

Henryk Bieszk

Wymiennik ciepła

Dane wyjściowe
i materiały pomocnicze
do wykonania zadania projektowego

Gdańsk 2011

PRZEDMIOT: APARATURA CHEMICZNA

TEMAT ZADANIA PROJEKTOWEGO:

**WYMIENNIK CIEPŁA
I URZĄDZENIA TOWARZYSZĄCE**

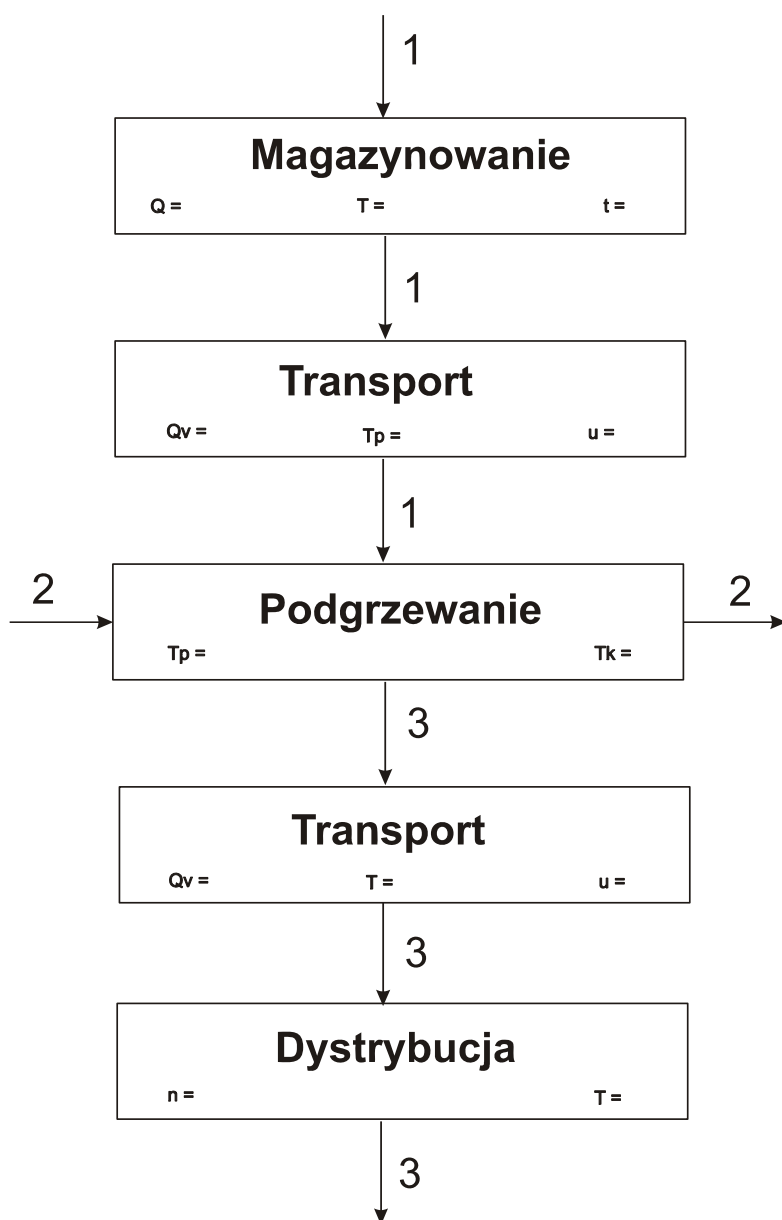
WYKONAŁ:

PROWADZĄCY:

