

Politechnika Warszawska

Inżynieria Procesów Przemysłowych

Projekt nr 3

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

Warszawa 2020/2021

Spis treści

1. Wstęp.....	3
2. Model układu.....	3
3. Podstawy fizyczne.....	4
4. Wykresy i wnioski	5
4.1. Wykres dla warunków początkowych z wykładu	5
4.2. Wykres potwierdzający poprawność symulacji	5
4.3. Wykres dla zamiany wartości współczynników a i b	6
4.4. Wykres dla zmniejszenia wartości współczynnika a	7
4.5. Wykres dla zmniejszenia wartości p	8
4.6. Wykres dla zwiększenia wartości p	9
4.7. Zmiana temperatury początkowej $T0_A = 343\text{ K}$	10
4.8. Wykres dla przepływu współprądowego	11
5. Wnioski końcowe.....	12

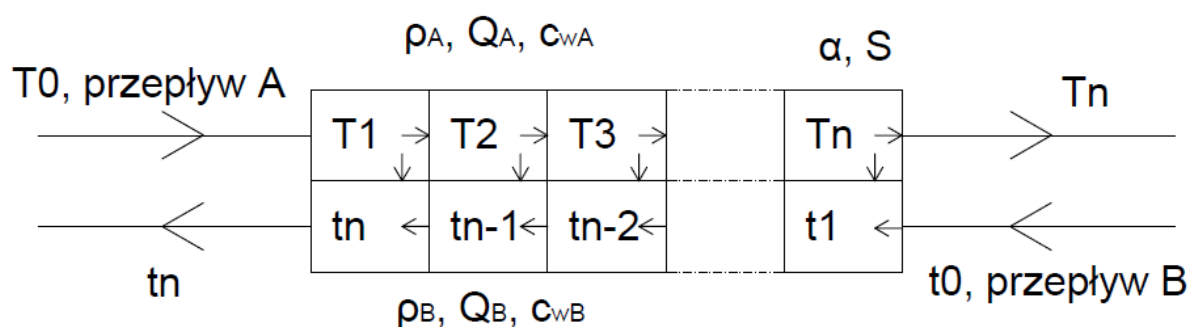
1. Wstęp

Celem niniejszego projektu jest zamodelowanie modelu matematycznego, który opisywałby zachowanie wymiennika ciepła w rozdziale *Model układu*. Podczas modelowania posłużyliśmy się oprogramowaniem firmy *MATLAB*, który w łatwy sposób pozwolił wykonywać nam wiele tysięcy obliczeń oraz modelować wykresy. Oprogramowanie to pozwoliło nam również na wykonanie analizy wariantowej, podczas której mogliśmy zmieniać parametry iloczynu ciepła właściwego, natężenia przepływu i gęstości płynu dla przepływu A oraz dla przepływu B i symulować model dla różnych wartości współczynników wnikania ciepła.

Założenia projektu to:

- brak wymiany ciepła z otoczeniem
- niezmienna wartość ciepła właściwego oraz gęstości płynu na całej długości rurociągu
- idealnie wykonane rury pod względem braku zmienności współczynnika wnikania ciepła na całej jej długości

2. Model układu



Rysunek 1 - Schemat układu

Przyjęto jako dane początkowe:

$T_0 = 363$ – początkowa temperatura przepływu A, przed wymiennikiem ciepła w K

$t_0 = 283$ – początkowa temperatura przepływu B, przed wymiennikiem ciepła w K

$N = 7$ – początkowa liczba iteracji (wielkość bezwymiarowa)

$a = 132$ – współczynnik w $\frac{W}{K}$

$b = 250$ – współczynnik w $\frac{W}{K}$

$p = 18$ – współczynnik w $\frac{W}{K}$

3. Podstawy fizyczne

Bilans ciepła dla przepływu A:

$$C_A \cdot \rho_A \cdot Q_A \cdot T_0 = C_A \cdot \rho_A \cdot Q_A \cdot T_1 + k \cdot S \cdot (T_1 - t_6)$$

Wprowadzenie współczynników a dotyczących przepływu A i p dotyczącego obu przepływów:

$$C_A \cdot \rho_A \cdot Q_A = a \qquad k \cdot S = p$$

Wzór na bilans cieplny z wykorzystanymi współczynnikami:

$$a \cdot T_0 = a \cdot T_1 + p \cdot (T_1 - t_6)$$

Bilans ciepła dla przepływu B:

$$C_B \cdot \rho_B \cdot Q_B \cdot t_6 = C_B \cdot \rho_B \cdot Q_B \cdot t_5 + k \cdot S \cdot (T_1 - t_6)$$

