

# Obliczenia w L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-u przy pomocy CalcT<sub>E</sub>X-a

CalcTeX (at) onet (dot) eu

9 września 2009

## Spis treści

<b>1</b>	<b>Wstęp</b>	<b>1</b>
1.1	Wymienik typu rura w rurze dla wymiany ciepła pomiędzy powietrzem a wodą . . . . .	2
1.1.1	Źródło – wymiennik-rwr-iso-calc.tex . . . . .	4

## 1 Wstęp

Ten folder zawiera kilka przykładów obliczeniowych przy użyciu pakietu CalcT<sub>E</sub>X. Obliczenia są wykonywane na wszystkich plikach o nazwie pasującej do maski `*-calc.tex` przy wykorzystaniu wszystkich funkcji w pythonie zdefiniowanych w katalogu `bin/py`. Folder ten zawiera wszystkie źródła pakietu CalcT<sub>E</sub>X oraz źródła przykładów, należy jedynie mieć zainstaowane `pdflatex` oraz `python`. Wyniki obliczeń są łączone w jeden plik wynikowy `main.pdf`. Pakiet ten dedykowany do obliczeń projektowych oraz ich składu, może być szczególnie przydatny dla inżynierów czy techników w ich pracy projektowej. Pakiet ten również nadaje się do składu zbiorów zadań z przykładami obliczeniowymi.

Główną zaletą CalcT<sub>E</sub>X-a jest zintegrowanie kodu obliczeniowego ze świetnie złożonym tekstem.

Aby wykonać obliczeń na wszystkich plikach `*-calc.tex` należy uruchomić skrypt `go` np. `sh go`.

Więcej informacji dostępnych jest na stronie pakietu <http://sg.bzip.pl/CalcTeX> w razie jakichkolwiek uwag, sugestii czy problemów proszę o e-mail: CalcTeX (at) onet (dot) eu. Jestem otwarty na wszelkie uwagi. Jeżeli potrzebujesz pomocy to jak znajde chwilę, to z przyjemnością pomogę.

W celu szybkiego zapoznania się z podstawami działania pakietu sugeruję przejrzanie plików `00-pl-iso-calc.tex` oraz `010-ke-pl-iso-calc.tex`.

Te przykłady dostępne są na: <http://sg.bzip.pl/CalcTeX/examples/wszystkie-w-jeden.tgz>.

## 1.1 Wymienik typu rura w rurze dla wymiany ciepła pomiędzy powietrzem a wodą

Gorące powietrze podgrzewa wodę w wymieniku ciepła typu rura w rurze. Powietrze przepływa w przestrzeni pomiędzy rurami z prędkością  $w_p := 3.5 \cdot \text{m/s}$ . Temperatura powietrza na wylocie wynosi  $t_{p1} := 220 \cdot ^\circ\text{C}$ . Wydatek wody wynosi  $\dot{m}_w := 90 \cdot \text{kg/hr}$ , temperatura wody na wylocie  $t_{w1} := 10 \cdot ^\circ\text{C}$  a na wlocie  $t_{w2} := 30 \cdot ^\circ\text{C}$ . Średnice rur  $d_{1w} := 26 \cdot \text{mm}$ ,  $d_{2w} := 32 \cdot \text{mm}$ ,  $d_{1z} := 160 \cdot \text{mm}$ . Oszacuj temperaturę ściany od strony wody jeśli dodatkowo osadziły się kamień kotłowy o grubości  $\delta_k := 0.3 \cdot \text{mm}$   $\lambda_k := 0.15 \cdot \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ . Współczynnik przewodzenia ciepła ścian  $\lambda_s := 40 \cdot \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ . Oblicz długość wymiennika dla wymiennika współprądowego i przeciwprądowego dla rury bez kamienia kotłowego.

### Obliczenia

Średnica wewnętrzna przepływu wody wynosi

$$d_w := d_{1w} - 2 \cdot \delta_k; \quad d_w \cdot (\text{mm})^{-1} = 25.4 \quad (1)$$

Temperatura średnia wody

$$t_{srw} := \frac{1}{2} \cdot (t_{w1} + t_{w2}); \quad t_{srw} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} = 20.0 \quad (2)$$

dla  $t_{srw}$  własności fizyczne wody są następujące  $\rho_w := 998.2 \cdot \text{kg/s}$ ,  $c_w := 4.183 \cdot \text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ,  $\lambda_w := 0.599 \cdot \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ,  $\nu_w := 1.006 \cdot 10^{-6} \cdot (\text{m}^2/\text{s})$ ,  $\text{Pr}_w := 7.02$ .