GDAŃSK 2010/2011

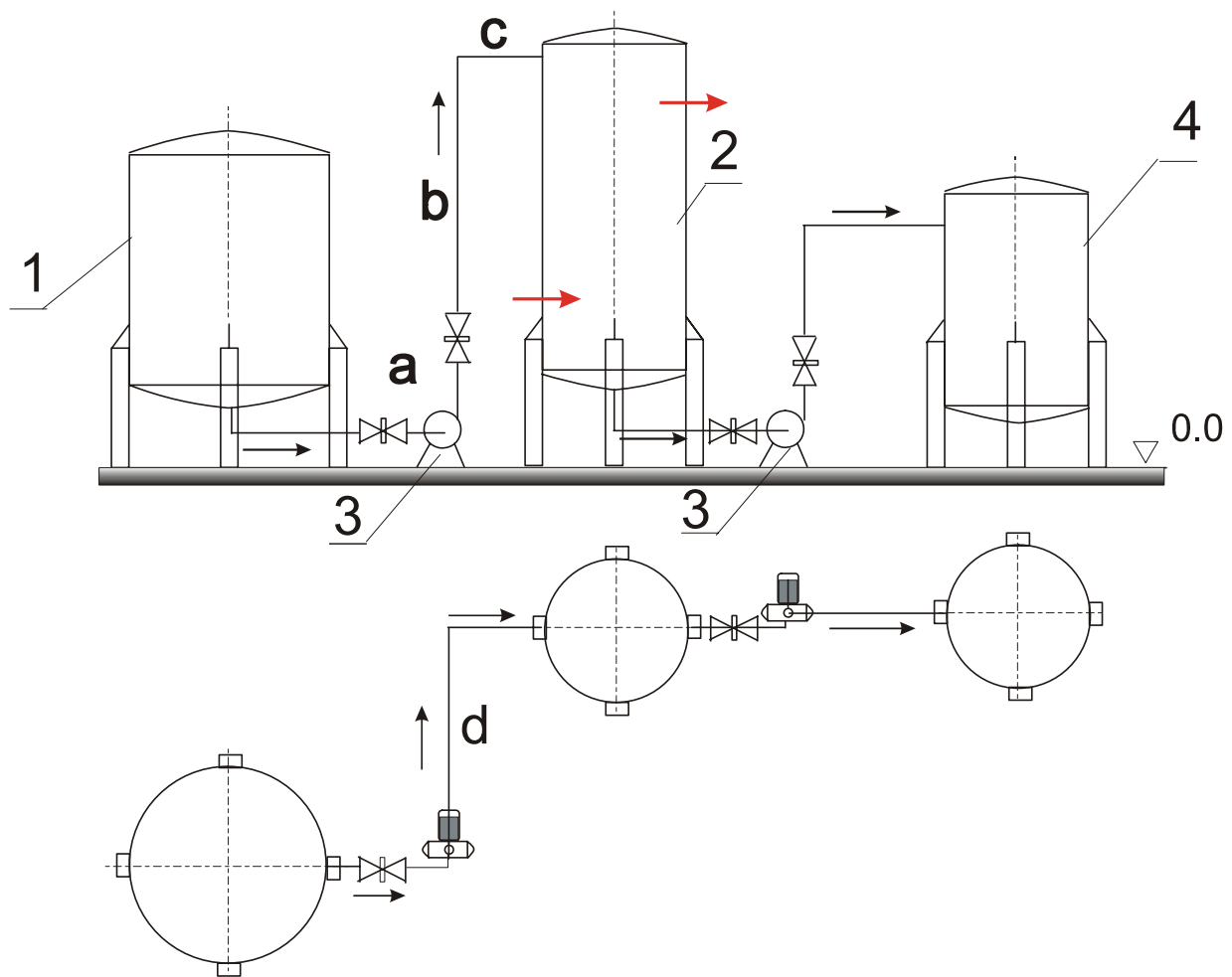
Zawartość opracowania:

1. Strona tytułowa.
2. Schemat instalacji, dane wyjściowe do obliczeń i doboru urządzeń.
3. Część obliczeniowa:
 - obliczenia wymiennika ciepła,
 - obliczenia rurociągu,
 - obliczenia pompy,
 - obliczenia zbiorników,
4. Część graficzna:
 - rysunki elementów rurociągu; rzut główny i rzut z góry, A3,
 - rysunek pompy; rzut główny i rzut z góry - A4,
 - rysunek wymiennika ciepła; rzut główny i rzut z góry, A3,
 - rysunek zbiornika; rzut główny i rzut z góry - A4,
 - rysunek instalacji; rzut główny i rzut z góry, A3,
5. Część opisowa:
 - opis instalacji; zastosowanie, budowa, działanie, materiały,
 - opis elementów rurociągu,
 - opis pompy,
 - opis wymiennika ciepła,
 - opis zbiorników,
 - spis treści (w tym literatura).