Wprowadzenie współczynników b dotyczących przepływu B:

$$C_B \cdot \rho_B \cdot Q_B = b$$

Wzór na bilans cieplny z wykorzystanymi współczynnikami:

$$b \cdot t_6 = b \cdot t_5 + p \cdot (T_1 - t_6)$$

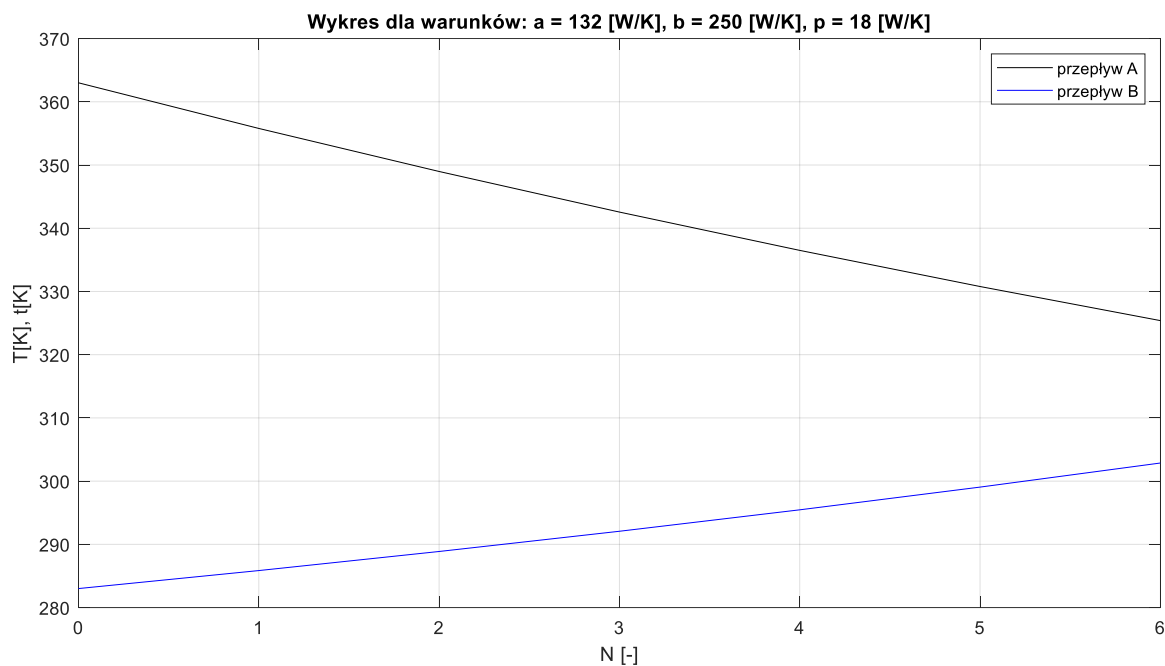
Układ równań używany w obliczeniach (w przypadku 7 punktów pomiarowych, czyli dla i=1 do i=6):

$$T_i = \frac{(a \cdot T_{i-1} + p \cdot t_{7-i})}{a + p}$$

$$t_{6-i} = \frac{t_{7-i} \cdot b \cdot \rho - \rho \cdot T_i}{b}$$

4. Wykresy i wnioski

4.1. Wykres dla warunków początkowych z wykładu

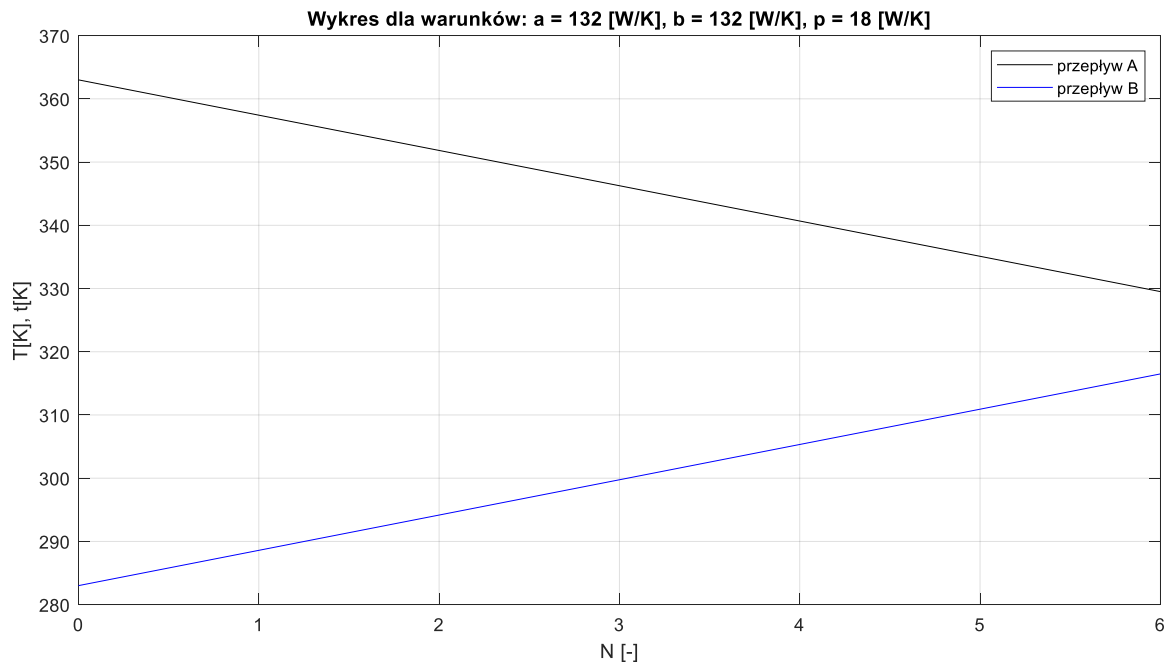


Rysunek 2 - Wykres dla warunków początkowych z wykładu

Wnioski:

Analizując powyższy wykres możemy zauważyć spadek temperatury panujący w przepływie A o około 38 K, a także wzrost temperatury panujący w przepływie B o około 20 K. Nierówność wzrostu i spadku temperatur wynika z różnych współczynników a i b , które są iloczynem ciepła właściwego, natężenia przepływu i gęstości danego płynu. Możemy zauważyć, że stosunek współczynników b do a wynosi około 2:1, co jest zgodne z stosunkiem spadku temperatury w przepływie A do wzrostu temperatury w przepływie B

4.2. Wykres potwierdzający poprawność symulacji

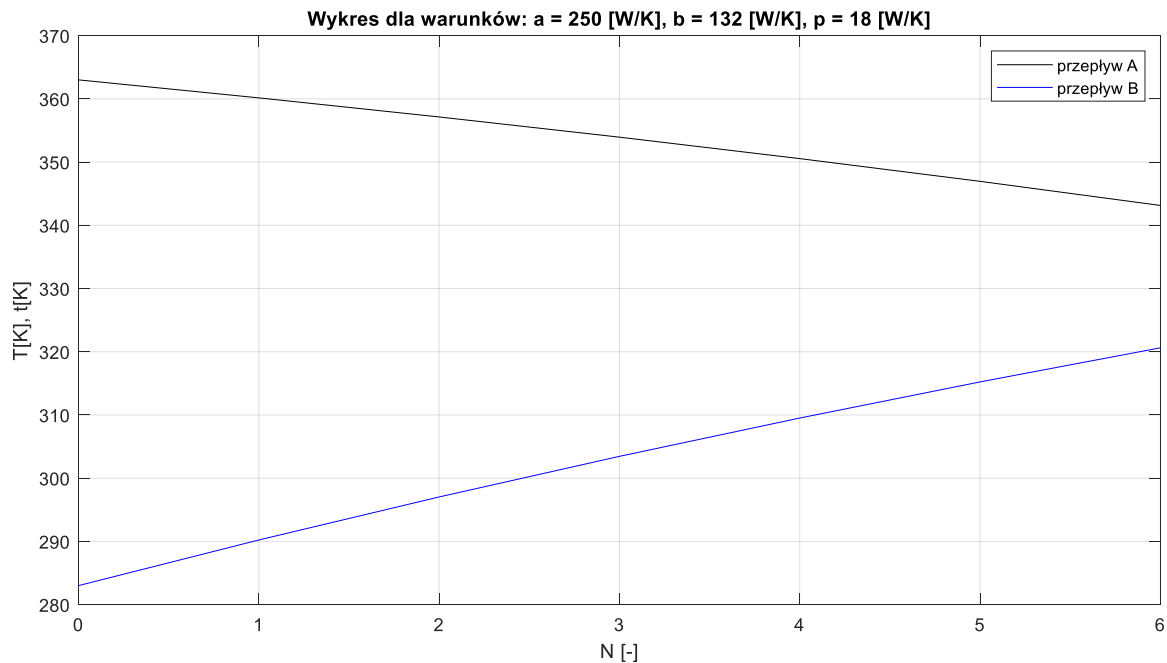


Rysunek 3 - Wykres potwierdzający poprawność symulacji

Wnioski:

Na podstawie powyższego wykresu możemy potwierdzić poprawność symulacji. Możemy zauważyć równość spadku temperatury w przepływie A i wzrostu temperatury w przepływie B, ponieważ iloczyn ciepła właściwego, natężenia przepływu i gęstości danego płynu obu tych cieczy jest taki sam. Co jest zgodne z rzeczywistością, gdyby to były te same ciecze i o tym samym natężeniu przepływu. Przy wymianie ciepła między tymi cieczami wzrost temperatury jednej cieczy musi być równy spadkowi temperatury drugiej z nich.