Zakładamy średnią temperaturę powietrza  $t_{srp} := 200 \cdot ^\circ\text{C}$ , właściwości powietrza wynoszą:  $\rho_p := 0.746 \cdot \text{kg/s}$ ,  $c_p := 1.026 \cdot \text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ,  $\lambda_p := 0.0393 \cdot \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ,  $\nu_p := 34.85 \cdot 10^{-6} \cdot (\text{m}^2/\text{s})$ ,  $\text{Pr}_p := 0.68$ .

Na podstawie bilansu energii wyznaczamy końcową temperaturę powietrza

$$w_p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_{2w}^2 - d_{1z}^2) \cdot \rho_p \cdot (t_{p1} - t_{p2}) = \dot{m}_w \cdot c_w \cdot (t_{w2} - t_{w1}); \quad (3)$$

$$t_{p2} := t_{p1} - \frac{\dot{m}_w \cdot c_w \cdot (t_{w2} - t_{w1})}{w_p \cdot \pi/4 \cdot (d_{1z}^2 - d_{2w}^2) \cdot \rho_p \cdot c_p}; \quad t_{p2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} = 179.551487351 \quad (4)$$

Czyli średnia temperatura powietrza wynosi w rzeczywistości

$$t_{srp} := \frac{1}{2} \cdot (t_{p1} + t_{p2}); \quad t_{srp} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} = 199.775743675 \quad (5)$$

Zatem przyjęte do obliczeń własności fizyczne powietrza dla  $200^\circ\text{C}$  można uznać za właściwe.

Obliczenie Liczby Reynoldsa dla powietrza

Pole przekroju poprzecznego przepływu powietrza

$$A_p := \frac{\pi}{4} \cdot (d_{1z}^2 - d_{2w}^2); \quad A_p \cdot (\text{m})^{-2} = 0.0193019452637 \quad (6)$$

Obwód zwilżony dla powietrza

$$O_z := 2 \cdot \pi \cdot \frac{1}{2} \cdot (d_{1z} + d_{2w}); \quad O_z \cdot (\text{m})^{-1} = 0.603185789489 \quad (7)$$

Średnica hydrauliczna

$$d_h := \frac{4 \cdot A_p}{O_z}; \quad d_h \cdot (\text{mm})^{-1} = 128.0 \quad (8)$$

$$\text{Re}_p := \frac{w_p \cdot d_h}{\nu_p}; \quad \text{Re}_p = 12855.0932568 \quad (9)$$

$$\text{Nu}_p := 0.021 \cdot \text{Re}_p^{0.8} \cdot (\text{Pr}_p)^{0.43}; \quad \text{Nu}_p = 34.4713516233 \quad (10)$$

$$\alpha_p := \frac{\text{Nu}_p \cdot \lambda_p}{d_h}; \quad \alpha_p \cdot \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right)^{-1} = 10.5837821781 \quad (11)$$

Liczba Reynoldsa dla wody  
prędkość przepływu wody

$$w_w := \frac{4 \cdot \dot{m}_w}{\pi \cdot d_{1w}^2 \cdot \rho_w}; \quad w_w \cdot \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^{-1} = 0.0471721711779 \quad (12)$$

$$\text{Re}_w := \frac{w_w \cdot d_w}{\nu_w}; \quad \text{Re}_w = 1191.026986 \quad (13)$$

dla  $\left( \frac{\text{Pr}_w}{\text{Pr}_{sw}} \right)^{0.25} := 1$

$$\text{Nu}_w := 0.021 \cdot \text{Re}_w^{0.8} \cdot \text{Pr}_w^{0.43}; \quad \text{Nu}_w = 14.0243110106 \quad (14)$$

$$\alpha_w := \frac{\text{Nu}_w \cdot \lambda_w}{d_{1w}}; \quad \alpha_w \cdot \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right)^{-1} = 323.09854982 \quad (15)$$