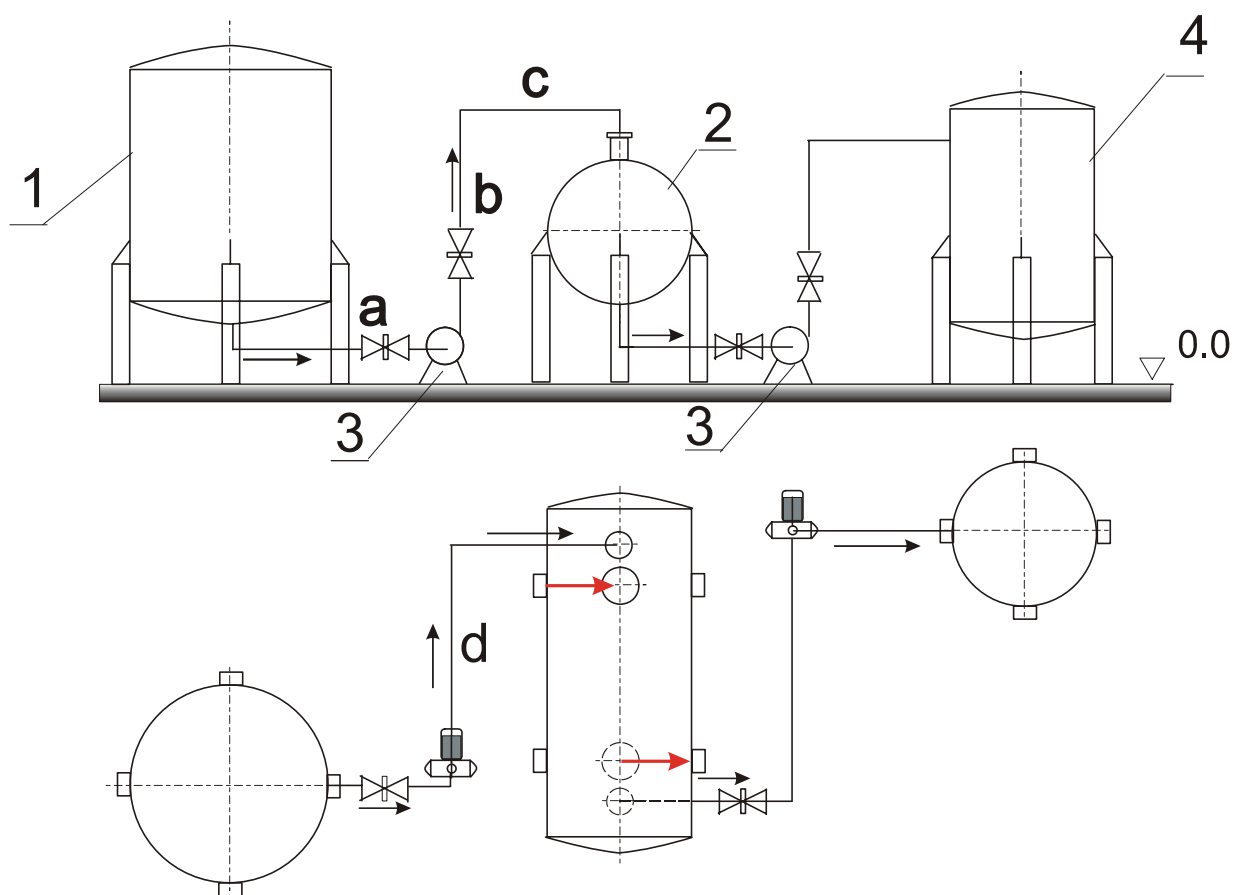
| | |
|----|---------------------|
| 3 | Czynnik podgrzany |
| 2 | Czynnik grzejny |
| 1 | Czynnik podgrzewany |
| Lp | Nazwa |