4.3. Wykres dla zamiany wartości współczynników a i b

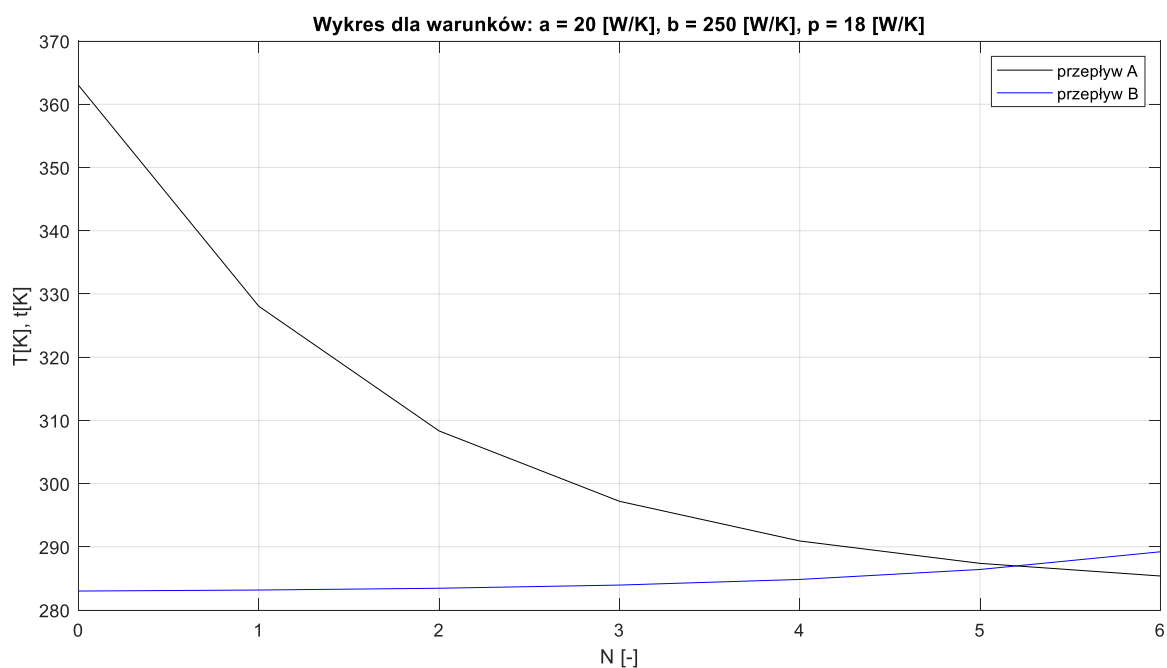


Rysunek 4 - Wykres dla zamiany wartości współczynników a i b

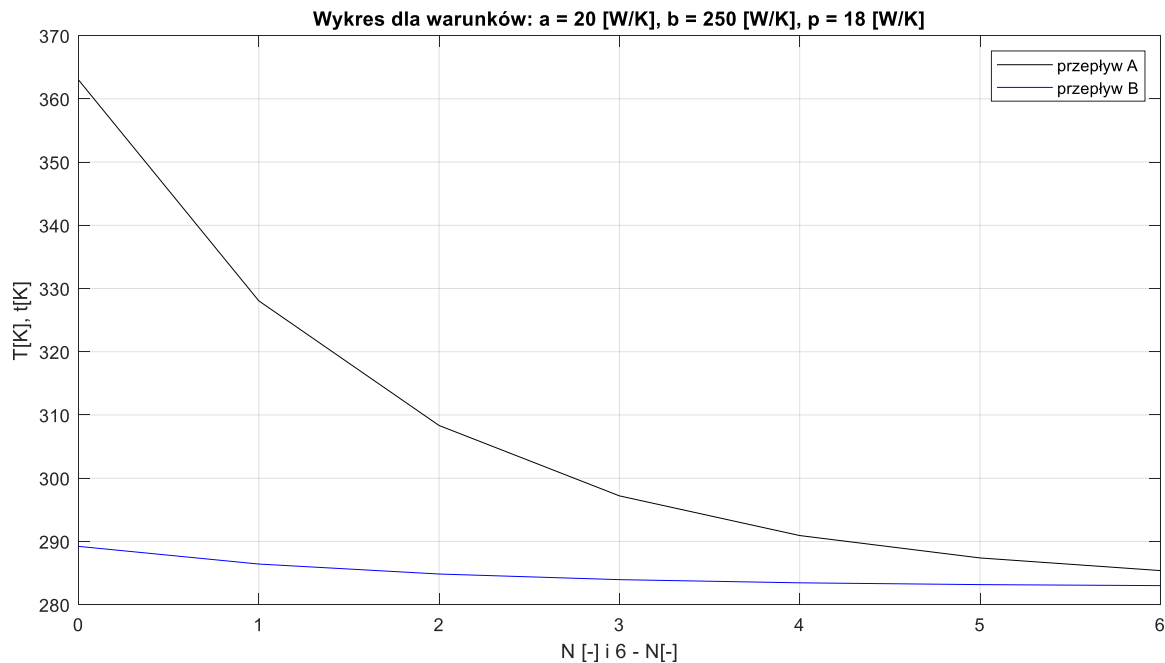
Wnioski:

Porównując powyższy wykres z wykresem z podpunktu 4.1. możemy dojść do wniosku, że z powodu zamiany wartości współczynników a i b nastąpiła zamiana wartości zmian temperatur. W tym przypadku temperatura przepływu A spadła o 20 K, natomiast temperatura przepływu B wzrosła o 38 K.

