

Politechnika Warszawska

Inżynieria Procesów Przemysłowych

Projekt nr 2

Wykonali:
Bartłomiej Guś,
ŁJ,
gr. IPAUT-161

Warszawa 2020/2021

Spis treści

1. Wstęp	3
2. Model rzeczywisty układu	3
3. Podstawy fizyczne	4
4. Model w programie SIMULINK	5
4.1. Blok transmisji ciepła kubek – pomieszczenie	5
4.2. Blok transmisji ciepła kawa – kubek	5
4.3. Blok różnicy temperatury kawy	5
4.4. Blok różnicy temperatury kawy	6
5. Wykresy i wnioski	6
5.1. Kawa bez mleka	6
5.1.1. Dane identyczne jak w rozdziale <i>Model rzeczywisty układu</i>	6
5.1.2. Zmiana napełnienia kawy do wysokości – $h_{kawy} = 0.09$ m (pełny kubek)	7
5.1.3. Zmiana współczynnika wymiany ciepła ze względu na mieszanie kawy – $\alpha_{kk} = 500$ W/(m ² · K), $\alpha_{kawap} = 20$ W/(m ² · K)	7
5.1.4. Zmiana początkowej temperatury kubka – 313 K	8
5.1.5. Zmiana współczynnika przenikania ciepła zgodne z tabelą 1	8
– $\alpha_{kk} = 250$ W/(m ² · K)	8
5.2. Kawa z mlekiem (od razu)	9
5.2.1. Dane identyczne jak w rozdziale <i>Model rzeczywisty układu</i>	9
5.2.2. Zmiana proporcji kawa – mleko: kawa – 0,07 m a mleko – 0,02 m	9
5.2.3. Zmiana współczynnika wymiany ciepła ze względu na mieszanie kawy – $\alpha_{kk} = 500$ W/(m ² · K), $\alpha_{kawap} = 20$ W/(m ² · K)	10
5.3. Kawa z opóźnionym dolaniem mleka	11
5.3.1. Dane identyczne jak w rozdziale <i>Model rzeczywisty układu</i>	11
5.3.2. Zmiana proporcji kawa – mleko: kawa – 0,07 m a mleko – 0,02 m	11
5.3.3. Zmiana czasu dolania mleka	12
6. Wnioski końcowe	12
7. Zrzuty ekranu programu	13
8. Kod źródłowy programu	14

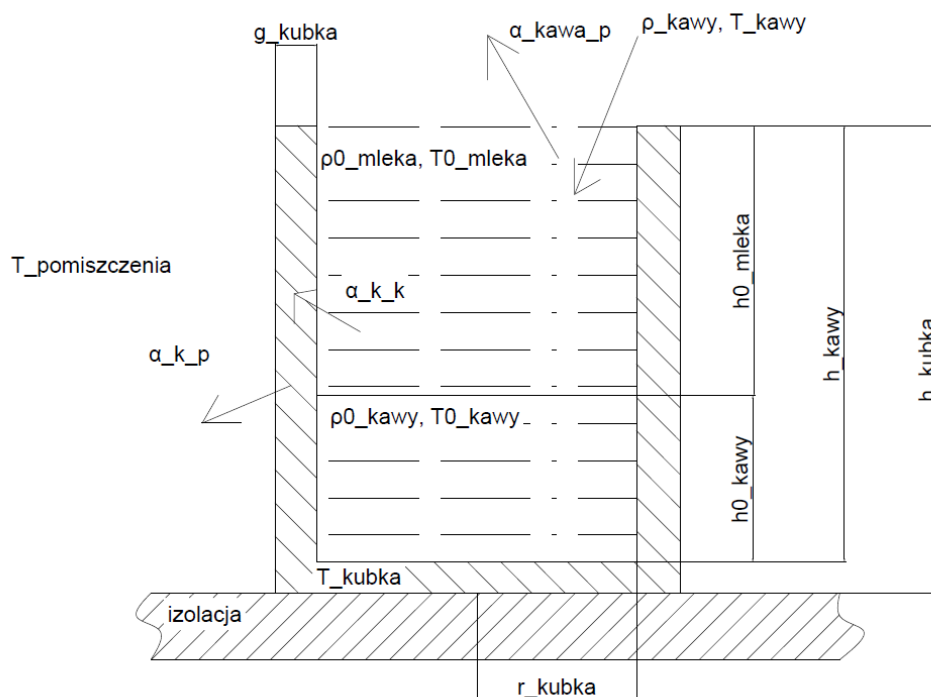
1. Wstęp

Celem niniejszego projektu jest badanie zjawiska transmisji ciepła układu przedstawionego w rozdziale *Model rzeczywisty układu*. Podczas badania tego zjawiska posłużyliśmy się oprogramowaniem firmy MATLAB, które w łatwy sposób pozwoliło nam na zaimplementowanie trzech różnych przypadków: kawa bez mleka, kawa z mlekiem (od razu), kawa z opóźnionym dolaniem mleka. Również w sposób prosty mogliśmy zmieniać parametry wartości parametrów układu m.in. wielkość kubka, gęstość mleka/kawy, objętość kawy i objętość mleka, czy też temperaturę pomieszczenia i zaobserwować jak te zmiany wpływają na przebieg temperatury kubka i kawy.

Założenia projektu to:

- jednolita substancja kawy
- jednolita temperatura panująca w kubku jak i samego kubka
- kubek jest postawiony na izolatorze (czyli brak wymiany ciepła od podłoża)

2. Model rzeczywisty układu



Rysunek 1 - Schemat układu

Przyjęto jako dane początkowe:

$T_{\text{pomieszczenia}} = 293$ – temperatura pomieszczenia w K

$T_{\text{kubka}} = 293$ – temperatura kubka w K

$T_{0kawy} = 360$ – początkowa temperatura kawy w K

$T_{0mleka} = 278$ – początkowa temperatura mleka w K

$\rho_{ściany_kubka} = 2400$ – gęstość ścianek kubka w $\frac{kg}{m^3}$

$\rho_{kawy} = 1200$ – gęstość kawy (bez mleka) w $\frac{kg}{m^3}$

$\rho_{mleka} = 1030$ – gęstość mleka w $\frac{kg}{m^3}$

$h_{kubka} = 0.09$ – wysokość kubka w m

$h_{kawy} = 0.05$ – wysokość słupa kawy w m

$h_{mleka} = 0.04$ – wysokość słupa mleka w m

$r_{kubka} = 0.04$ – promień podstawy kubka w m

$g_{kubka} = 0.002$ – grubość kubka w m

$\alpha_{kp} = 10$ - współczynnik wnikania ciepła pomiędzy kubkiem a pomieszczenie w $\frac{W}{m^2 \cdot K}$

$\alpha_{kk} = 50$ - współczynnik wnikania ciepła pomiędzy kubkiem a kawą w $\frac{W}{m^2 \cdot K}$

$\alpha_{kawap} = 10$ - współczynnik wnikania ciepła pomiędzy kawą a pomieszczeniem w $\frac{W}{m^2 \cdot K}$

3. Podstawy fizyczne

$$\frac{dT}{dt} = - \frac{Q_w + Q_{pk}}{V \cdot \rho \cdot C_p}$$

$$Q_w = \alpha \cdot A \cdot (T - T_s)$$

$$\frac{dT_s}{dt} = \frac{Q_w - Q_p}{V_s \cdot \rho_s \cdot C_{p_s}}$$

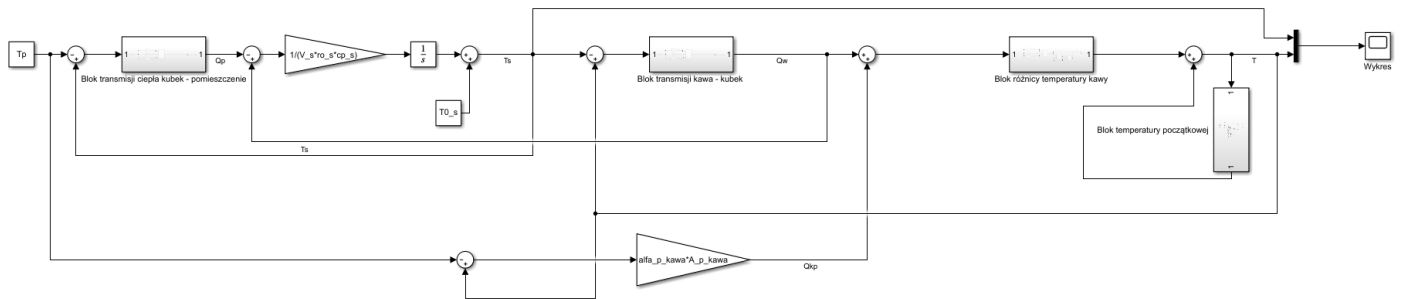
$$Q_p = -\alpha_r \cdot A \cdot (T_p - T_s)$$

$$Q_{pk} = \alpha_p \cdot A_k \cdot (T - T_p)$$

Rodzaj konwekcji	α [W/m ² ·K]
<u>Konwekcja swobodna</u>	
gazy i pary (przegrzane)	3 ... 20
ciecze:	
o dużej lepkości - np. oleje	50 ... 100
o małej lepkości - np. woda	250 ... 600
<u>Konwekcja wymuszona</u>	
gazy pary (przegrzane)	10 ... 150
ciecze	
o dużej lepkości - np. oleje	50 ... 600
o małej lepkości - np. woda	500 ... 10 000
ciekłe metale	3 000 ... 100 000
<u>Wrzenie</u>	
cieczy organicznych	500 ... 2 500
wody	1000 ... 50 000
<u>Skraplanie</u>	
par organicznych	500 ... 2 500
pary wodnej	1000 ... 15 000