Grubość ścianki rury  $\delta := 0.5 \cdot (d_{2w} - d_{1w})$   $\delta \cdot \text{mm}^{-1} = 3.0$   
Współczynnik przenikanie ciepła – przybliżenie dla powierzchni płaskiej, ponieważ wartość  $d_{2w}/d_{1w} = 1.23076923077$  dla czystej rury bez kamienia kotłowego

$$k_p := \left( \frac{1}{\alpha_p} + \frac{\delta}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_w} \right)^{-1}; \quad k_p \cdot \left( \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right)^{-1} = 10.2402136239 \quad (16)$$

z kamieniem kotłowym

$$k_{pk} := \left( \frac{1}{\alpha_p} + \frac{\delta_k}{\lambda_k} + \frac{\delta}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_w} \right)^{-1}; \quad k_{pk} \cdot \left( \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right)^{-1} = 10.0346987071 \quad (17)$$

$$q := \frac{t_{srp} - t_{srw}}{1/k_p}; \quad q \cdot \left( \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \right)^{-1} = 1.84094201963 \quad (18)$$

$$q_k := \frac{t_{srp} - t_{srw}}{1/k_{pk}}; \quad q_k \cdot \left( \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \right)^{-1} = 1.80399542262 \quad (19)$$

Temperatura na powierzchni ścianki rury bez kamienia kotłowego od strony wody wynosi

$$t_{sw} := \frac{q}{\alpha_w} + t_{srw}; \quad t_{sw} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} = 25.6977724619 \quad (20)$$

z kamieniem kotłowym

$$t_{s_k} := \frac{q_k}{\alpha_w} + t_{srw}; \quad t_{s_k} \cdot \text{°C}^{-1} = 25.5834216019 \quad (21)$$

Temperatury czynników wynoszą

$$t_{w_1} \cdot \text{°C}^{-1} = 10.0,$$

$$t_{w_2} \cdot \text{°C}^{-1} = 30.0,$$

$$t_{p_1} \cdot \text{°C}^{-1} = 220.0,$$

$$t_{p_2} \cdot \text{°C}^{-1} = 179.6,$$

Logarytmiczna różnica temperatur dla przepływu przeciwnoobrotowego

$$\Delta t_{\log} := \frac{(t_{p_1} - t_{w_2}) - (t_{p_2} - t_{w_1})}{\log((t_{p_1} - t_{w_2}) / (t_{p_2} - t_{w_1}))}; \quad \Delta t_{\log} \cdot \text{°C}^{-1} = 179.606953211 \quad (22)$$

Z bilansu ciepła oblicza się pole powierzchni wymiennika i jego długość

$$F_p := \frac{\dot{m}_w \cdot c_w \cdot (t_{w_2} - t_{w_1})}{\Delta t_{\log} \cdot k_p}; \quad F_p \cdot (\text{m})^{-2} = 1.13717081856 \quad (23)$$

$$l_p := \frac{F_p}{\pi \cdot d_{1z}}; \quad l_p \cdot (\text{m})^{-1} = 2.262 \quad (24)$$

Dla wymiennika współobrotowego

$$\Delta t'_{\log} := \frac{(t_{p_1} - t_{w_1}) - (t_{p_2} - t_{w_2})}{\log((t_{p_1} - t_{w_1}) / (t_{p_2} - t_{w_2}))}; \quad \Delta t'_{\log} \cdot \text{°C}^{-1} = 178.096246274 \quad (25)$$

$$F_w := \frac{\dot{m}_w \cdot c_w \cdot (t_{w_2} - t_{w_1})}{\Delta t'_{\log} \cdot k_p}; \quad F_w \cdot (\text{m})^{-2} = 1.14681690532 \quad (26)$$

$$l_w := \frac{F_w}{\pi \cdot d_{1z}}; \quad l_w \cdot (\text{m})^{-1} = 2.282 \quad (27)$$

### 1.1.1 Źródło – wymiennik-rwr-iso-calc.tex

`\subsection{Wymienik typu rura w rurze dla wymiany ciepła pomiędzy powietrzem a wodą}`

Gorące powietrze podgrzewa wodę w wymienniku ciepła typu rura

w rurze. Powietrze przepływa w przestrzeni pomiędzy rurami z prędkością  $w_p=3.5 \cdot \text{m/s}$ .

Temperatura powietrza na wylocie wynosi  $t_{p_1}=220 \cdot \text{°C}$ .

Wydatek wody wynosi  $\dot{m}_w=90 \cdot \text{kg/hr}$ , temperatura wody na wylocie  $t_{w_1}=10 \cdot \text{°C}$

a na wylocie  $t_{w_2}=30 \cdot \text{°C}$ . Średnice rur  $d_{1w}=26 \cdot \text{mm}$ ,

$d_{2w}=32 \cdot \text{mm}$ ,  $d_{1z}=160 \cdot \text{mm}$ .

