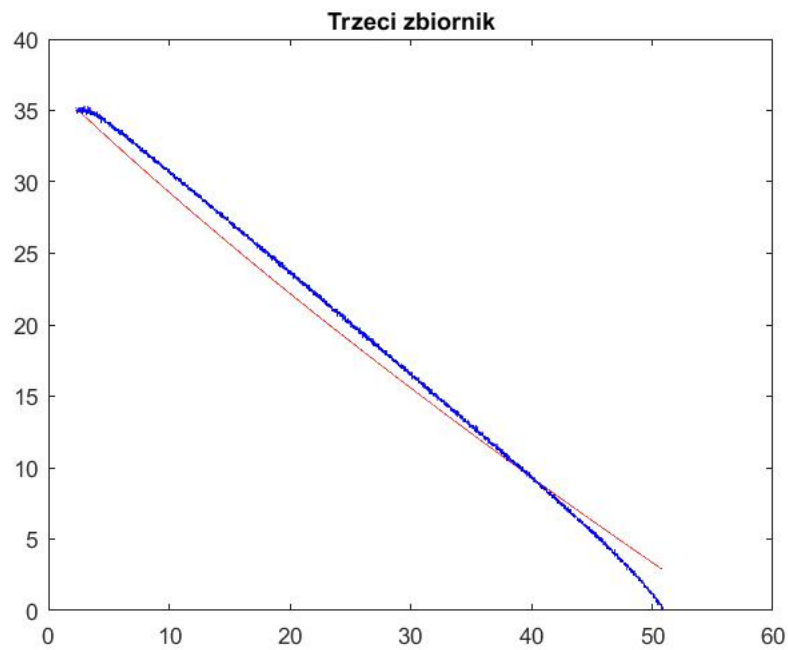
Rysunek 2: Różnice pomiędzy modelem a eksperymentem - Zbiornik I



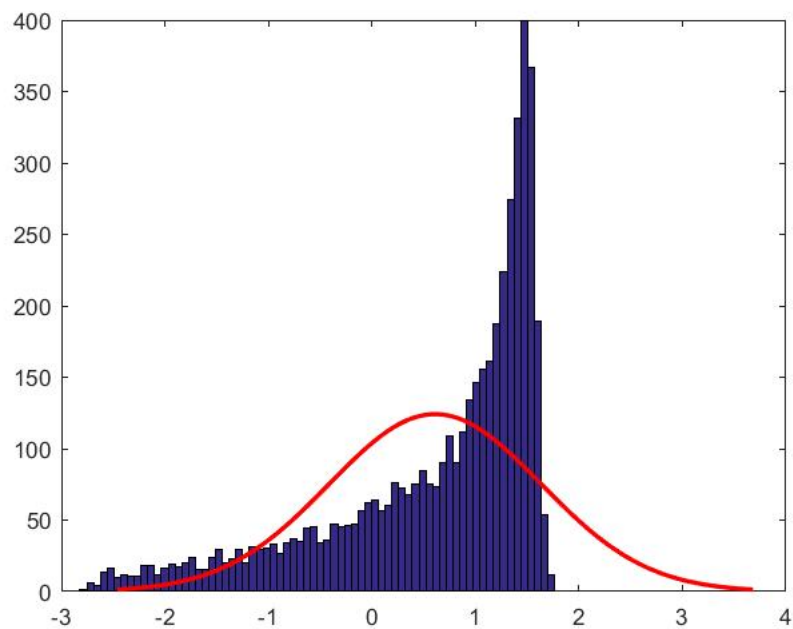
Rysunek 3: Porównanie modelu oraz wyników eksperymentu - Zbiornik II. Parametry:
 $c_2 = 22,40$, $x_0 = 34,05$, $\alpha = 0,5$



Rysunek 4: Różnice pomiędzy modelem a eksperymentem - Zbiornik II



Rysunek 5: Porównanie modelu oraz wyników eksperymentu - Zbiornik III. Parametry:
 $c_3 = 17,57$, $x_0 = 35,16$, $\alpha = 0,5$



Rysunek 6: Różnice pomiędzy modelem a eksperymentem - Zbiornik III

Przy pomocy testu chi kwadrat (funkcja matlaba *chi2gof*) sprawdzono jakość dopasowania na poziomie istotności 0,001. Dla każdego ze zbiorników test ten dał negatywny wynik.