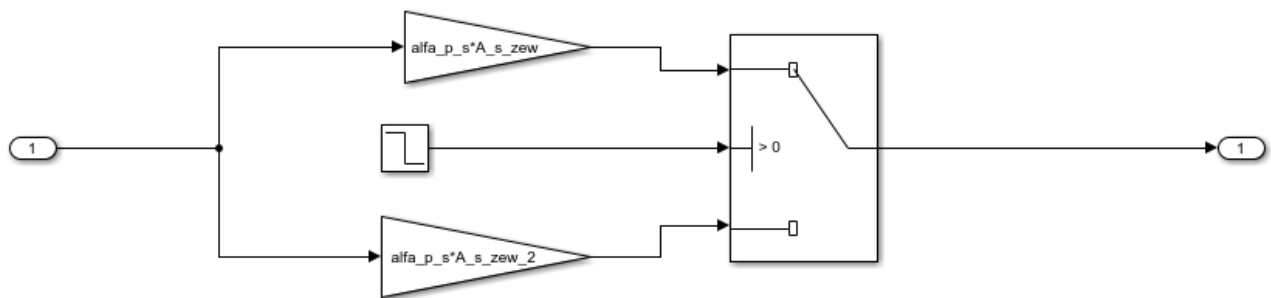
Tabela 1 - Zawierająca wartości współczynników przenikania

4. Model w programie SIMULINK



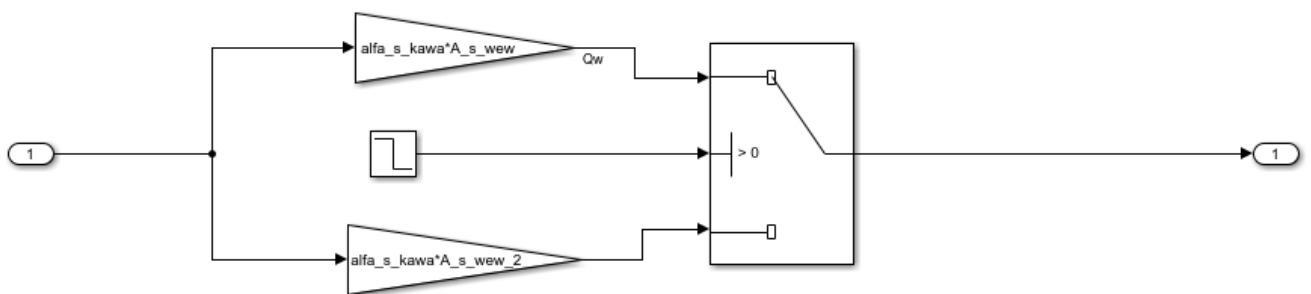
Rysunek 2 - Schemat blokowy

4.1. Blok transmisji ciepła kubek – pomieszczenie



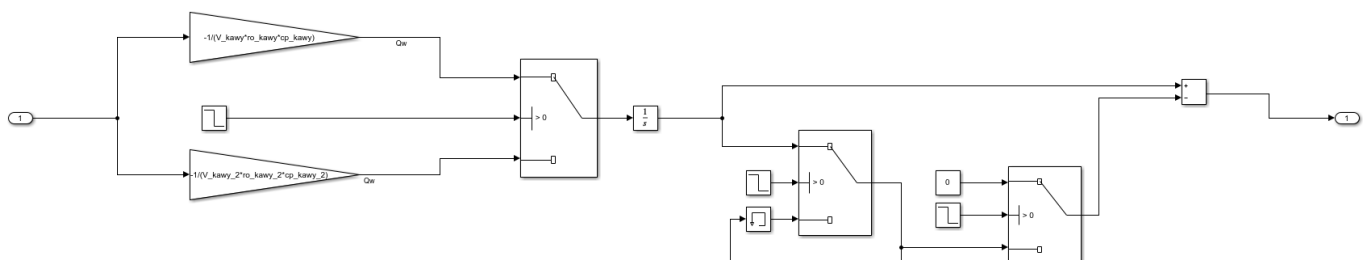
Rysunek 3 - Blok transmisji kubek – pomieszczenie

4.2. Blok transmisji ciepła kawa – kubek



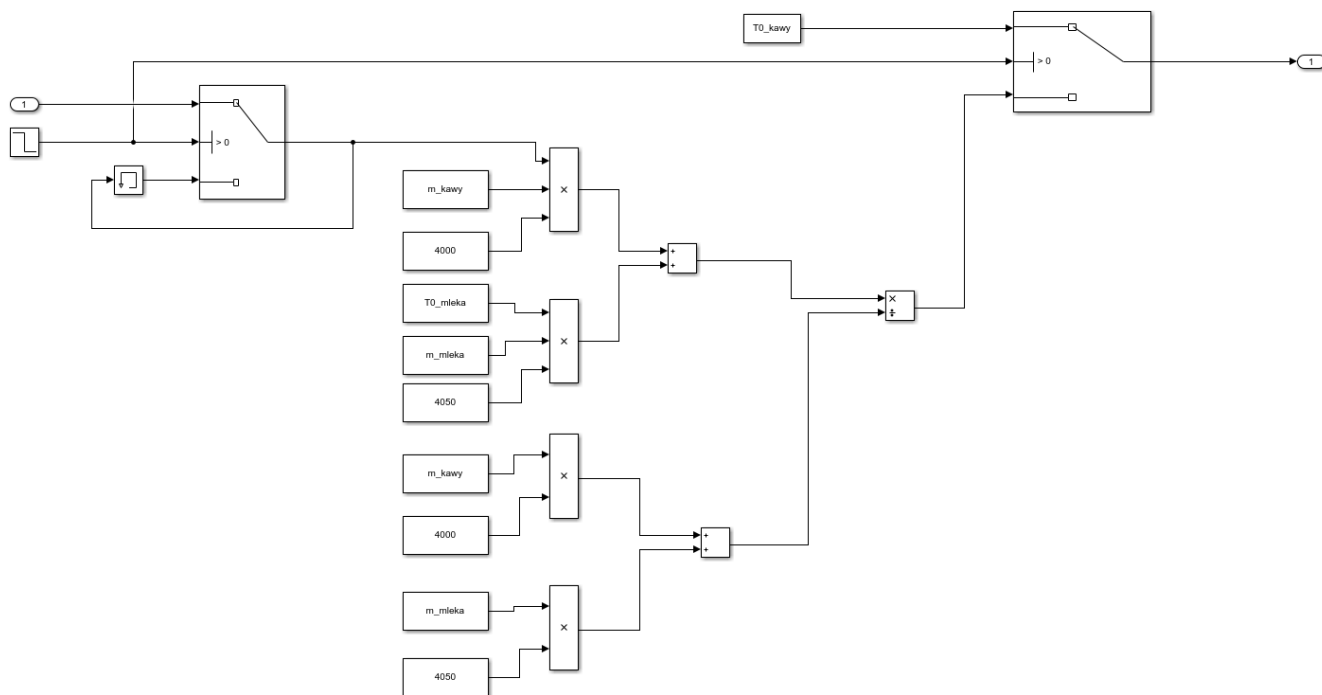
Rysunek 4 - Blok transmisji kawa – kubek

