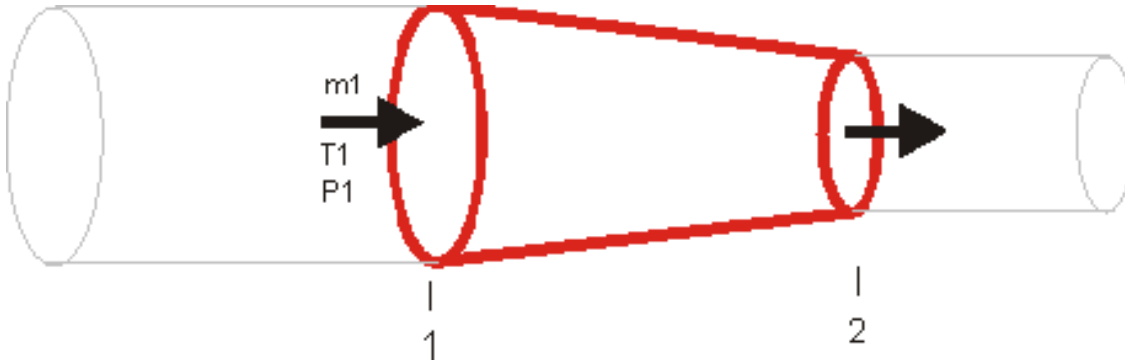


Zadania z przepływu gazów i przemian gazów

Zadanie 1

1) Policzyc parametry przeplywu na wylocie z kanału zwężajacego się (T_2 , T_2 , P_{t2} , P_2 , V_2), gdy pole przekroju na wylocie jest 0,75 pola przekroju wlotowego. Na wlocie pole przekroju poprzecznego kanału wynosi $A_1=0.1\text{m}^2$, wydatek masy w kanale wynosi 30 kg/s, a temperatura statyczna $T_1=300\text{ K}$ i ciśnienie statyczne $P_1=200\text{kPa}$. Straty przeplywowe w kanale wynoszą 0.5 kPa.



Dane:

$T_1=300$; % [K]
 $P_1=200$; % [kPa]
 $m_1=30$ % [kg/s]

$m_1 = 30$

$A_1=0.1$ % [m^2]

$A_1 = 0.1000$

$A_2=0.75 \cdot A_1$ % [m^2]

$A_2 = 0.0750$

$dP_t=0.5$ % [kPa]

$dP_t = 0.5000$

Obliczenia:

% Z równania ciągłości $m=\rho \cdot A \cdot c$
% Z równania stanu gazu $\rho=P/R/T$, gdzie R - indywidualna stała gazowa dla
% powietrza $R=287$ [J/kg/K]
 $R=287$; % [J/kg/K]
% gęstość w przekroju 1
 $\rho_1=P_1 \cdot 1000/R/T_1$ % [kg/m^3]

$\rho_1 = 2.3229$

% prędkość gazu w przekroju 1
 $V_1=m_1/\rho_1/A_1$ % [m/s]

$$V1 = 129.1500$$

$cp=1005$ % [J/kg/K] - ciepło właściwe dla powietrza

$$cp = 1005$$

% temperatura spiętrzenia w przekroju wlotowym:

$$Tt1=T1+(V1.^2)/2/cp$$

$$Tt1 = 308.2984$$

$$k=cp/(cp-R)$$

$$k = 1.3997$$

% Ciśnienie spiętrzenia:

$$Pt1=P1*(Tt1/T1).^(k/(k-1))$$

$$Pt1 = 220.0521$$

OBLICZENIA PRZEKROJU 2 - przyjęto założenie, że gaz jest nieściśliwy ($M2 < 0.3$) stąd $\rho_2 = \rho_1$