Oszacuj temperaturę ściany od strony wody jeśli dodatkowo osadziły się

kamień kotłowy o grubości  $\delta_k=0.3 \cdot \text{mm}$

$\lambda_k=0.15 \cdot \text{W/(m} \cdot \text{K)}$ .

Współczynnik przewodzenia ciepła ścian  $\lambda_s=40 \cdot \text{W/(m} \cdot \text{K)}$ .

Oblicz długość wymiennika dla wymiennika współobrotowego i przeciwnoobrotowego dla rury bez kamienia kotłowego.

`\Obliczenia{}`

`%\dot{m}_w \cdot (\text{kg/s})^{-1}`

Średnica wewnętrzna przepływu wody wynosi

`\begin{equation}`

`d_w=d_{1w}-2 \cdot \delta_k`

`"\label{e}`

`;\;\;\;`

`"`

```
d_w\cdot\left(\text{mm} \text{right})^{-1}
\end{equation}
```

Temperatura średnia wody

```
\begin{equation}
t_{sr_w}:=\frac{1.}{2} \cdot \left(t_{w_1}+t_{w_2} \text{right})
\label{e}
;\;;
"
```

```
t_{sr_w}\cdot \text{oC}^{-1}
\end{equation}
```

dla "\$t\_{sr\_w}\$" własności fizyczne wody są następujące

```
\rho_w := 998.2 \cdot \text{kg/s} ", "$
c_w := 4.183 \cdot \text{kJ}/\left(\text{kg} \cdot \text{K} \text{right}) ", "$
\lambda_w := 0.599 \cdot \text{W}/\left(\text{m} \cdot \text{K} \text{right}) ", "$
\nu_w := 1.006 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\text{m}^2/\text{s} \text{right}) ", "$
\Pr_w := 7.02". "$
```

\\

Zakładamy średnią temperaturę powietrza \$t\_{sr\_p}:=200\text{oC}\$, "\$  
właściwości powietrza wynoszą:

```
\rho_p := 0.746 \cdot \text{kg/s} ", "$
c_p := 1.026 \cdot \text{kJ}/\left(\text{kg} \cdot \text{K} \text{right}) ", "$
\lambda_p := 0.0393 \cdot \text{W}/\left(\text{m} \cdot \text{K} \text{right}) ", "$
\nu_p := 34.85 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\text{m}^2/\text{s} \text{right}) ", "$
\Pr_p:=0.68". "$
```

\\

Na podstawie bilansu energii wyznaczamy końcową temperaturę powietrza

```
\begin{equation}
```

"

```
w_p\cdot \frac{\pi}{4} \cdot \left(d_{2_w}^2-d_{1_z} \text{right}) \cdot \rho_p \cdot \left(t_{p_1}-t_{p_2} \text{right})
=\text{sm}_w \cdot c_w \cdot \left(t_{w_2}-t_{w_1} \text{right})
```

```
\label{e}
```

```
;\;;
```

"

```
\end{equation}
```

```
%%\text{sm}_w \quad \text{c}_w \quad \text{w}_p \quad \rho_p \quad t_{w_1} \quad t_{w_2} \quad d_{2_w} \quad d_{1_z} \quad \rho_w \quad \rho_p \quad \text{c}_p
```

```
\begin{equation}
```

```
%t_{p_2}:=t_{p_1}-\frac{\text{sm}_w \cdot c_w \cdot \left(t_{w_2}-t_{w_1} \text{right})}{w_p \cdot \pi/4 \cdot \left(d_{2_w}^2-d_{1_z} \text{right})}
```

```
t_{p_2}:=t_{p_1}-\frac{\text{sm}_w \cdot c_w \cdot \left(t_{w_2}-t_{w_1} \text{right})}{w_p \cdot \pi/4 \cdot \left(d_{1_z}^2-d_{2_w} \text{right})}
```

```
\label{e}
```

```
;\;;
```

"

```
t_{p_2}\cdot \text{oC}^{-1}
```

```
\end{equation}
```

Czyli średnia temperatura powietrza wynosi w rzeczywistości

```
\begin{equation}
```

```
t_{sr_p}:=\frac{1.}{2} \cdot \left(t_{p_1}+t_{p_2} \text{right})
```

```
\label{e}
```

```
;\;;
```

"

```
t_{sr_p}\cdot \text{oC}^{-1}
```

```
\end{equation}
```

Zatem przyjęte do obliczeń własności fizyczne powietrza dla "\$200\text{oC}\$" można uznać za właściwe.