4.4. Wykres dla zmniejszenia wartości współczynnika a



Rysunek 5 - Wykres dla zmniejszenia wartości współczynnika a i „złej” osi x

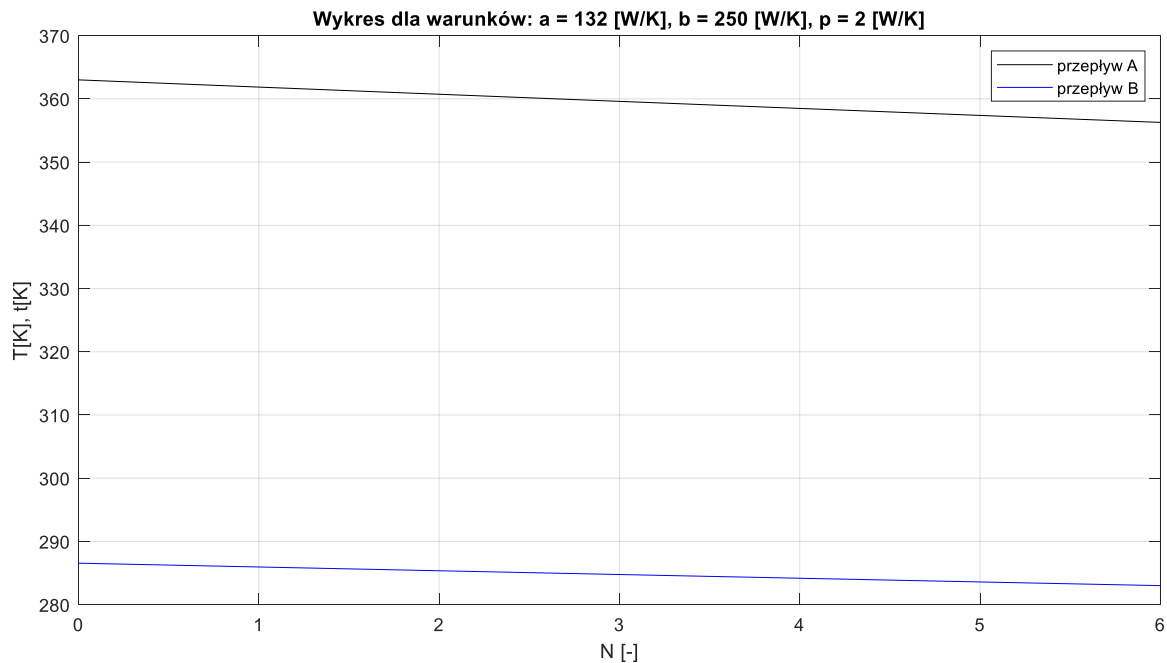


Rysunek 6 - Wykres dla zmniejszenia wartości współczynnika a i „poprawnej” osi x

Wnioski:

Dla zmniejszonej wartości współczynnika a , czyli zmniejszonego iloczynu ciepła właściwego, natężenia przepływu i gęstości płynu zauważamy bardzo gwałtowny spadek temperatury panujący w przepływie A i małą zmianą temperatury w przepływie B. Jest to spowodowane dużą różnicą pojemności energii cieplnej obu tych cieczy, ciecz A posiada znikomą energię cieplną a ciecz B dużą. Analizując pierwszy wykres w tym podpunkcie spostrzegamy przecięcie łamanych temperatur obu przepływów. Wydaje się to zjawiskiem niemożliwym, ponieważ wskazywałoby to na brak zasady zachowania podstawowych praw termodynamiki albo na niepoprawny model wymiennika ciepła przeciwpłukowego. W rzeczywistości jest to mylne prezentowanie danych na wykresie, ponieważ pod początkiem przepływu A znajduje się koniec przepływu B i na odwrót. Wystarczy, że zamienimy kierunek osi X dla przepływu B i wszystko nabierze sensu. Widzimy paraboliczną zmianą temperatur na odcinku rury, ponieważ na początku występuje duża wymiana ciepła ze względu na sporą różnicę temperatur panującą w obu rurach, która spada wraz z jej długością a z nią zmiana temperatur obu cieczy.