% OBLICZENIA DLA PRZEKROJU 2

% Dla warunków przepływu ustalonego

$$m2=m1 \text{ % [kg/s]}$$

$$m2 = 30$$

% Ciśnienie po uwzględnieniu strat

$$Pt2=Pt1-dPt \text{ % [kPa]}$$

$$Pt2 = 219.5521$$

$$Tt2=Tt1$$

$$Tt2 = 308.2984$$

$$\rho_2=\rho_1 \text{ % [kg/m}^2\text{]}$$

$$\rho_2 = 2.3229$$

$$V2=m2/\rho_2/A2 \text{ % [m/s]}$$

$$V2 = 172.2000$$

$$T2=Tt2-V2^2/2/cp \text{ % [K]}$$

$$T2 = 293.5457$$

$$P2=Pt2*(T2/Tt2)^(k/(k-1)) \text{ % [kPa]}$$

$$P2 = 184.9125$$

OBLICZENIA PRZEKROJU 2 - przyjęto założenie, że gaz jest ściśliwy stąd ρ_2 wyznaczono iteracyjnie w kilku krokach, gdzie w pierwszym kroku ρ_2 wyznaczono dla parametrów całkowitych

```
% OBLICZENIA DLA PRZEKROJU 2
% Dla warunków przepływu ustalonego
m2=m1 % [kg/s]
```

```
m2 = 30
```

```
% Ciśnienie po uwzględnieniu strat
Pt2=Pt1-dPt % [kPa]
```

```
Pt2 = 219.5521
```

```
Tt2=Tt1
```

```
Tt2 = 308.2984
```

```
% Obliczenia V2 wykonamy iteracyjnie razem z obliczeniem T2 i P2
% Pierwsze przybliżenie wyliczamy gęstość w parametrach spiętrzenia:
ro2=Pt2*1000/R/Tt2 % [kg/m^2]
```

```
ro2 = 2.4813
```

```
V2=m2/ro2/A2 % [m/s]
```

```
V2 = 161.2039
```

```
T2=Tt2-V2^2/2/cp % [K]
```

```
T2 = 295.3697
```

```
P2=Pt2*(T2/Tt2)^(k/(k-1)) % [kPa]
```

```
P2 = 188.9672
```

```
% Drugie przybliżenie wyliczamy gęstość w parametrach spiętrzenia:
ro2=P2*1000/R/T2 % [kg/m^2]
```

```
ro2 = 2.2291
```

```
V2=m2/ro2/A2 % [m/s]
```

```
V2 = 179.4408
```

```
T2=Tt2-V2^2/2/cp % [K]
```

```
T2 = 292.2790
```

```
P2=Pt2*(T2/Tt2)^(k/(k-1)) % [kPa]
```

```
P2 = 182.1333
```

% Trzecie przybliżenie wyliczamy gęstość w parametrach spiętrzenia:
 $\rho_2 = P_2 \cdot 1000 / R / T_2$ % [kg/m²]

$\rho_2 = 2.1713$

$V_2 = m_2 / \rho_2 / A_2$ % [m/s]

$V_2 = 184.2256$

$T_2 = T_{t2} - V_2^2 / 2 / c_p$ % [K]

$T_2 = 291.4133$

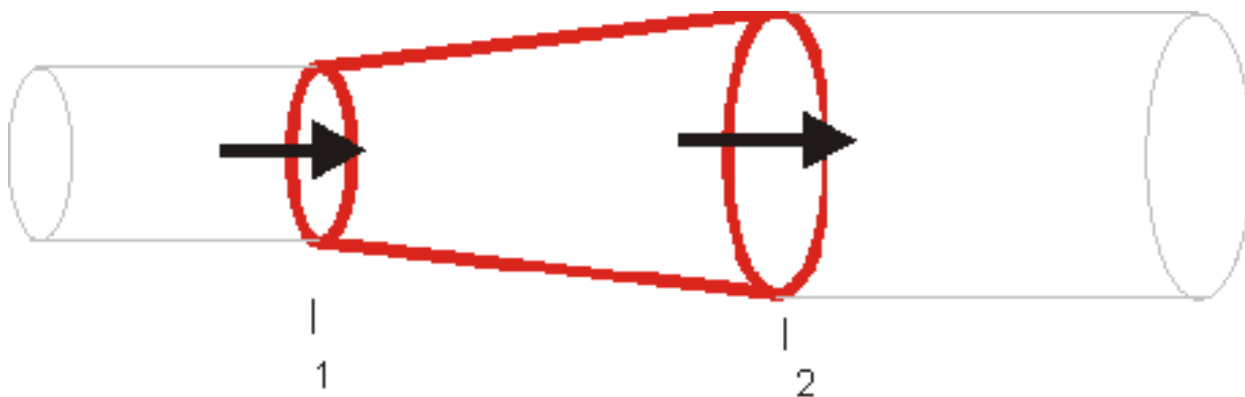
$P_2 = P_{t2} \cdot (T_2 / T_{t2})^{k / (k-1)}$ % [kPa]

$P_2 = 180.2512$

Można porównać, czy w tym zakresie przepływu występuje istotna różnica pomiędzy obliczonymi wartościami parametrów statycznych na wylocie dla obydwu metod obliczeń

Zadanie 2

Policzyć parametry przepływu na wylocie z kanału rozszerzającego się (T_{t2} , T_2 , P_{t2} , P_2 , V_2), gdy pole przekroju na wylocie jest 1,25 pola przekroju wlotowego. Na wlocie pole przekroju poprzecznego kanału wynosi $A_1 = 0.05 \text{ m}^2$, wydatek masy w kanale wynosi 30 kg/s, a temperatura statyczn $T_1 = 300 \text{ K}$ i ciśnienie statyczne $P_1 = 200 \text{ kPa}$. Straty przepływowe w kanale wynoszą 0.5 kPa.