\\

Obliczenie Liczby Reynoldsa dla powietrza\\

Pole przekroju poprzecznego przepływu powietrza

```
\begin{equation}
```

```
A_p:= \frac{\pi}{4} \cdot \left(d_{1_z}^2-d_{2_w}^2 \text{right})
```

```
\label{e}
```

```
;\;;
```

"

```
A_p\cdot \left(\text{m} \text{right})^{-2}
```

```
\end{equation}
```

Obwód zwilżony dla powietrza

```
\begin{equation}
```

```
O_z:=2 \cdot \pi \cdot \frac{1.}{2} \cdot \left(d_{1_z}+d_{2_w} \text{right})
```

```
\label{e}
```

```
;\;;
```

"

```

0_z\cdot\left(\m \right)^{-1}
\end{equation}
Średnica hydrauliczna
\begin{equation}
d_h:=\frac{4\cdot A_p}{0_z}
"\label{e}
;\;\;\;\;
"
d_h\cdot\left(\mm \right)^{-1}
\end{equation}

\begin{equation}
\NRe_p:= \frac{w_p\cdot d_h}{\nu_p}
"\label{e}
;\;\;\;\;
"
\NRe_p
\end{equation}

\begin{equation}
\Nu_p:=0.021\cdot\NRe_p^{0.8}\cdot \left(\Pr_p \right)^{0.43}
"\label{e}
;\;\;\;\;
"
\Nu_p
\end{equation}

\begin{equation}
\alpha_p:= \frac{\Nu_p\cdot \lambda_p}{d_h}
"\label{e}
;\;\;\;\;
"
\alpha_p\cdot\left( \frac{W}{m^2\cdot K}\right)^{-1}
\end{equation}
Liczba Reynoldsa dla wody\
prędkość przepływu wody
\begin{equation}
w_w:= \frac{4\cdot sm_w}{\pi\cdot d_{1_w}^2\cdot \rho_w}
"\label{e}
;\;\;\;\;
"
w_w\cdot\left( \frac{m}{s}\right)^{-1}
\end{equation}

\begin{equation}
%\NRe_w :=\frac{w_w\cdot d_{1_w}}{\nu_w}
\NRe_w :=\frac{w_w\cdot d_w}{\nu_w}
"\label{e}
;\;\;\;\;
"
\NRe_w
\end{equation}

%\begin{equation}
%\NRe_w:=\frac{4\cdot sm_w\cdot d_{1_w}}{\rho_w\cdot \pi\cdot d_{1_w}^2\cdot \nu_w}
%" \label{e}
%;;\;\;\;
%"
%\NRe_w
%\end{equation}

dla $\left( \frac{\Pr_w}{\Pr_{sw}}\right)^{0.25}:=1"$

\begin{equation}
\Nu_w:=0.021\cdot \NRe_w^{0.8}\cdot \Pr_w^{0.43}
\cdot \left( \frac{\Pr_w}{\Pr_{sw}}\right)^{0.25}

```

```

"\label{e}
;\;\;\;
"
\Nu_w
\end{equation}

\begin{equation}
\alpha_w:=\frac{\Nu_w \cdot \lambda_w}{d_{1_w}}
"\label{e}
;\;\;\;
"
\alpha_w \cdot \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)^{-1}
\end{equation}
Grubość ścianki rury
%\delta:=0.5 \cdot (d_{1_z}-d_{1_w})$ $\delta$
$\delta:=0.5 \cdot (d_{2_w}-d_{1_w})$ \hfill $\delta \cdot mm^{-1}$
Współczynnik przenikanie ciepła -- przybliżenie dla powierzchni płaskiej,
ponieważ wartość $\frac{d_{2_w}}{d_{1_w}}$ dla czystej rury bez kamienia kotłowego
\begin{equation}
k_p:=\left( \frac{1}{\alpha_p} + \frac{\delta}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_w} \right)^{-1}
"\label{e}
;\;\;\;
k_p \cdot \left( \frac{m^2 \cdot K}{W} \right)^{-1}
\end{equation}

z kamieniem kotłowym
\begin{equation}
k_{p_k}:=\left( \frac{1}{\alpha_p} + \frac{\delta_k}{\lambda_k} + \frac{\delta}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_w} \right)^{-1}
"\label{e}
;\;\;\;
k_{p_k} \cdot \left( \frac{m^2 \cdot K}{W} \right)^{-1}
\end{equation}

%\begin{equation}
%l_p:=\frac{\log(d_{1_z}/d_{1_w})}{2 \cdot \pi \cdot \delta}
%"\label{e}
%;\;\;\;
%"
%l_p
%\end{equation}

%$l_p:=55 \cdot m$
%$d_{sr}:=0.5 \cdot (d_{1_z}+d_{1_w})$
%\[ d_{sr}:=0.5 \cdot (d_{1_z}+d_{1_w})
%";\;\;\;
%"
%d_{sr} \cdot \left( mm \right)^{-1} \[
%\[ d_{sr}:=d_{1_w} \]
%\begin{equation}
%k_r:=\left( d_{sr} \cdot \left( \frac{1}{\alpha_p} \cdot d_{1_w} + \frac{\log(d_{1_z}/d_{1_w})}{2 \cdot \lambda_s} + \frac{1}{\alpha_w} \right) \right)^{-1}
%"\label{e}
%;\;\;\;
%"
%k_r \cdot \left( \frac{m^2 \cdot K}{W} \right)^{-1}
%\end{equation}

\begin{equation}
q:=\frac{t_{sr_p} - t_{sr_w}}{1/k_p}
"\label{e}
;\;\;\;
"
q \cdot \left( \frac{kW}{m^2} \right)^{-1}
\end{equation}

\begin{equation}
q_k:=\frac{t_{sr_p} - t_{sr_w}}{1/k_{p_k}}
"\label{e}
;\;\;\;
"
q_k \cdot \left( \frac{kW}{m^2} \right)^{-1}