4.3. Blok różnicy temperatury kawy



Rysunek 5 – Blok różnicy temperatury kawy

4.4. Blok temperatury początkowej kawy

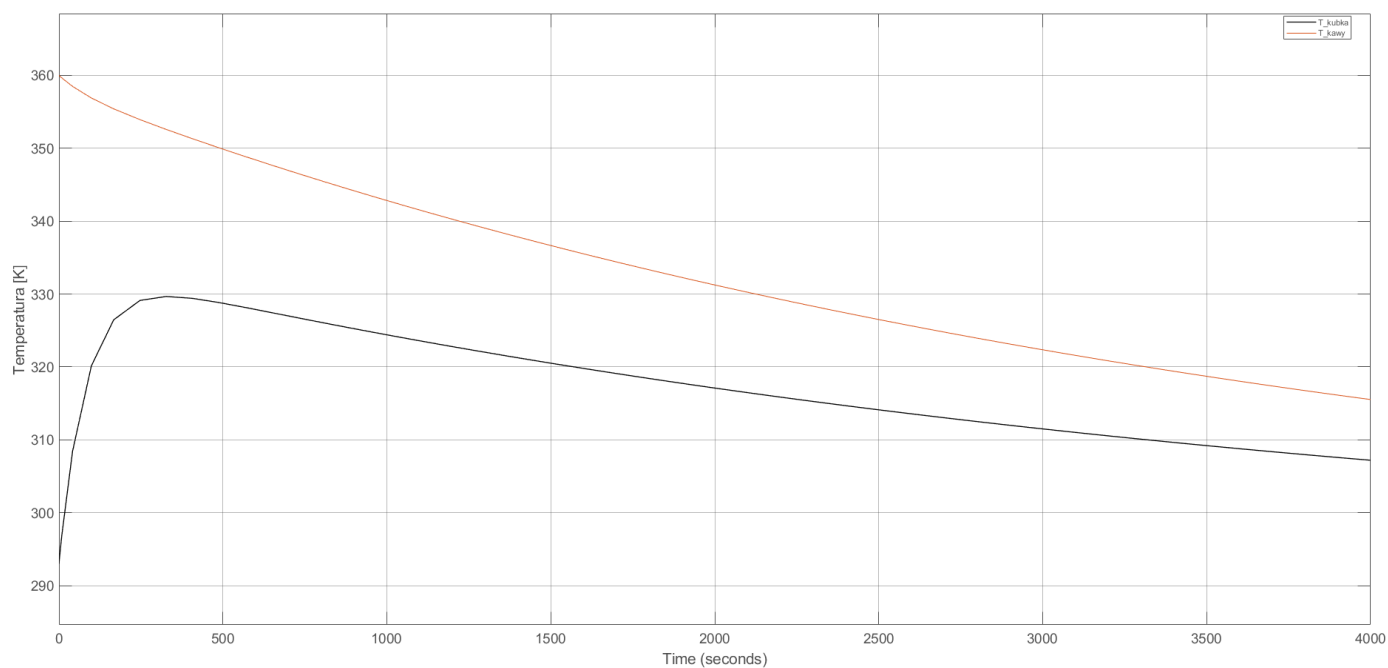


Rysunek 6 - Blok temperatury początkowej kawy

5. Wykresy i wnioski

5.1. Kawa bez mleka

5.1.1. Dane identyczne jak w rozdziale *Model rzeczywisty układu*

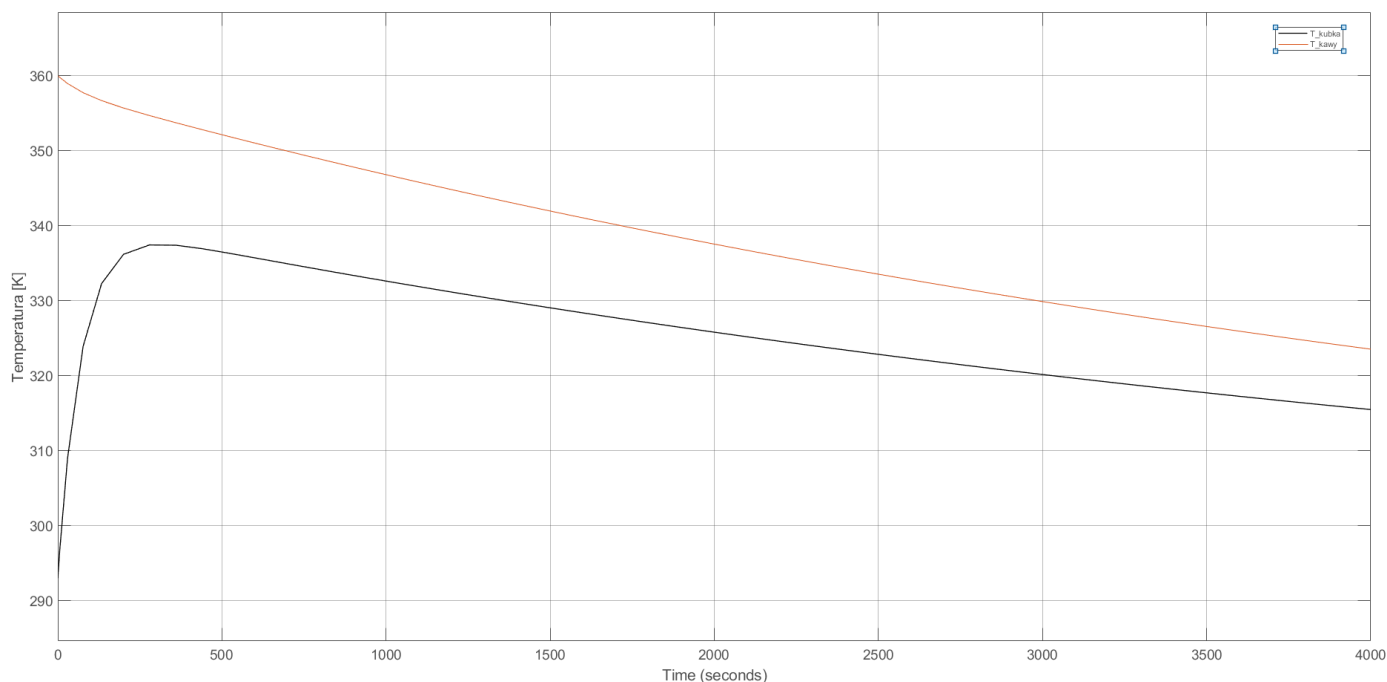


Rysunek 7 - Wykres dla danych początkowych

Analizując przebieg wykresu zauważamy poprawność odwzorowania modelu rzeczywistego przez symulację w SIMULINKU. Na początku następuje gwałtowne ogrzanie kubka do temperatury około 55 stopni Celsjusza i szybki spadek temperatury kawy, potem następuje spadek temperatury kubka wraz z powolniejszym spadkiem

temperatury kawy. Po około godzinie czasu osiągają one wartości: kawa – około 40 stopni Celsjusza i kubek – około 35 stopni Celsjusza.

5.1.2. Zmiana napełnienia kawy do wysokości – $h_{kawy} = 0.09$ m (pełny kubek)

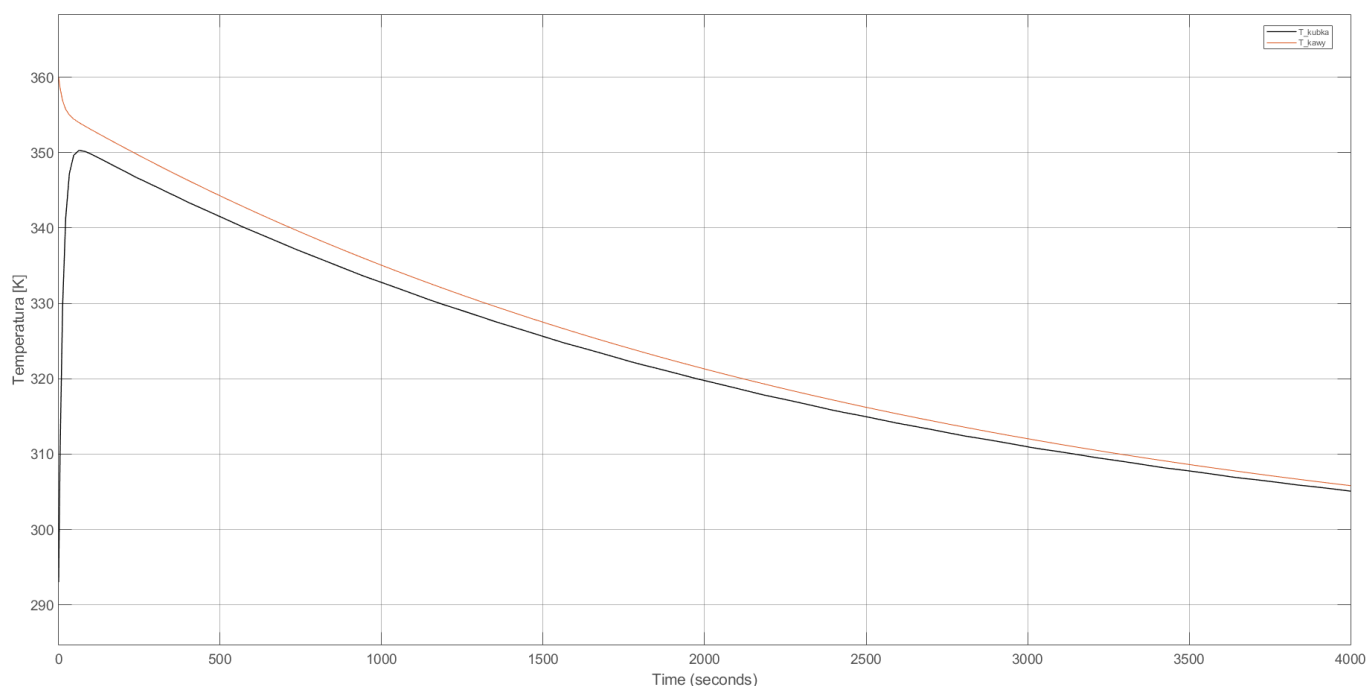


Rysunek 8 - Zmiana wysokości kawy

Porównując przebieg wykresu z wykresem z podpunktu 5.1.1. , zauważamy powolniejsze stygnięcie kawy. Jest to spowodowane większą ilością kawą, a więc większą ilością ciepła skumulowanego w niej. Również kubek nagrzewa się do wyższej temperatury ok. 60 stopni Celsjusza oraz jego temperatura po godzinie czasu jest wyższa niż w podpunkcie 5.1.1.