| | | | | |
|--|-------------------|-----------|---------------------------------------|---------------|
| Rysował | Dr inż. H. Bieszk | Podziałka | Nazwa rysunku: Schemat ideowy procesu | |
| Sprawdził | Dr inż. H. Bieszk | | | |
| Politechnika Gdańska Katedra Aparatury i Maszynoznawstwa Chemicznego | | Data | Nr rysunku | Norma/Katalog |



| | |
|----|------------------|
| 4 | Zbiornik |
| 3 | Pompa |
| 2 | Wymiennik ciepła |
| 1 | Zbiornik |
| Lp | Nazwa |

| | | | | |
|--|-------------------|-----------|--|---------------|
| Rysował | Dr inż. H. Bieszk | Podziałka | Nazwa rysunku: Schemat połączenia urządzeń | |
| Sprawdził | Dr inż. H. Bieszk | | | |
| Politechnika Gdańska Katedra Aparatury i Maszynoznawstwa Chemicznego | | Data | Nr rysunku | Norma/Katalog |



| | |
|----|------------------|
| 4 | Zbiornik |
| 3 | Pompa |
| 2 | Wymiennik ciepła |
| 1 | Zbiornik |
| Lp | Nazwa |

| | | | | |
|--|-------------------|-----------|--|---------------|
| Rysował | Dr inż. H. Bieszk | Podziałka | Nazwa rysunku: Schemat połączenia urządzeń | |
| Sprawdził | Dr inż. H. Bieszk | | | |
| Politechnika Gdańska Katedra Aparatury i Maszynoznawstwa Chemicznego | | Data | Nr rysunku | Norma/Katalog |

Tabela 1. Dane wyjściowe do obliczeń wymiennika ciepła

| Nr | G_c [kg/s] | t_{c1} [°C] | t_{c2} [°C] | t_{g1} [°C] | t_{g2} [°C] | k [W/m ² deg] | Ustawienie | p_2 [bar] |
|-----|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------------|------------|----------------|
| 1p | 0.5 | 9 | 50 | 300 | 150 | 15 | poziomy | 1.1 |
| 2w | 0.6 | 10 | 55 | 325 | 160 | 16 | pionowy | 1.2 |
| 3p | 0.7 | 11 | 60 | 350 | 170 | 17 | poziomy | 1.3 |
| 4w | 0.8 | 12 | 65 | 375 | 180 | 18 | pionowy | 1.2 |
| 5p | 0.9 | 13 | 70 | 400 | 190 | 19 | poziomy | 1.1 |
| 6w | 1 | 14 | 75 | 375 | 180 | 20 | pionowy | 1.0 |
| 7p | 1.1 | 15 | 80 | 350 | 170 | 19 | poziomy | 1.1 |
| 8w | 1.2 | 9 | 85 | 325 | 160 | 18 | pionowy | 1.2 |
| 9p | 1.3 | 10 | 90 | 300 | 150 | 17 | poziomy | 1.3 |
| 10w | 1.4 | 11 | 50 | 325 | 160 | 16 | pionowy | 1.2 |
| 11p | 1.5 | 12 | 55 | 350 | 170 | 15 | poziomy | 1.1 |
| 12w | 1.6 | 13 | 60 | 375 | 180 | 16 | pionowy | 1.0 |
| 13p | 1.7 | 14 | 65 | 400 | 190 | 17 | poziomy | 1.1 |
| 14w | 1.8 | 15 | 70 | 375 | 180 | 18 | pionowy | 1.2 |
| 15p | 1.9 | 9 | 75 | 350 | 170 | 19 | poziomy | 1.3 |
| 16w | 2 | 10 | 80 | 325 | 160 | 20 | pionowy | 1.2 |
| 17p | 0.5 | 11 | 85 | 300 | 150 | 19 | poziomy | 1.1 |
| 18w | 0.6 | 12 | 90 | 325 | 160 | 18 | pionowy | 1.0 |
| 19p | 0.7 | 13 | 50 | 350 | 170 | 17 | poziomy | 1.1 |
| 20w | 0.8 | 14 | 55 | 375 | 180 | 16 | pionowy | 1.2 |
| 21p | 0.9 | 15 | 60 | 400 | 190 | 15 | poziomy | 1.3 |
| 22w | 1 | 9 | 65 | 375 | 180 | 16 | pionowy | 1.2 |
| 23p | 1.1 | 10 | 70 | 350 | 170 | 17 | poziomy | 1.1 |
| 24w | 1.2 | 11 | 75 | 325 | 160 | 18 | pionowy | 1.0 |
| 25p | 1.3 | 12 | 80 | 300 | 150 | 19 | poziomy | 1.1 |
| 26w | 1.4 | 13 | 85 | 325 | 160 | 20 | pionowy | 1.2 |
| 27p | 1.5 | 14 | 90 | 350 | 170 | 19 | poziomy | 1.3 |
| 28w | 1.6 | 15 | 85 | 375 | 180 | 18 | pionowy | 1.2 |
| 29p | 1.7 | 9 | 80 | 400 | 190 | 17 | poziomy | 1.1 |
| 30w | 1.8 | 10 | 75 | 375 | 180 | 16 | pionowy | 1.0 |