```

\end{equation}

Temperatura na powierzchni ścianki rury bez kamienia kotłowego od strony wody wynosi\\

\begin{equation}

$$t_{s_w} := \frac{q}{\alpha_w} + t_{sr_w}$$

"\label{e}

;\;\;\;\;

"

$$t_{s_w} \cdot \text{°C}^{-1}$$

\end{equation}

z kamieniem kotłowym

\begin{equation}

$$t_{s_k} := \frac{q_k}{\alpha_w} + t_{sr_w}$$

"\label{e}

;\;\;\;\;

"

$$t_{s_k} \cdot \text{°C}^{-1}$$

\end{equation}

Temperatury czynników wynoszą\\

$$t_{w_1} \cdot \text{°C}^{-1}, "$ \ \$$

$$t_{w_2} \cdot \text{°C}^{-1}, "$ \ \$$

$$t_{p_1} \cdot \text{°C}^{-1}, "$ \ \$$

\texblanche{

$$t_{p_2} := \text{round}(t_{p_2}, 1)$$

}

$$t_{p_2} \cdot \text{°C}^{-1}, "$ \ \$$

Logarytmiczna różnica temperatur dla przepływu przeciwnoobrotowego

\begin{equation}

$$\Delta t_{\log} := \frac{\ln(t_{p_1} - t_{w_2}) - \ln(t_{p_2} - t_{w_1})}{\ln(t_{p_1} - t_{w_1}) - \ln(t_{p_2} - t_{w_2})}$$

"\label{e}

;\;\;\;\;

"

$$\Delta t_{\log} \cdot \text{°C}^{-1}$$

\end{equation}

Z bilansu ciepła oblicza się pole powierzchni wymiennika i jego długość

\begin{equation}

$$F_p := \frac{\dot{m}_w \cdot c_w \cdot (t_{w_2} - t_{w_1})}{\Delta t_{\log} \cdot k_p}$$

"\label{e}

;\;\;\;\;

"

$$F_p \cdot \text{m}^2$$

\end{equation}

\begin{equation}

$$l_p := \frac{F_p}{\pi \cdot d_{1z}}$$

"\label{e}

;\;\;\;\;

\texblanche{

"

$$l_p := \text{round}(l_p, 3) \text{ \% zaokrąglenie}$$

"}

$$l_p \cdot \text{m}$$

\end{equation}

Dla wymiennika współprądowego

\begin{equation}

$$\Delta t_{\log}^{\text{prim}} := \frac{\ln(t_{p_1} - t_{w_1}) - \ln(t_{p_2} - t_{w_2})}{\ln(t_{p_1} - t_{w_2}) - \ln(t_{p_2} - t_{w_1})}$$

"\label{e}

;\;\;\;\;

"

$$\Delta t_{\log}^{\text{prim}} \cdot \text{°C}^{-1}$$

\end{equation}

\begin{equation}

$$F_w := \frac{\dot{m}_w \cdot c_w \cdot (t_{w_2} - t_{w_1})}{\Delta t_{\log}^{\text{prim}} \cdot k_p}$$

"\label{e}

;\;\;\;\;