5.1.3. Zmiana współczynnika wymiany ciepła ze względu na mieszanie kawy

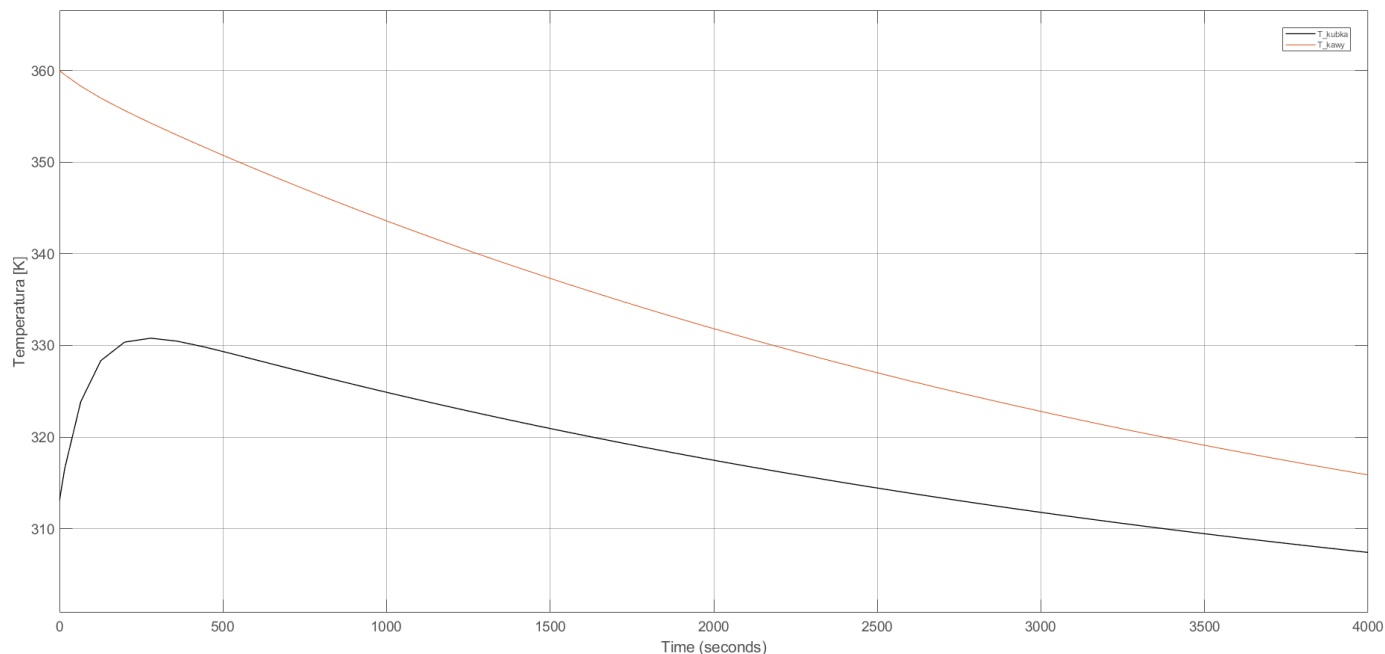
$$- \alpha_{kk} = 500 \frac{W}{m^2 \cdot K}, \alpha_{kawap} = 20 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$



Rysunek 9 - Zmiana współczynników wymiany ciepła

Porównując przebieg wykresu z wykresem z podpunktu 5.1.1. , zauważamy o wiele szybsze stygnięcie kawy i transmisję ciepła z kawy do kubka i pomieszczenia. Z tego powodu następuje większe nagrzanie się kubka, ale również szybszy spadek temperatury kawy. Po godzinie czasu osiągają one temperaturę jedynie około 30 stopni Celsjusza.

5.1.4. Zmiana początkowej temperatury kubka – 313 K

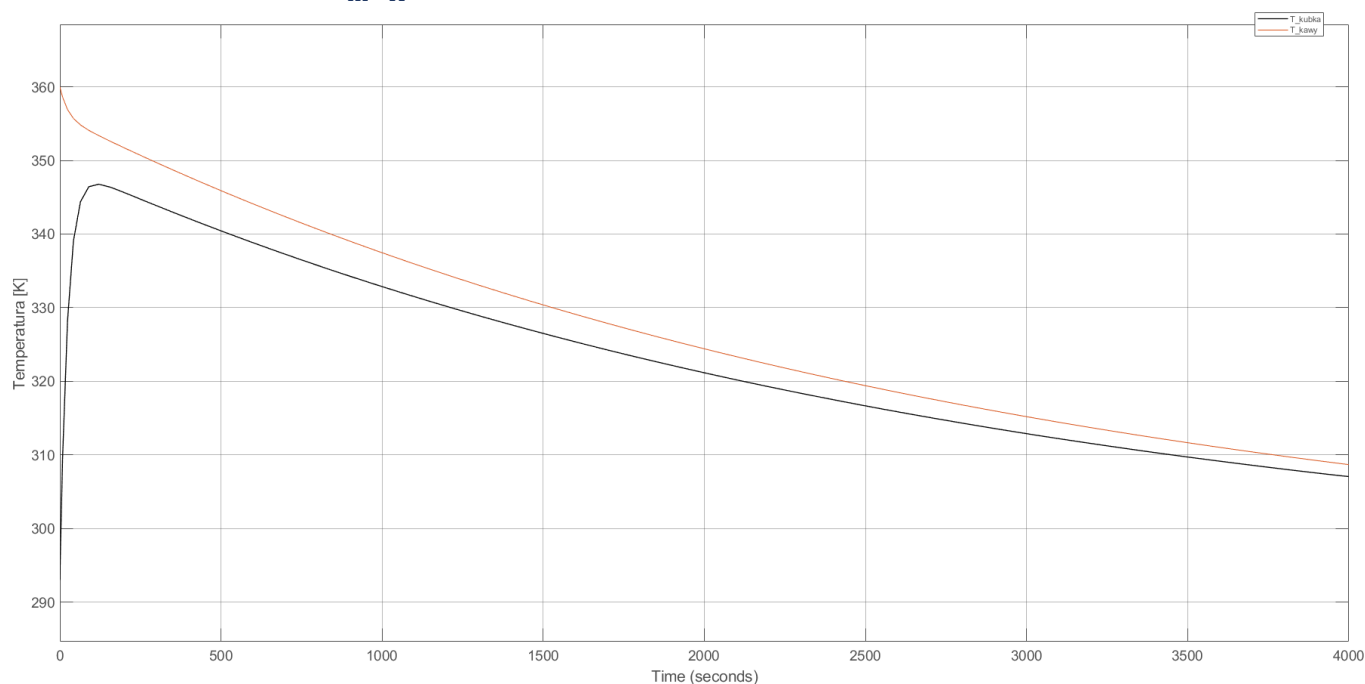


Rysunek 10 - Zmiana początkowej temperatury kubka

Porównując przebieg wykresu z wykresem z podpunktu 5.1.1. , zauważamy niewielki wpływ podgrzania na przebieg temperatury kawy. Czas stygnięcia wynosi w przybliżeniu tyle samo co w podpunkcie 5.1.1. .