1.1.1. Kod programu

Kod programu prezentuje listing poniżej.

```
1 clear all;
2 close all;
3
4 load('data_01.mat');
5
6 % dane wejsciowe
7 figure();
8 plot(t1, x1, 'r');
9 hold on;
10 plot(t2, x2, 'g');
11 hold on;
12 plot(t3, x3, 'b');
13
14 % obcinanie danych
15 x1 = x1(186:4050);
16 t1 = t1(186:4050);
17 x2 = x2(186:3550);
18 t2 = t2(186:3550);
19 x3 = x3(230:5093);
20 t3 = t3(230:5093);
21
22 % dane po obrobce
23 figure();
24 plot(t1, x1, 'r');
25 hold on;
26 plot(t2, x2, 'g');
27 hold on;
28 plot(t3, x3, 'b');
29
30 % parametry zbiornikow
31 a = 10;
32 b = 44.5;
33 c = 25;
34 w = 3.5;
35 H = 35;
36 R = 36.4;
37
38 T0 = 0.01;
39
40 S1 = c*w;
41
42
43 LB = [0.1 0.2 30]';
44 UB = [200 0.5 40]';
45 % punkt startowy
46 c=30; al=0.3; x0 = x2(1);
47 xopt = lsqnonlin('cel',[c al x0]', LB, UB, [], t2, x2);
48 % model - zbiornik 2
```

```

49 [t2mod,x2mod] = ode45(@(t,x2m) -1 * xopt(1) * x2m^(1/2) /
50 ( w * ( b - a ) / H * x2m + a*w ), t2, xopt(3));
51 figure()
52 plot(t2mod,x2mod, 'r');
53 hold on;
54 plot(t2, x2, 'b');
55 title('Drugi zbiornik');
56 figure();
57 histfit(x2-x2mod);
58 test2 = chi2gof(x2-x2mod, 'alpha', 0.01);
59
60 c=30; al=0.3; x0 = x1(1);
61 xopt = lsqnonlin('celOne',[c al x0]', LB, UB, [], t1, x1);
62 % model - zbiornik 1
63 [t1mod,x1mod] = ode45(@(t,x1m) -1 * xopt(1) * x1m^(1/2) / S1, t1, xopt(3));
64 figure()
65 plot(t1mod,x1mod, 'r');
66 hold on;
67 plot(t1, x1, 'b');
68 title('Pierwszy zbiornik');
69 figure();
70 histfit(x1-x1mod);
71 test1 = chi2gof(x1-x1mod, 'alpha', 0.01);
72
73
74 c=30; al=0.3; x0 = x3(1);
75 xopt = lsqnonlin('celThree',[c al x0]', LB, UB, [], t3, x0);
76 % model - zbiornik 3
77 [t3mod,x3mod] = ode45(@(t,x3m) -1 * xopt(1) * x3m^(1/2) /
78 ( w * sqrt(2*R*x3m-x3m^2)), t3, xopt(3));
79 figure()
80 plot(t3mod,x3mod, 'r');
81 hold on;
82 plot(t3, x3, 'b');
83 title('Trzeci zbiornik');
84 figure();
85 histfit(x3-x3mod);
86 test3 = chi2gof(x3-x3mod, 'alpha', 0.01);

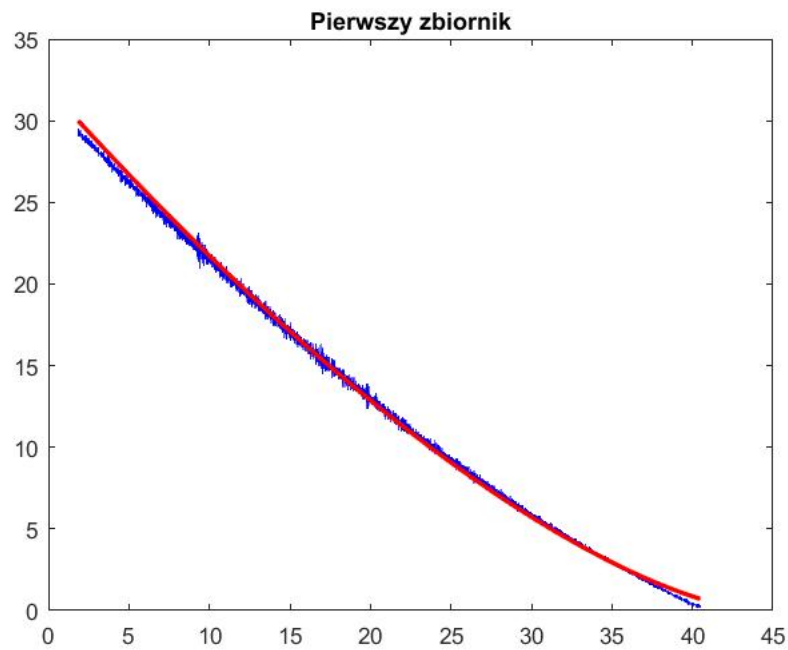
```