4.5. Wykres dla zmniejszenia wartości p

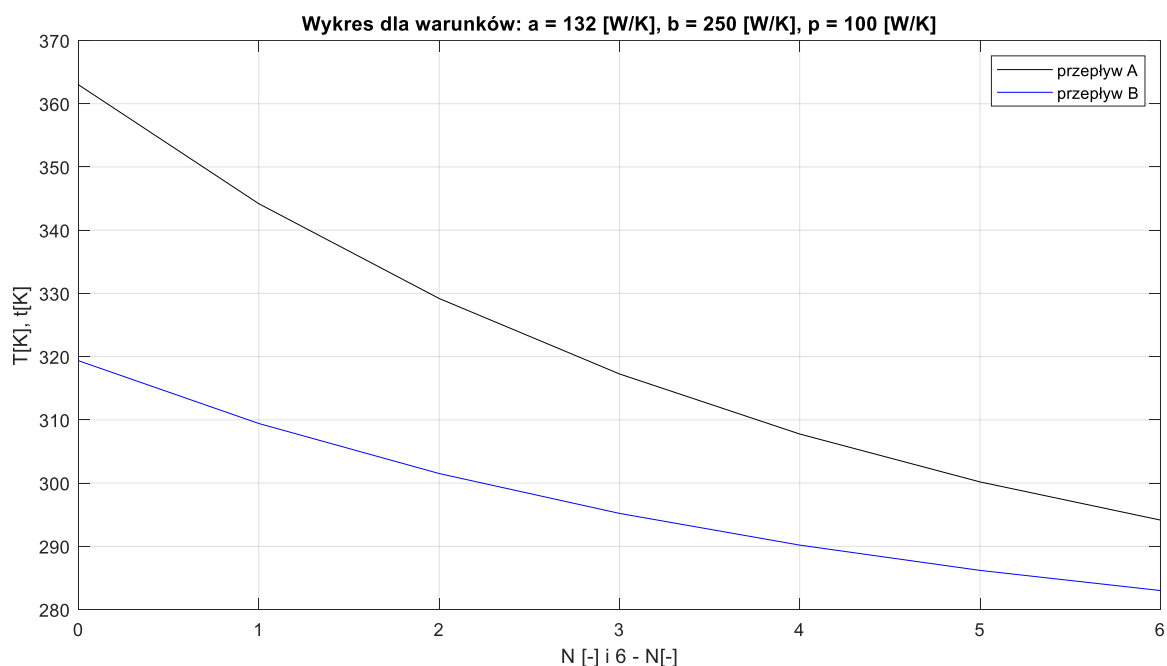


Rysunek 7 - Wykres dla zmniejszenia wartości p

Wnioski:

Analizując powyższy wykres możemy zauważyć małą zmianę temperatury na całej długości rury, co możemy wytłumaczyć zmniejszeniem współczynnika p , który świadczy o zmniejszeniu długości rur albo o zmniejszenie współczynnika wymiany ciepła między rurami. **Wspomnieć o zwiększonym współczynniku**

4.6. Wykres dla zwiększenia wartości p



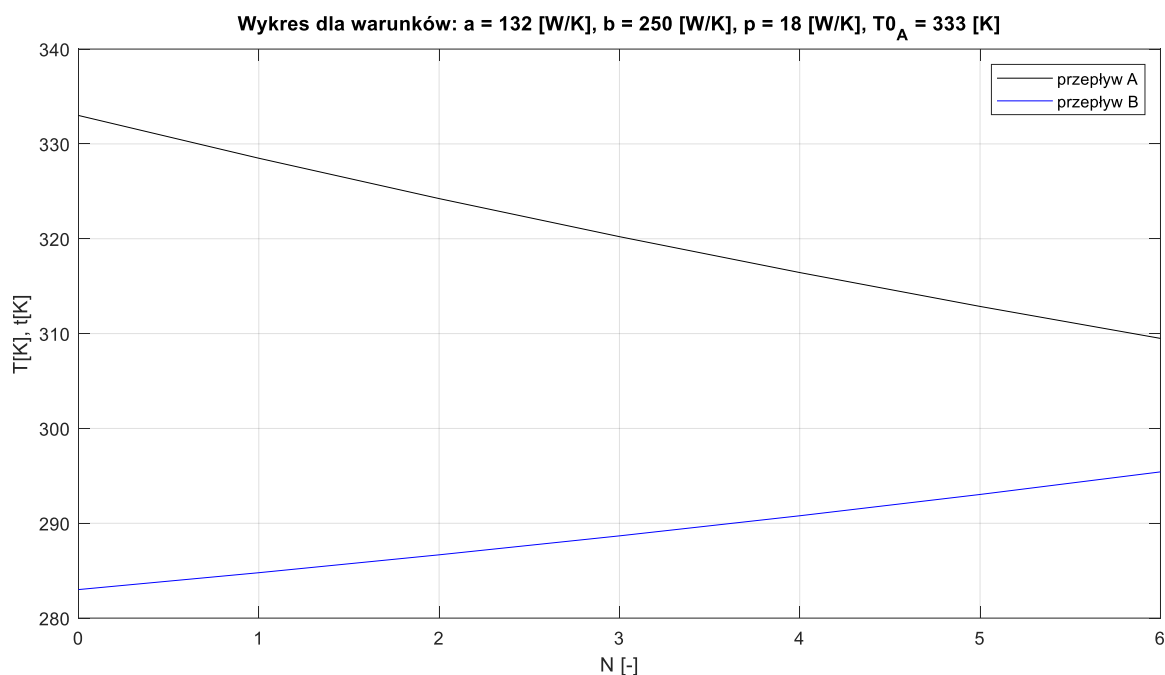
Rysunek 8 - Wykres dla zwiększenia wartości p

Wnioski:

Na powyższym wykresie możemy zauważyć znaczącą zmianę temperatur obu przepływów w wymienniku. Jest to sytuacja odwrotna niż w poprzednim wypadku, czyli albo zostało zwiększone pole wymiany ciepła

pomiędzy przepływami, czyli nasz wymiennik miał dłuższe rury albo współczynnik wymiany ciepła został zwiększony.