5.1.5. Zmiana współczynnika przenikania ciepła zgodnie z tabelą 1

$$- \alpha_{kk} = 250 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

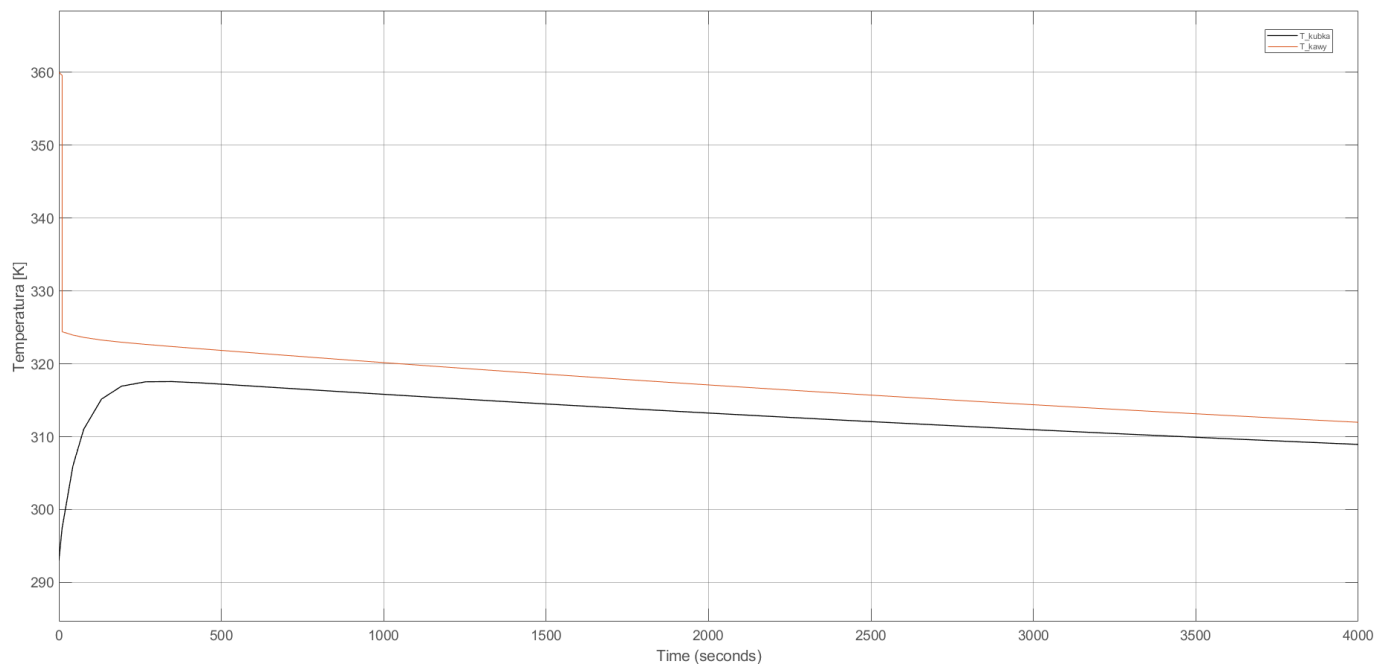


Rysunek 11 - Zmiana współczynnika przenikania ciepła

Porównując przebieg wykresu z wykresem z podpunktu 5.1.1. , zauważamy szybszy spadek temperatury (tak jak to miało miejsce w podpunkcie 5.1.3.). Temperatura końcowa jest również podobna tak jak to miało miejsce dla $\alpha_{kk} = 500 \frac{W}{m^2 \cdot K}$, co jest spowodowane tym, że przy tak wysokich współczynnikach kubek – kawa chłodzenie kawy jest głównie zależne od współczynnika powietrze – kawa/kubek.

5.2. Kawa z mlekiem (od razu)

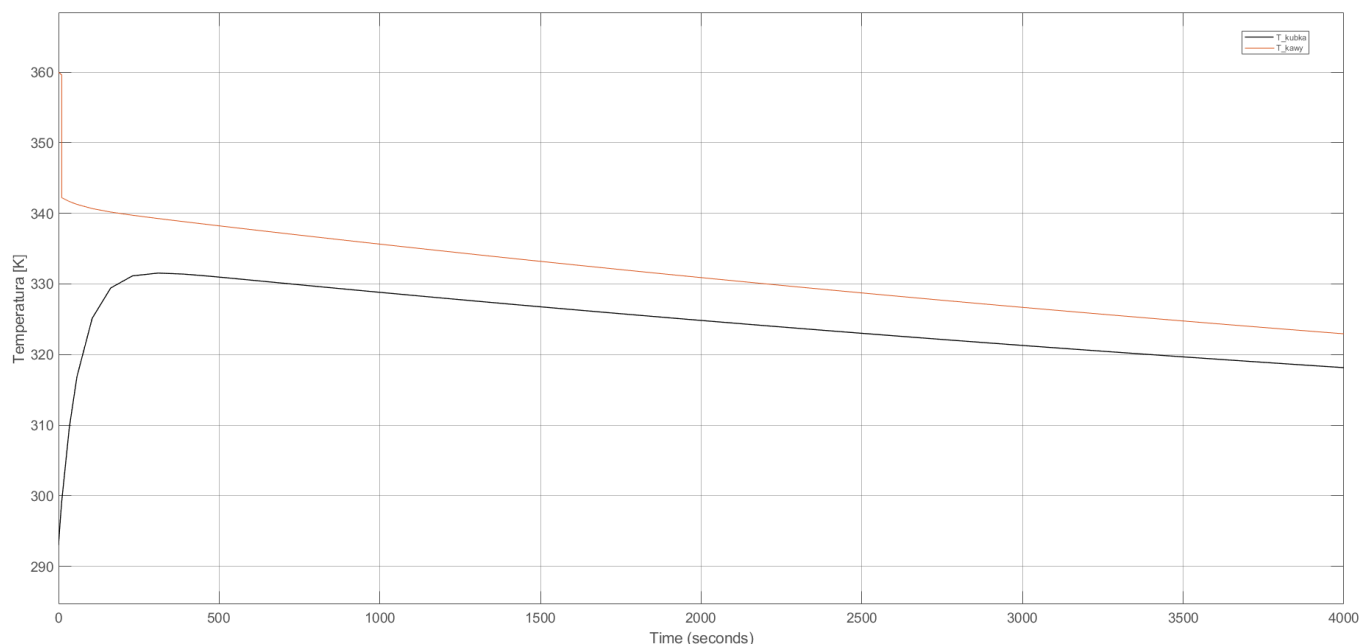
5.2.1. Dane identyczne jak w rozdziale *Model rzeczywisty układu*



Rysunek 12 - Wykres dla danych początkowych

Możemy zauważyć bardzo gwałtowny spadek temperatury kawy po dolaniu mleka do 50 stopni Celsjusza, jest to spowodowane tym, że zmieszaliśmy kawę (100 stopni Celsjusza) z mlekiem (5 stopni Celsjusza) blisko proporcji 50/50. Następnie zauważamy powolny spadek temperatury dążący do temperatury pomieszczenia.

5.2.2. Zmiana proporcji kawa – mleko: kawa – 0,07 m a mleko – 0,02 m

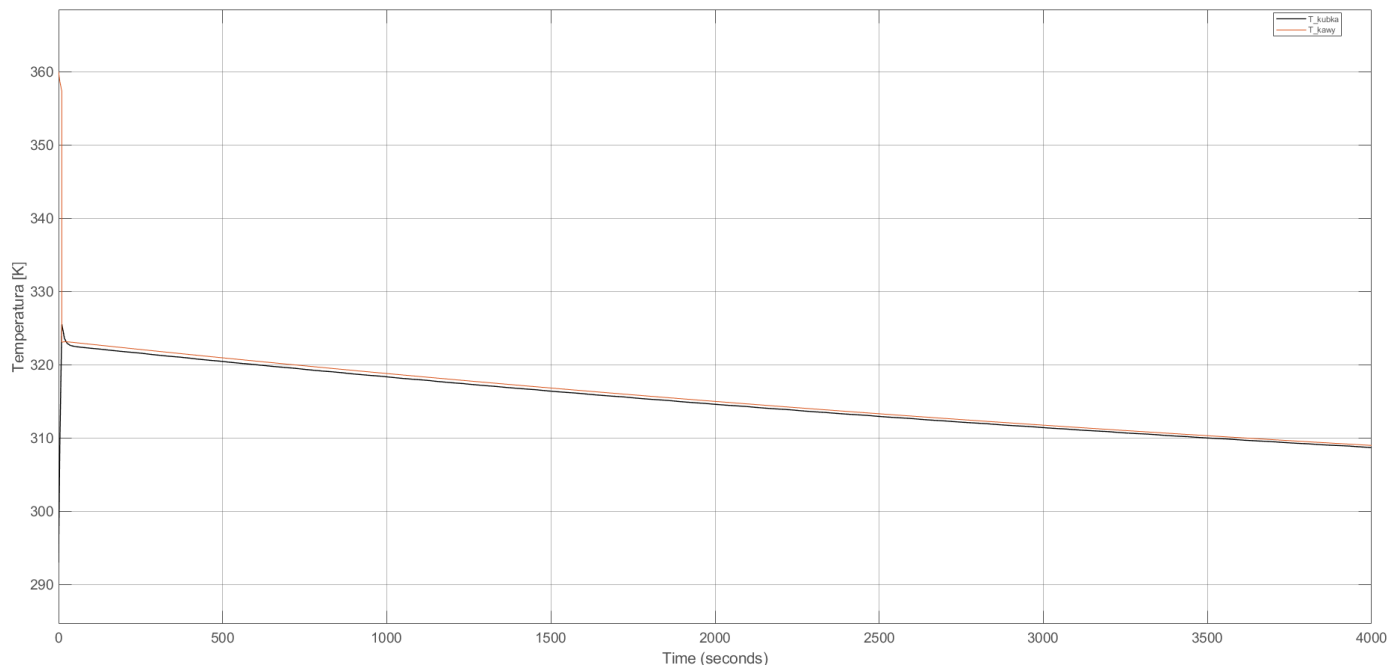


Rysunek 13 - Zmiana proporcji

Analizując przebieg wykresu zauważamy, że temperatura końcowa kawy jest trochę niższa do temperatury końcowej z podpunktu 5.1.2., jest to spowodowane mniejszą różnicą ciepła kawy po dolaniu mleka i tym samym wolniejszy transferem ciepła do otoczenia. Również możemy zauważyć nagły spadek temperatury kawy po dolaniu mleka.