Listing 1: Zadanie 1

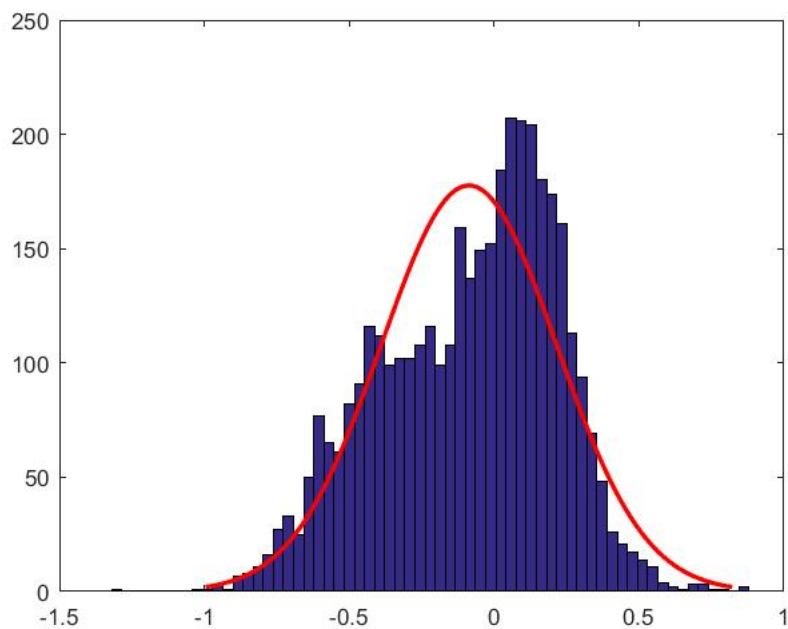
1.2. Zadanie 2

W zadaniu drugim badane są te same zbiorniki. Przyjęto tą samą metodykę do identyfikacji parametrów modelu. W tym zadaniu jednak identyfikowany jest jeden parametr więcej, jest nim wykładnik α .