4.7. Zmiana temperatury początkowej $T_{0_A} = 333 \text{ K}$

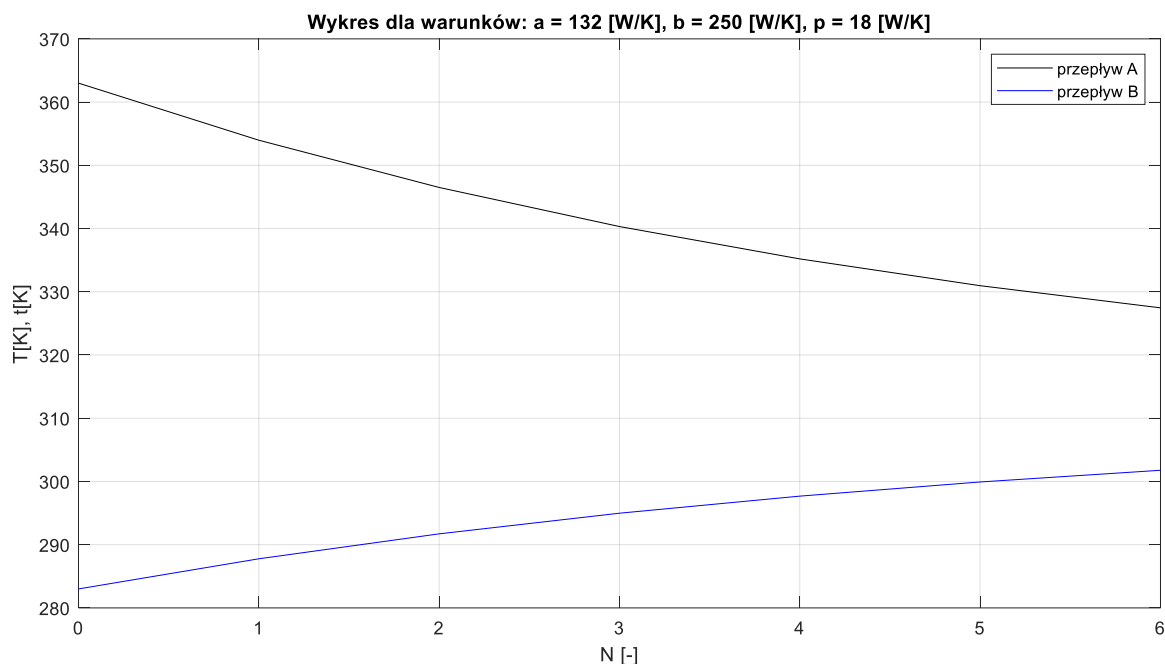


Rysunek 9 - Zmiana temperatury początkowej $T_{0_A} = 343 \text{ K}$

Wnioski:

Na powyższym wykresie możemy zauważyć spadek temperatury w przepływie A równy 23 K. Porównując tą wartość ze spadkiem temperatury występującym w podpunkcie 4.1. (38 K) spostrzegamy mniejszy spadek temperatury. Jest to spowodowane mniejszą różnicą temperatur a co za tym idzie mniejszą wymianą ciepła między cieczami.

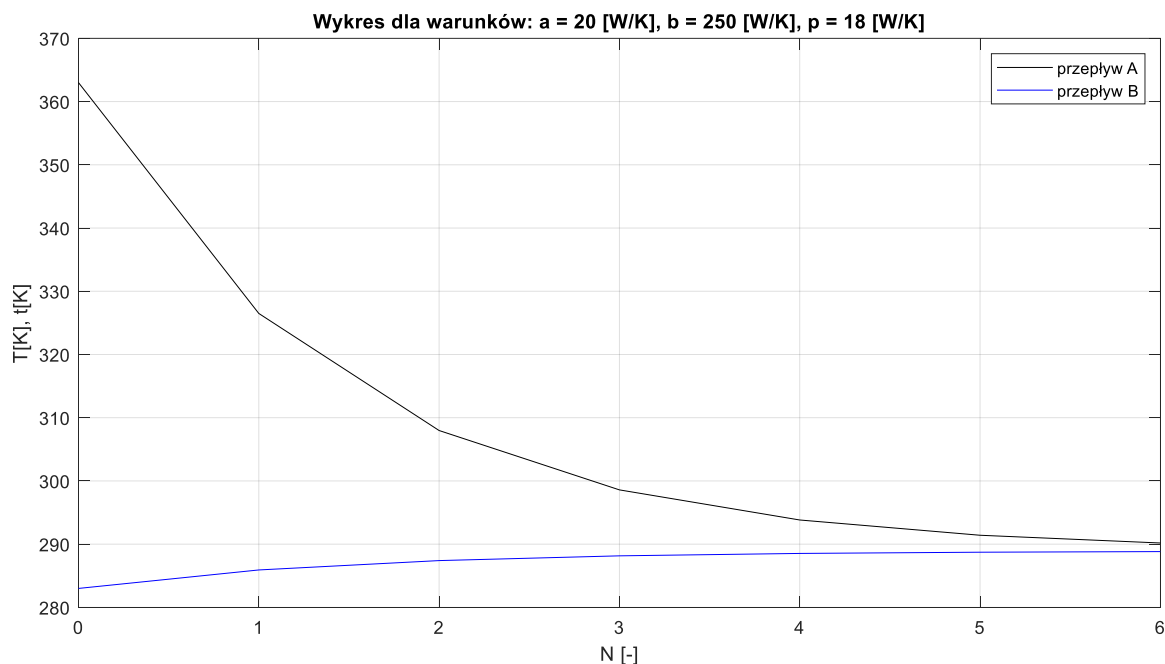
4.8. Wykres dla przepływu współprądowego