Dane:

$T_1 = 300$; % [K]
 $P_1 = 200$; % [kPa]
 $m_1 = 30$; % [kg/s]
 $A_1 = 0.05$; % [m²]
 $A_2 = 1.25 \cdot A_1$; % [m²]
 $dP_t = 0.5$; % [kPa]

Obliczenia:

```
% Z równania ciągłości  $m = \rho \cdot A \cdot c$   
% Z równania stanu gazu  $\rho = P/R/T$ , gdzie R - indywidualna stała gazowa dla  
% powietrza  $R = 287$  [J/kg/K]  
 $R = 287$ ; [J/kg/K]  
% gęstość w przekroju 1  
 $\rho_1 = P_1 \cdot 1000 / R / T_1$  % [kg/m3]
```

```
 $\rho_1 = 2.3229$ 
```

```
% prędkość gazu w przekroju 1  
 $V_1 = m_1 / \rho_1 / A_1$  % [m/s]
```

```
 $V_1 = 258.3000$ 
```

```
 $a_1 = \sqrt{k \cdot R \cdot T_1}$ 
```

```
 $a_1 = 347.1542$ 
```

```
 $M_1 = V_1 / a_1$ 
```

```
 $M_1 = 0.7440$ 
```

```
 $c_p = 1005$  [J/kg/K] - ciepło właściwe dla powietrza
```

```
 $c_p = 1005$ 
```

```
% temperatura spiętrzenia w przekroju wlotowym:  
 $T_{t1} = T_1 + (V_1.^2) / 2 / c_p$ 
```

```
 $T_{t1} = 333.1935$ 
```

```
 $k = c_p / (c_p - R)$ 
```

```
 $k = 1.3997$ 
```

```
% Ciśnienie spiętrzenia:  
 $P_{t1} = P_1 \cdot (T_{t1} / T_1).^k / (k - 1)$ 
```

```
 $P_{t1} = 288.8170$ 
```

```
% OBLICZENIA DLA PRZEKROJU 2  
% Dla warunków przepływu ustalonego  
 $m_2 = m_1$  % [kg/s]
```

```
 $m_2 = 30$ 
```

```
% Ciśnienie po uwzględnieniu strat  
 $P_{t2} = P_{t1} - dP_t$  % [kPa]
```

```
 $P_{t2} = 288.3170$ 
```

```
 $T_{t2} = T_{t1}$ 
```

```
 $T_{t2} = 333.1935$ 
```

```
% Obliczenia  $V_2$  wykonamy iteracyjnie razem z obliczeniem  $T_2$  i  $P_2$ 
```

% Pierwsze przybliżenie wyliczamy gęstość w parametrach spiętrzenia:
 $\rho_2 = P_{t2} * 1000 / R / T_{t2}$ % [kg/m²]

$\rho_2 = 3.0150$

$V_2 = m_2 / \rho_2 / A_2$ % [m/s]

$V_2 = 159.2023$

$T_2 = T_{t2} - V_2^2 / 2 / c_p$ % [K]

$T_2 = 320.5838$

$P_2 = P_{t2} * (T_2 / T_{t2})^{(k / (k - 1))}$ %[kPa]

$P_2 = 251.8831$

% Drugie przybliżenie wyliczamy gęstość w parametrach spiętrzenia:
 $\rho_2 = P_2 * 1000 / R / T_2$ % [kg/m²]

$\rho_2 = 2.7376$

$V_2 = m_2 / \rho_2 / A_2$ % [m/s]

$V_2 = 175.3339$

$T_2 = T_{t2} - V_2^2 / 2 / c_p$ % [K]

$T_2 = 317.8990$

$P_2 = P_{t2} * (T_2 / T_{t2})^{(k / (k - 1))}$ %[kPa]

$P_2 = 244.5732$

% Trzecie przybliżenie wyliczamy gęstość w parametrach spiętrzenia:
 $\rho_2 = P_2 * 1000 / R / T_2$ % [kg/m²]

$\rho_2 = 2.6806$

$V_2 = m_2 / \rho_2 / A_2$ % [m/s]

$V_2 = 179.0620$

$T_2 = T_{t2} - V_2^2 / 2 / c_p$ % [K]

$T_2 = 317.2416$

$P_2 = P_{t2} * (T_2 / T_{t2})^{(k / (k - 1))}$ %[kPa]