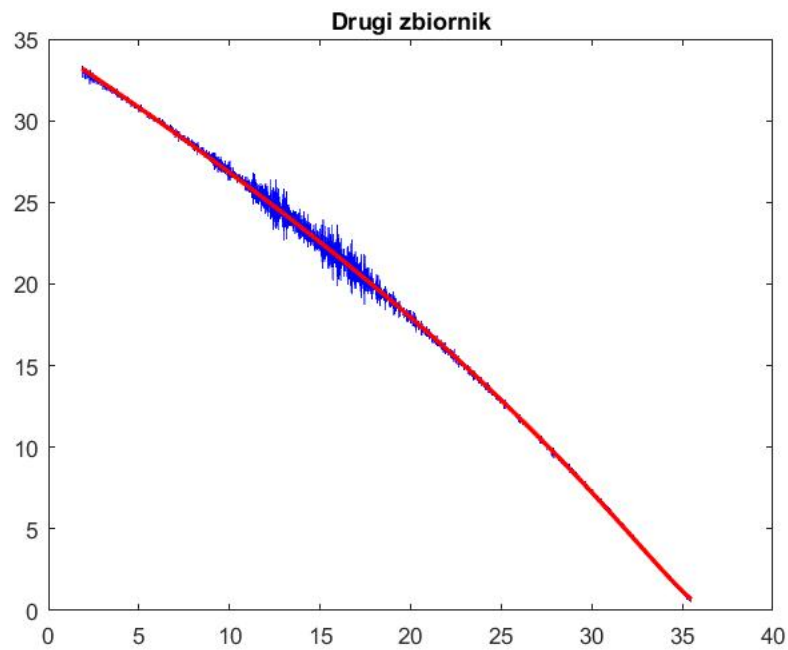
Otrzymane wartości parametrów oraz porównanie modelu z danymi z eksperymentu przedstawiają rysunki poniżej.



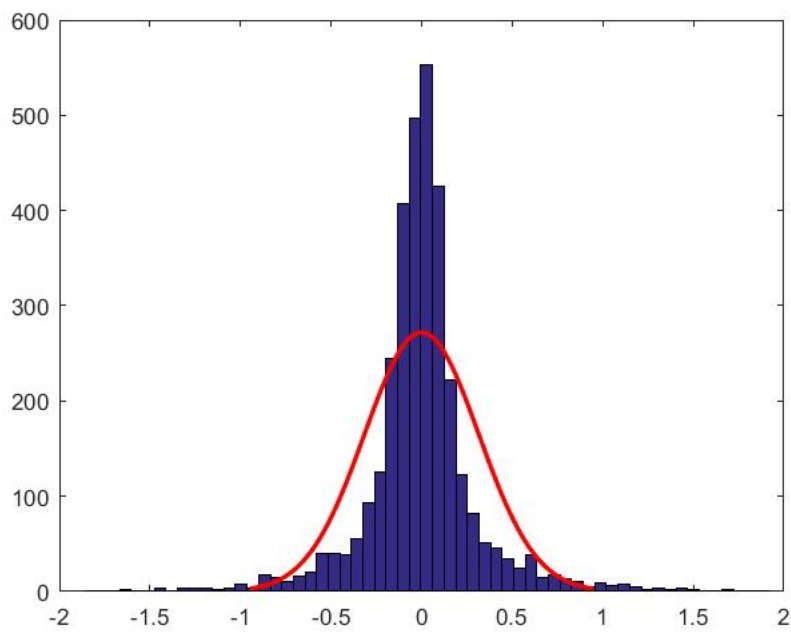
Rysunek 7: Porównanie modelu oraz wyników eksperymentu - Zbiornik I. Parametry:
 $c_1 = 30,06$, $x_0 = 30,00$, $\alpha = 0,33$