Rysunek 10 - Wykres dla przepływu współprądowego

Wnioski:

Porównując powyższy wykres z wykresem z podpunktu 4.1. możemy zauważyć delikatnie mniejszy spadek temperatury w przepływie. Jest to spowodowane tym, że różnica temperatur przepływów znacznie maleje i przez to wymiana ciepła jest coraz mniejsza. Przez to że przepływ B jest coraz cieplejszy zgodnie z kierunkiem przepływu A chłodzenie cieczy w przepływie A ma mniejszy „potencjał” chłodzenia. Możemy to zauważyć na poniższym wykresie. **Wspomnieć o na początku więcej potem mniej**



Rysunek 11 - Porównanie do Rysunku 6

Porównując powyższy wykres z wykresem umieszczonym na *Rysunku 6* możemy zauważyć mniejszy spadek temperatury w przepływie A.

5. Wnioski końcowe

- W wymienniku ciepła przeciwprądowym możemy zauważyć, że wartość spadku bądź wzrostu temperatury danego przepływu zależała od wartości współczynnika a lub b , które były równe iloczynowi ciepła właściwego, gęstości oraz natężeniu przepływu danej cieczy. Gdy został zwiększony jeden z tych parametrów zmiana temperatury danego przepływu w wymienniku była mniejsza, a gdy był zmniejszany któryś z parametrów zmiana była większa. Zmiana parametrów w jednym przepływie wpływała także na drugi przepływ, ponieważ w pierwszym przypadku, pomimo że zmiana temperatury była mniejsza odbierał on więcej ciepła, a więc bardziej zmieniała się jego temperatura. W drugim przypadku następowała sytuacja odwrotna przepływ musiał odbierać mniej ciepła, a więc jego zmiana temperatury była mniejsza.
- Ilość pętli jaką musiał wykonać nasz program podczas liczenia przypadku dla danych zalecanych na wykładzie i założonej temperatury końcowej przepływu $B = 343 \text{ K}$ dla pierwszej pętli i dokładności temperatury końcowej $0,01 \text{ K}$ była równa 40 134. Możemy zauważyć, że ciężko byłoby to policzyć na kartce :).
- Gdy iloczyn ciepła właściwego, gęstości oraz natężeniu przepływu obu cieczy był równy zauważamy równość zmian temperatury obu przepływów, ponieważ transfer ciepła powodował równą zmianę temperatury z powodu identycznych właściwości cieczy, a także tego samego przepływu.
- Możemy zauważyć, że przy znacznym zmniejszeniu iloczynu ciepła właściwego, gęstości oraz natężeniu przepływu jednego z przepływów (lub znacznym zwiększeniu dla drugiego przepływu) dla wymiennika przeciwprądowego temperatura na wyjściu przepływu, który miał ten iloczyn znacznie mniejszy dążyła lub wręcz ją osiągała temperaturę na wejściu drugiego przepływu.
- Przy zmniejszeniu wartości współczynnika p , czyli zmniejszeniu pola powierzchni wymiany ciepła pomiędzy dwoma przepływami w jednym kawałku na jaki podzieliliśmy wymiennik w celu obliczeń lub przy zmniejszeniu współczynnika wnikania otrzymaliśmy mniejszą zmianę temperatur obu przepływów. Możemy łatwo to zrozumieć, ponieważ było albo mniejsze pole, przez które mogła następować wymiana ciepła lub ciecz mniej chętnie oddawała/przyjmowała swoje/drugiej cieczy ciepło (mniejszy współczynnik wnikania). Przy zwiększeniu współczynnika wnikania następowała odwrotna sytuacja, czyli ciecz szybciej oddawała/przyjmowała ciepło, co oznacza szybsze zmiany temperatury.
- Dla przypadku zmniejszenia temperatury początkowej w przepływie A w wymienniku przeciwprądowym otrzymaliśmy mniejszą zmianę jego temperatury w wymienniku. Jest to spowodowane mniejszą różnicą temperatur między przepływami, a co za tym idzie wolniejszą wymianą ciepła pomiędzy nimi. Taki sam efekt byśmy otrzymali przy zwiększeniu temperatury początkowej przepływu B. Oraz odwrotny przy zwiększeniu temperatury przepływu A lub spadku temperatury przepływu B.
- Możemy zauważyć, że w przypadku wymiennika współprądowego zmiany temperatury przepływu były mniejsze, a więc wymiennik tych samych wymiarów jest mniej efektywny. Zachodzi w nim mniejsza wymiana ciepła, przez to, że różnica temperatur przepływów patrząc zgodnie z kierunkiem przepływu A znacząco się zmniejsza w przeciwieństwie do

przepływu przeciwbieżnego, w którym spadek różnicy temperatur jest znacznie wolniejszy, ponieważ zimny przepływ B cały czas napływa z przeciwnego kierunku.