5.2.3. Zmiana współczynnika wymiany ciepła ze względu na mieszanie kawy

$$- \alpha_{kk} = 500 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}, \alpha_{kawap} = 20 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

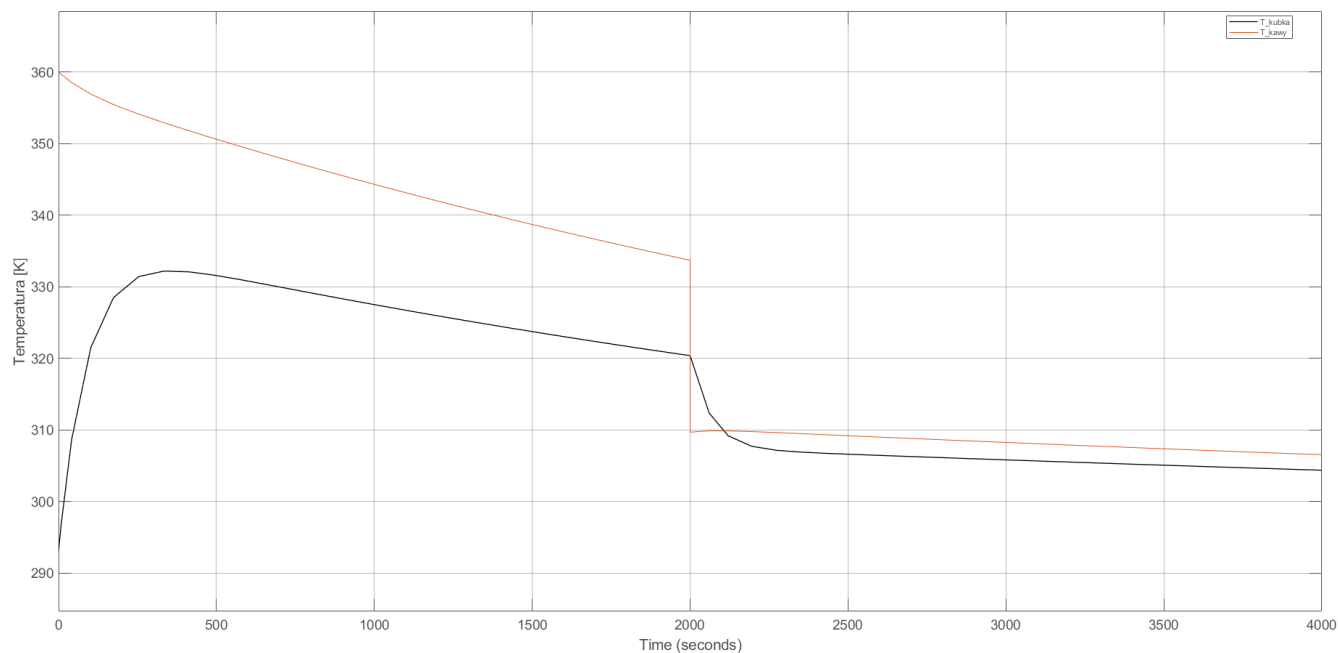


Rysunek 14 - Zmiana współczynników wymiany ciepła

Porównując przebieg wykresu z wykresem z podpunktu 5.2.1. , zauważamy szybki wzrost temperatury kubka w pierwszych 10 sekundach jak dolejemy mleko to temperatura kawy obniży się na pewien moment poniżej temperatury kubka, co może być spowodowane błędem założenia wymiany ciepła pomiędzy mlekiem a kawą następującego natychmiastowo.

5.3. Kawa z opóźnionym dolaniem mleka

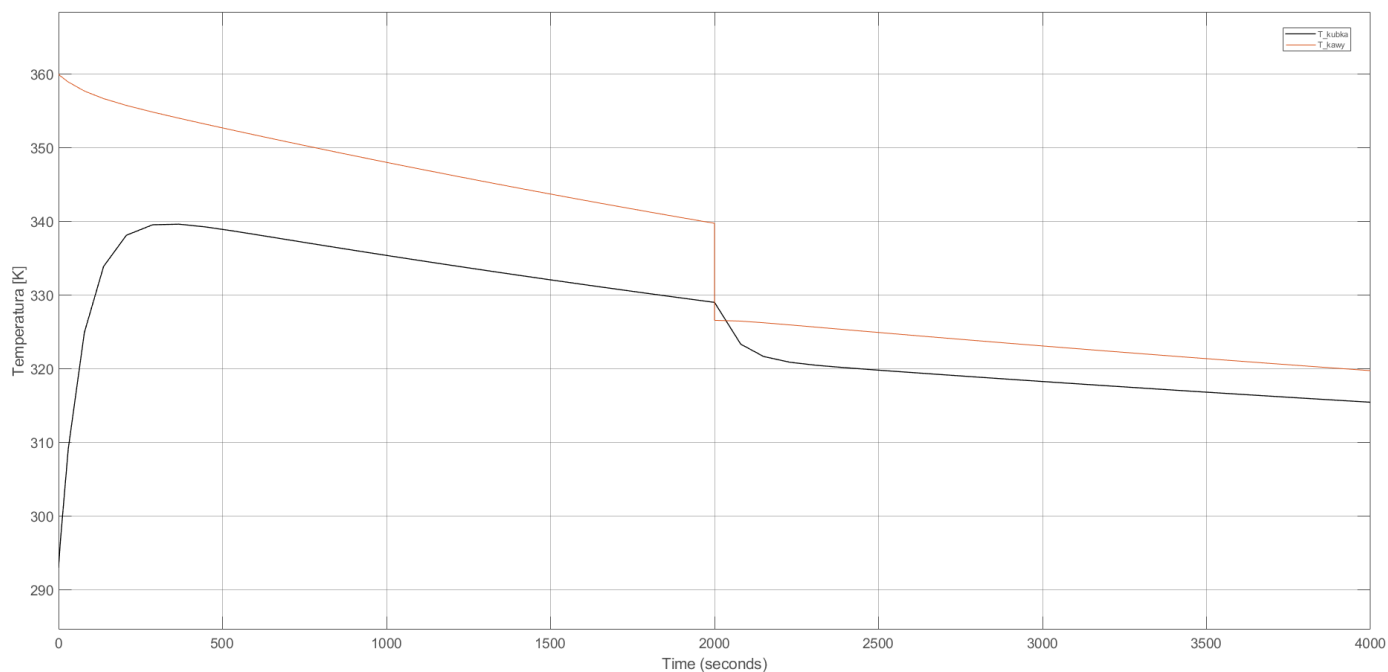
5.3.1. Dane identyczne jak w rozdziale *Model rzeczywisty układu*



Rysunek 15 - Wykres dla danych początkowych

Możemy zauważyć, że w tym przypadku uzyskujemy najmniejszą temperaturę kawy ze wszystkich przypadków po około godzinie jej temperatura prawie 30 stopni Celsjusza, jest to spowodowane tym, że do momentu dolania mleka kawa szybko stygnie ze względu na jej małą ilość i jej wysoką temperaturę (w porównaniu do dolania mleka od razu), a następnie dolanie mleka skutkuje gwałtownym spadkiem temperatury. A po dolaniu mleka ze względu na dużą ilość substancji, a także jego małą temperaturę napój wolno stygnie.

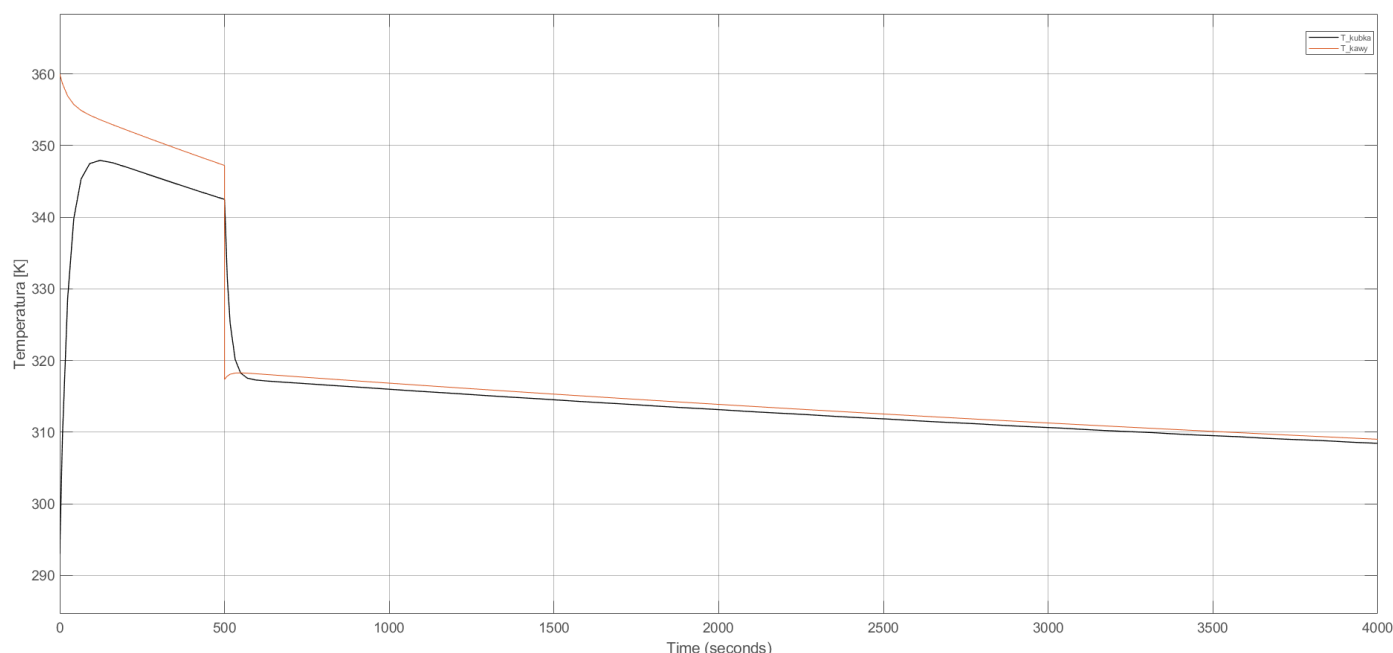
5.3.2. Zmiana proporcji kawa – mleko: kawa – 0,07 m a mleko – 0,02 m



Rysunek 16 - Zmiana proporcji

Analizując przebieg wykresu zauważamy mniejszy spadek temperatury ze względu na większą ilość kawy i tym samym mniejszą ilość mleka, co powoduje większą temperaturę końcową niż temperaturę uzyskaną w podpunkcie 5.3.1. .