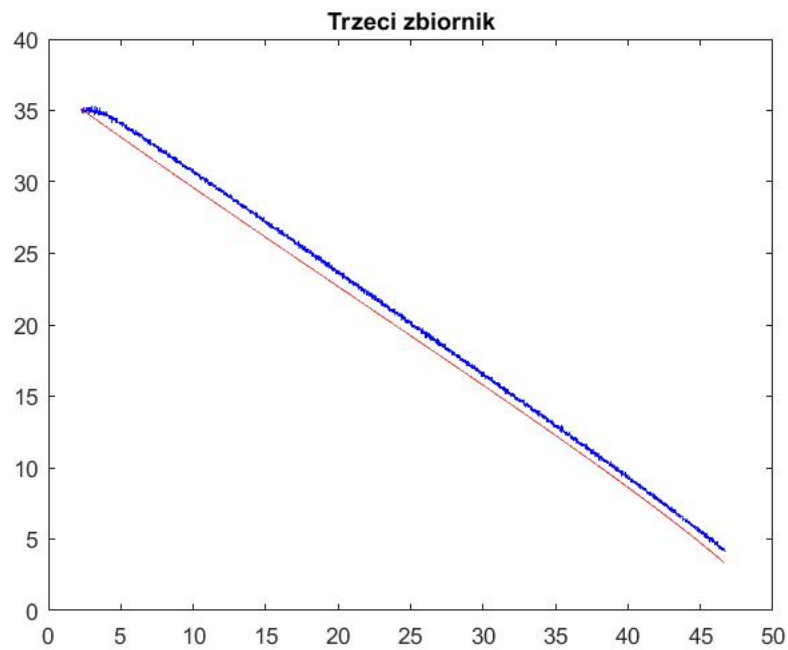
Rysunek 8: Różnice pomiędzy modelem a eksperymentem - Zbiornik I



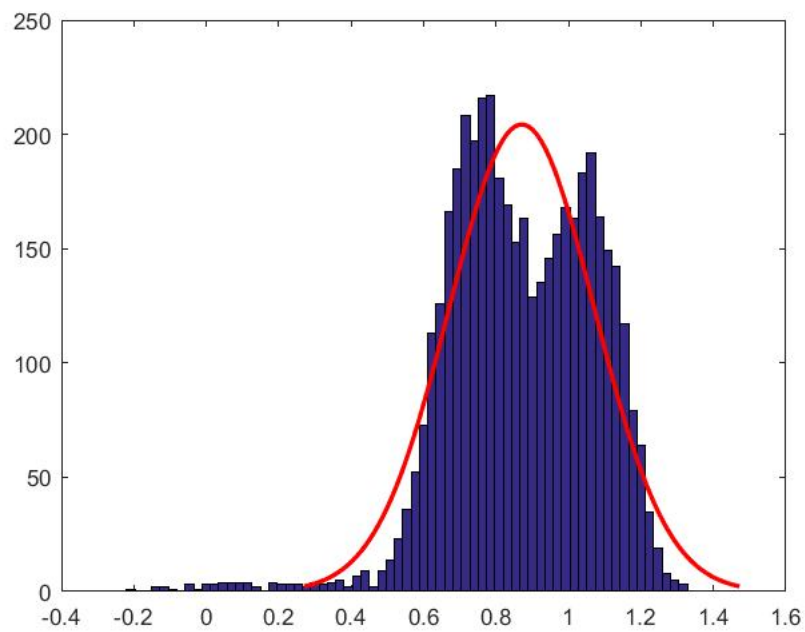
Rysunek 9: Porównanie modelu oraz wyników eksperymentu - Zbiornik II. Parametry:
 $c_2 = 40,37$, $x_0 = 33,19$, $\alpha = 0,29$



Rysunek 10: Różnice pomiędzy modelem a eksperymentem - Zbiornik II



Rysunek 11: Porównanie modelu oraz wyników eksperymentu - Zbiornik III. Parametry:
 $c_3 = 32.90$, $x_0 = 33.15$, $\alpha = 0.28$



Rysunek 12: Różnice pomiędzy modelem a eksperymentem - Zbiornik III

Przy pomocy testu chi kwadrat (funkcja matlaba *chi2gof*) sprawdzono jakość dopasowania na poziomie istotności 0,001. Dla każdego ze zbiorników test ten dał negatywny wynik.