$P_2 = 242.8069$

Zadanie 3

Obliczyć jaką pracę należy doprowadzić do sprężarki idealnej - realizującej sprężanie izentropowe, gdy temperatura na wlocie do sprężarki wynosi $T_{t1}=300$ K, a spręż sprężarki w parametrach całkowitych wynosi 8

Dane:

$T_{t1}=300;$ % [K]
 $S_{prez}=8;$ % [-]

Obliczenia:

$T_{t2}=T_{t1}*S_{prez}^{((k-1)/k)}$ % {k}

$T_{t2} = 543.2736$

$W=c_p*(T_{t2}-T_{t1})$ % [J/kg]

$W = 2.4449e+05$

Zadanie 4

Obliczyć jaką pracę i moc wytwarza turbina idealna - realizująca rozprężanie izentropowe, gdy temperatura na wlocie wynosi $T_{t1}=1000$ K, a rozpręż w parametrach całkowitych wynosi 2. Przez turbinę przepływa strumień spalin 10 kg/s

W obliczeniach uwzględnić $k_t=1.33$ i $c_{pt}=1170$ J/kg/K

Dane:

$k_t=1.33;$
 $c_{pt}=1170;$ % [J/kg/K]
 $T_{t1}=1000;$ % [K]
 $rozprez=2;$ % [-]
 $m=10;$ % [kg/s]

Obliczenia:

$T_{t2}=T_{t1}*1/rozprez^{((k_t-1)/k_t)}$ % {k}

$T_{t2} = 841.9927$

$W=c_{pt}*(T_{t1}-T_{t2})$ % [J/kg]

$W = 1.8487e+05$

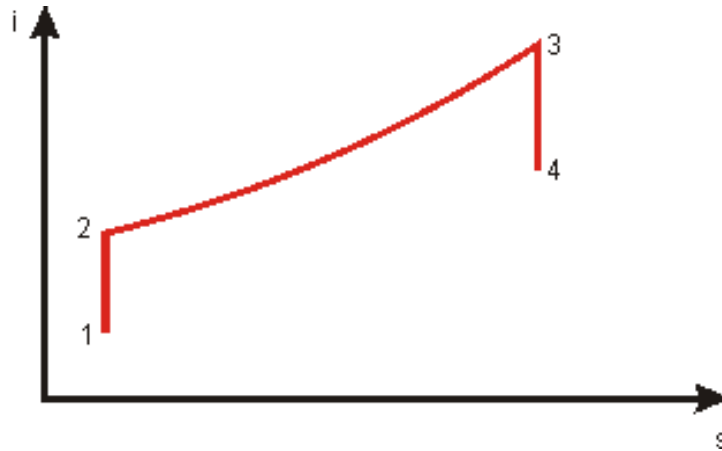
$P=m*W$ % [W]

$P = 1.8487e+06$

Zadanie 5

Dla obiegu silnika realizującego obieg Brytona policzyć parametry za turbiną (P_{t4}, T_{t4}) napędzającą sprężarkę, gdy na wejściu do sprężarki temperatura całkowita wynosi $T_{t1}=288$ K i ciśnienie całkowite $P_{t1}=100$ kPa, Spręż sprężarki wynosi 10, a w procesie izobarycznym doprowadzane jest ciepło $q_{2-3}=700$ KJ/kg

W całych obliczeniach użyć właściwości gazów jak dla powietrza.



Obliczenia

$T_{t1}=288;$ % [K]
 $P_{t1}=100;$ % [kPa]
 $S_{prez}=10;$ % [-]
 $q_{23}=700$ % [KJ/kg]

$q_{23} = 700$

Obliczenia:

% Parametry na końcu sprężania
 $T_{t2}=T_{t1} \cdot S_{prez}^{((k-1)/k)}$ % [K]

$T_{t2} = 555.8590$

$P_{t2}=P_{t1} \cdot S_{prez}$ % [kPa]

$P_{t2} = 1000$

$W=cp \cdot (T_{t2}-T_{t1})$ % [J/kg]

$W = 2.6920e+05$

% Parametry na wejściu do turbiny
 $h_{t3} = T_{t2} \cdot cp + q_{23} \cdot 1000$ % [J/kg]

$h_{t3} = 1.2586e+06$

$T_{t3}=h_{t3}/cp$ % [K]

Tt3 = 1.2524e+03

Pt3=Pt2 % [kPa]

Pt3 = 1000

Tt4=Tt3-W/cp % [K]

Tt4 = 984.5174

Pt4=Pt3*(Tt4/Tt3)^(k/(k-1)) % [kPa]

Pt4 = 430.5541