5.3.3. Zmiana czasu dolania mleka



Rysunek 17 – Zmiana czasu dolania mleka

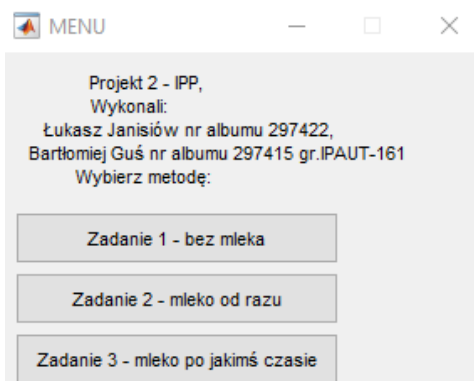
Wykres obrazujący najszybsze uzyskanie naszej temperatury przyjemności.

6. Wnioski końcowe

- Przy zwiększeniu ilości kawy w kubku otrzymujemy wolniejsze stygnięcie kawy, co jest spowodowane większą ilością ciepła do oddania.
- Przy mieszaniu kawy, kubek szybciej się nagrzewa i uzyskuje prawie temperaturę kawy przez co czas stygnięcia kawy zależy głównie od współczynnika przenikania kubka – powietrze, zauważamy, że temperatura końcowa kawy niewiele się różni niż przy braku mieszania kawy.
- Podgrzanie kubka nie wpłynęło znacząco na stygnięcie kawy, ponieważ kubek szybciej oddawał ciepło przez jego większą temperaturę, więc jeżeli chcemy zostawić kawę na później szkoda prądu na podgrzewanie kubka.
- Dolanie mleka znacząco obniża temperaturę kawy w momencie dolania, co skutkuje mniejszą różnicą temperatur kawa – kubek/pomieszczenie przez co kawa wolniej oddaje swoje ciepło.
- Możemy zauważyć, że temperatura kawy po dolaniu mleka opóźnionym o pół godziny uzyskuje tą samą temperaturę co kawa po natychmiastowym dolaniu mleka po ponad godzinie czasu.
- Z naszych badań doświadczalnych wynika, że przy braku mieszania współczynnik przenikania kawa – kubek wynosi około 50, ponieważ dla tej wartości przebieg najbardziej odwzorowywał rzeczywistość.
- Ze względu na założenie natychmiastowej wymiany temperatur kawa – mleko w niektórych przypadkach temperatura kubka była większa od temperatury kawy przez pewien czas np. podpunkt 5.3.1., ale nie wpływa to znacząco na szukanie temperatury przyjemności.
- W celu uzyskania jak najszybszej temperatury przyjemności, czyli temperatury w której lubimy pić kawę należy najpierw zrobić kawę a dopiero po jakimś czasie dolać mleko np. dla

kubka IKEA DINERA i naszej temperatury przyjemności około 45 stopni Celsjusza musimy zmieszać kawę i mleko w proporcji 5:4 i dolać mleko po około 7 minutach, co jest zgodne z rzeczywistością. Kawa od razu po dolaniu mleka nadaje się do picia.

7. Zrzuty ekranu programu



Rysunek 18 - Menu początkowe

Rysunek 19 - Menu mleko po jakimś czasie

8. Kod źródłowy programu

```
clc;
clear;

tytul = [' Projekt 2 - IPP,
        ' Wykonali:
        ' Łukasz Janisiów nr albumu 297422,
        ' Bartłomiej Guś nr albumu 297415 gr.IPAUT-161
        ' Wybierz metodę:
        '];

odpowiedz=[1,2,3];
wybor=menu(tytul,'Zadanie 1 - bez mleka','Zadanie 2 - mleko od razu','Zadanie 3 - mleko
po jakimś czasie');

A_s_wew = 1;
A_s_zew = 1;
V_kawy= 1;
cp_kawy = 1;

h_kawy=1;

m_kawy=1;
m_mleka = 1;

ro_kawy_2 = 1;

A_s_zew_2 = 1;
V_s=1;
A_s_wew_2 = 1;
A_p_kawa = 1;
V_kawy_2=1;
cp_s=1;
cp_kawy_2 = 1;

T0_mleka = 1;
ro_mleka = 1;
h0_mleka = 1;

T_symulacji = 4000;
Timeop = T_symulacji + 1;

switch odpowiedz(wybor)
    case 1

        Podaj_Tp = ('Podaj wartość temperatury panującej w pomieszczeniu w [K]');
        Podaj_alfa_p_s = ('Podaj wartość współczynnika wymiany ciepła powietrze -
ściana kubka w [W/(m2*K)]');
        Podaj_r = ('Podaj wartość promienia kubka w [m]');
        Podaj_h = ('Podaj wartość wysokości kubka w [m]');
        Podaj_g = ('Podaj wartość grubości ścianki w [m]');
        Podaj_ro_s = ('Podaj wartość gęstości materiału z jakiego wykonana jest ściana
kubka w [kg/m3]');
        Podaj_alfa_s_k = ('Podaj wartość współczynnika wymiany ciepła ściana - kawa w
[W/(m2*K)]');
        Podaj_T0_s = ('Podaj początkową wartość temperatury kubka w [K]');
        Podaj_h_kawy = ('Podaj wartość wysokości kawy z wrzątkiem w [m]');
        Podaj_alfa_p_kawa = ('Podaj wartość współczynnika wymiany ciepła powietrze -
kawa w [W/(m2*K)]');
        Podaj_ro_kawy = ('Podaj wartość gęstości kawy w [kg/m3]');
        Podaj_T0_kawy = ('Podaj początkową wartość temperatury kawy w [K]');
```

```
answer=inputdlg({'Podaj_Tp,Podaj_alfa_p_s,Podaj_r,Podaj_h,Podaj_g,Podaj_ro_s,Podaj_alfa_s_k,Podaj_T0_s,Podaj_h_kawy,Podaj_alfa_p_kawa,Podaj_ro_kawy,Podaj_T0_kawy'});
```

```
if isempty(str2num(answer{1,1}))
    Tp = 293;
else Tp = str2num(answer{1,1});
end

if isempty(str2num(answer{2,1}))
    alfa_p_s = 12;
else alfa_p_s = str2num(answer{2,1});
end

if isempty(str2num(answer{3,1}))
    r = 0.04;
else r = str2num(answer{3,1});
end

if isempty(str2num(answer{4,1}))
    h = 0.09;
else h = str2num(answer{4,1});
end

if isempty(str2num(answer{5,1}))
    g = 0.002;
else g = str2num(answer{5,1});
end

if isempty(str2num(answer{6,1}))
    ro_s = 2400;
else ro_s = str2num(answer{6,1});
end

if isempty(str2num(answer{7,1}))
    alfa_s_kawa = 50;
else alfa_s_kawa = str2num(answer{7,1});
end

if isempty(str2num(answer{8,1}))
    T0_s = 293;
else T0_s = str2num(answer{8,1});
end

if isempty(str2num(answer{9,1}))
    h_kawy = 0.05;
else h_kawy = str2num(answer{9,1});
end

if isempty(str2num(answer{10,1}))
    alfa_p_kawa = 12;
else alfa_p_kawa = str2num(answer{10,1});
end

if isempty(str2num(answer{11,1}))
    ro_kawy = 1100;
else ro_kawy = str2num(answer{11,1});
end

if isempty(str2num(answer{12,1}))
    T0_kawy = 360;
else T0_kawy = str2num(answer{12,1});
end
```

```

A_s_zew = (2*h-h_kawy)*2*3.14*r;
V_s=3.14*((r+g)*(r+g)-r*r)*h;
A_s_wew = 2*3.14*r*h_kawy;
A_p_kawa = 3.14*r*r;
V_kawy=3.14*r*r*h_kawy;
cp_s=800;
cp_kawy = 4000;