1.2.1. Kod programu

Kod programu prezentuje listing poniżej.

```
1 clear all;
2 close all;
3
4 load('data_01.mat');
5
6 % dane wejsciowe
7 figure();
8 plot(t1, x1, 'r');
9 hold on;
10 plot(t2, x2, 'g');
11 hold on;
12 plot(t3, x3, 'b');
13
14 % obcinanie danych
15 x1 = x1(186:4050);
16 t1 = t1(186:4050);
17 x2 = x2(186:3550);
18 t2 = t2(186:3550);
19 x3 = x3(230:4672);
20 t3 = t3(230:4672);
21
22 % dane po obrobce
23 figure();
24 plot(t1, x1, 'r');
25 hold on;
26 plot(t2, x2, 'g');
27 hold on;
28 plot(t3, x3, 'b');
29
30 % parametry zbiornikow
31 a = 10;
32 b = 44.5;
33 c = 25;
34 w = 3.5;
35 H = 35;
36 R = 36.4;
37
38 T0 = 0.01;
39
40 S1 = c*w;
41
42
43 LB = [0.1 0.2 30]';
44 UB = [200 0.5 40]';
45 c=30; al=0.3; x0 = x2(1);
46 xopt = lsqnonlin('cel',[c al x0]', LB, UB, [], t2, x2);
47 zbiornik2 = xopt;
48 [t2mod,x2mod] = ode45(@(t,x2m) -1 * xopt(1) * x2m^(xopt(2)) /
```

```

49 ( w * ( b - a ) / H * x2m + a*w ), t2, xopt(3));
50 figure()
51 plot(t2, x2, 'b');
52 hold on;
53 plot(t2mod,x2mod, 'r','LineWidth',2);
54 title('Drugi zbiornik');
55 figure();
56 histfit(x2-x2mod);
57 test2 = chi2gof(x2-x2mod, 'alpha', 0.001);
58
59 c=30; al=0.3; x0 = x1(1);
60 xopt = lsqnonlin('celOne',[c al x0]', LB, UB, [], t1, x1);
61 zbiornik1 = xopt;
62 [t1mod,x1mod] = ode45(@(t,x1m) -1 * xopt(1) * x1m^(xopt(2)) / S1, t1, xopt(3));
63 figure()
64 plot(t1, x1, 'b');
65 hold on;
66 plot(t1mod,x1mod, 'r','LineWidth',2);
67 title('Pierwszy zbiornik');
68 figure();
69 histfit(x1-x1mod);
70 test1 = chi2gof(x1-x1mod, 'alpha', 0.001);
71
72
73 c=30; al=0.3; x0 = x3(1);
74 xopt = lsqnonlin('celThree',[c al x0]', LB, UB, [], t3, x0);
75 zbiornik3 = xopt;
76 [t3mod,x3mod] = ode45(@(t,x3m) -1 * xopt(1) * x3m^(xopt(2)) /
77 ( w * sqrt(2*R*x3m-x3m^2)), t3, xopt(3));
78 figure()
79 plot(t3, x3, 'b');
80 hold on;
81 plot(t3mod,x3mod, 'r');
82 title('Trzeci zbiornik');
83 figure();
84 histfit(x3-x3mod);
85 test3 = chi2gof(x3-x3mod, 'alpha', 0.001);

```

Listing 2: Zadanie 2

2 Wnioski końcowe

W badanym zagadnieniu lepiej sprawdził się model zastosowany w zadaniu 2, uwzględniający więcej parametrów. Model uwzględniający większą liczbę parametrów procesu fizycznego sprawdza się zazwyczaj lepiej, ponieważ z większą dokładnością oddaje rzeczywisty proces. Mimo to żadnemu ze zidentyfikowanych modeli nie udało się uzyskać zgodności z danymi na poziomie 0,001 testu chi kwadrat. Warto również zauważyć, że na przebieg eksperymentu miały wpływ zakłócenia, co ma negatywny wpływ na dokładność danych pomiarowych.