```

case 2

```

Podaj_Tp = ('Podaj wartość temperatury panującej w pomieszczeniu w [K]');
Podaj_alfa_p_s = ('Podaj wartość współczynnika wymiany ciepła powietrze -
ściana kubka w [W/(m2*K)]');
Podaj_r = ('Podaj wartość promienia kubka w [m]');
Podaj_h = ('Podaj wartość wysokości kubka w [m]');
Podaj_g = ('Podaj wartość grubości ścianki w [m]');
Podaj_ro_s = ('Podaj wartość gęstości materiału z którego wykonana jest ścianka
kubka w [kg/m3]');
Podaj_alfa_s_k = ('Podaj wartość współczynnika wymiany ciepła ścianka - kawa w
[W/(m2*K)]');
Podaj_T0_s = ('Podaj początkową wartość temperatury kubka w [K]');
Podaj_h_kawy = ('Podaj wartość wysokości kawy z wrzątkiem w [m]');
Podaj_alfa_p_kawa = ('Podaj wartość współczynnika wymiany ciepła powietrze -
kawa w [W/(m2*K)]');
Podaj_ro_kawy = ('Podaj wartość gęstości kawy w [kg/m3]');
Podaj_T0_kawy = ('Podaj początkową wartość temperatury kawy [K]');
Podaj_T0_mleka = ('Podaj początkową wartość temperatury mleka w [K]');
Podaj_ro_mleka = ('Podaj wartość gęstości mleka w [kg/m3]');
Podaj_ho_mleka = ('Podaj wartość wysokości mleka w [m]');

```

```

answer=inputdlg({Podaj_Tp,Podaj_alfa_p_s,Podaj_r,Podaj_h,Podaj_g,Podaj_ro_s,Podaj_alfa_
s_k,Podaj_T0_s,Podaj_h_kawy,Podaj_alfa_p_kawa,Podaj_ro_kawy,Podaj_T0_kawy,Podaj_T0_mlek
a,Podaj_ro_mleka,Podaj_ho_mleka});

```

```

if isempty(str2num(answer{1,1}))
    Tp = 293;
else Tp = str2num(answer{1,1});
end

if isempty(str2num(answer{2,1}))
    alfa_p_s = 10;
else alfa_p_s = str2num(answer{2,1});
end

if isempty(str2num(answer{3,1}))
    r = 0.04;
else r = str2num(answer{3,1});
end

if isempty(str2num(answer{4,1}))
    h = 0.09;
else h = str2num(answer{4,1});
end

if isempty(str2num(answer{5,1}))
    g = 0.002;
else g = str2num(answer{5,1});
end

if isempty(str2num(answer{6,1}))

```



```

        ro_s = 2400;
    else ro_s = str2num(answer{6,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{7,1}))
        alfa_s_kawa = 50;
    else alfa_s_kawa = str2num(answer{7,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{8,1}))
        T0_s = 293;
    else T0_s = str2num(answer{8,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{9,1}))
        h0_kawy = 0.05;
    else h0_kawy = str2num(answer{9,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{10,1}))
        alfa_p_kawa = 10;
    else alfa_p_kawa = str2num(answer{10,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{11,1}))
        ro_kawy = 1200;
    else ro_kawy = str2num(answer{11,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{12,1}))
        T0_kawy = 360;
    else T0_kawy = str2num(answer{12,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{13,1}))
        T0_mleka = 278;
    else T0_mleka = str2num(answer{13,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{14,1}))
        ro_mleka = 1030;
    else ro_mleka = str2num(answer{14,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{15,1}))
        h0_mleka = 0.04;
    else h0_mleka = str2num(answer{15,1});
    end

    h_kawy=h0_kawy + h0_mleka;

    m_kawy=ro_kawy*3.14*r*r*h0_kawy;
    m_mleka = ro_mleka*3.14*r*r*h0_mleka;

    ro_kawy = (ro_kawy*h0_kawy+ro_mleka*h0_mleka)/(h0_kawy+h0_mleka);

    A_s_zew =(2*h-h_kawy)*2*3.14*r;
    V_s=3.14*((r+g)*(r+g)-r*r)*h;
    A_s_wew = 2*3.14*r*h_kawy;
    A_p_kawa = 3.14*r*r;
    V_kawy=3.14*r*r*h_kawy;
    cp_s=800;
    cp_kawy = 4000;

```

```

T0_kawy =
(m_kawy*4200*T0_kawy+m_mleka*4050*T0_mleka)/(m_kawy*4200+m_mleka*4050);

```

```

case 3

```

```

    Podaj_Tp = ('Podaj wartość temperatury panującej w pomieszczeniu w [K]');
    Podaj_alfa_p_s = ('Podaj wartość współczynnika wymiany ciepła powietrze -
ściana kubka w [W/(m2*K)]');
    Podaj_r = ('Podaj wartość promienia kubka w [m]');
    Podaj_h = ('Podaj wartość wysokości kubka w [m]');
    Podaj_g = ('Podaj wartość grubości ścianki w [m]');
    Podaj_ro_s = ('Podaj wartość gęstości materiału z jakiego wykonana jest ścianka
kubka w [kg/m3]');
    Podaj_alfa_s_k = ('Podaj wartość współczynnika wymiany ciepła ścianka - kawa w
[W/(m2*K)]');
    Podaj_T0_s = ('Podaj początkową wartość temperatury kubka w [K]');
    Podaj_h_kawy = ('Podaj wartość wysokości kawy z wrzątkiem w [m]');
    Podaj_alfa_p_kawa = ('Podaj wartość współczynnika wymiany ciepła powietrze -
kawa w [W/(m2*K)]');
    Podaj_ro_kawy = ('Podaj wartość gęstości kawy w [kg/m3]');
    Podaj_T0_kawy = ('Podaj początkową wartość temperatury kawy w [K]');
    Podaj_T0_mleka = ('Podaj początkową wartość temperatury mleka w [K]');
    Podaj_ro_mleka = ('Podaj wartość gęstości mleka w [kg/m3]');
    Podaj_ho_mleka = ('Podaj wartość wysokości mleka w [m]');
    Podaj_Timeop = ('Po jakim czasie dolewasz kawę w [s]');

```

```

answer=inputdlg({Podaj_Tp,Podaj_alfa_p_s,Podaj_r,Podaj_h,Podaj_g,Podaj_ro_s,Podaj_alfa_
s_k,Podaj_T0_s,Podaj_h_kawy,Podaj_alfa_p_kawa,Podaj_ro_kawy,Podaj_T0_kawy,Podaj_T0_mlek
a,Podaj_ro_mleka,Podaj_ho_mleka,Podaj_Timeop});

```

```

    if isempty(str2num(answer{1,1}))
        Tp = 293;
    else Tp = str2num(answer{1,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{2,1}))
        alfa_p_s = 10;
    else alfa_p_s = str2num(answer{2,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{3,1}))
        r = 0.04;
    else r = str2num(answer{3,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{4,1}))
        h = 0.09;
    else h = str2num(answer{4,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{5,1}))
        g = 0.002;
    else g = str2num(answer{5,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{6,1}))
        ro_s = 2400;
    else ro_s = str2num(answer{6,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{7,1}))

```

```

        alfa_s_kawa = 50;
    else alfa_s_kawa = str2num(answer{7,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{8,1}))
        T0_s = 293;
    else T0_s = str2num(answer{8,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{9,1}))
        h0_kawy = 0.05;
    else h0_kawy = str2num(answer{9,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{10,1}))
        alfa_p_kawa = 10;
    else alfa_p_kawa = str2num(answer{10,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{11,1}))
        ro_kawy = 1100;
    else ro_kawy = str2num(answer{11,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{12,1}))
        T0_kawy = 360;
    else T0_kawy = str2num(answer{12,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{13,1}))
        T0_mleka = 278;
    else T0_mleka = str2num(answer{13,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{14,1}))
        ro_mleka = 1030;
    else ro_mleka = str2num(answer{14,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{15,1}))
        h0_mleka = 0.04;
    else h0_mleka = str2num(answer{15,1});
    end

    if isempty(str2num(answer{16,1}))
        Timeop = 2000;
    else Timeop = str2num(answer{16,1});
    end

    A_s_wew = 2*3.14*r*h0_kawy;
    A_s_zew = (2*h-h0_kawy)*2*3.14*r;
    V_kawy=3.14*r*r*h0_kawy;
    cp_kawy = 4000;

    h_kawy=h0_kawy + h0_mleka;

    m_kawy=ro_kawy*3.14*r*r*h0_kawy;
    m_mleka = ro_mleka*3.14*r*r*h0_mleka;

    ro_kawy_2 = (ro_kawy*h0_kawy+ro_mleka*h0_mleka)/(h0_kawy+h0_mleka);

    A_s_zew_2 = (2*h-h_kawy)*2*3.14*r;
    V_s=3.14*((r+g)*(r+g)-r*r)*h;

```

```
A_s_wew_2 = 2*3.14*r*h_kawy;  
A_p_kawa = 3.14*r*r;  
V_kawy_2=3.14*r*r*h_kawy;  
cp_s=800;  
cp_kawy_2 = 4000;
```

```
end
```