G_c [kg/s] - masowe natężenie przepływu chłodnego (podgrzewanego) nośnika,

t_{c1} [°C] - temperatura chłodnego nośnika na wlocie do wymiennika ciepła

t_{c2} [°C] - temperatura chłodnego nośnika na wylocie z wymiennika ciepła

t_{g1} [°C] - temperatura gorącego nośnika na wlocie do wymiennika ciepła

t_{g2} [°C] - temperatura gorącego nośnika na wylocie z wymiennika ciepła

p- przeciwprądowy wymiennik ciepła, w – współprądowy wymiennik ciepła

p_2 [bar] – ciśnienie w wymienniku ciepła

Tabela 2. Dane wyjściowe do obliczeń rurociągu i pompy

| Nr | G_c [kg/s] | a [m] | b* [m] | c [m] | d [m] | p2 [bar] |
|----|-----------------|----------|-----------|----------|----------|-------------|
| 1 | 0.5 | 2 | | 3 | 6 | 1.1 |
| 2 | 0.6 | 3 | | 2 | 7 | 1.2 |
| 3 | 0.7 | 2 | | 3 | 6 | 1.3 |
| 4 | 0.8 | 3 | | 2 | 7 | 1.2 |
| 5 | 0.9 | 2 | | 3 | 6 | 1.1 |
| 6 | 1 | 3 | | 2 | 7 | 1.0 |
| 7 | 1.1 | 2 | | 3 | 6 | 1.1 |
| 8 | 1.2 | 3 | | 2 | 7 | 1.2 |
| 9 | 1.3 | 2 | | 3 | 6 | 1.3 |
| 10 | 1.4 | 3 | | 2 | 7 | 1.2 |
| 11 | 1.5 | 2 | | 3 | 6 | 1.1 |
| 12 | 1.6 | 3 | | 2 | 7 | 1.0 |
| 13 | 1.7 | 2 | | 3 | 6 | 1.1 |
| 14 | 1.8 | 3 | | 2 | 7 | 1.2 |
| 15 | 1.9 | 2 | | 3 | 6 | 1.3 |
| 16 | 2 | 3 | | 2 | 7 | 1.2 |
| 17 | 0.5 | 2 | | 3 | 6 | 1.1 |
| 18 | 0.6 | 3 | | 2 | 7 | 1.0 |
| 19 | 0.7 | 2 | | 3 | 6 | 1.1 |
| 20 | 0.8 | 3 | | 2 | 7 | 1.2 |
| 21 | 0.9 | 2 | | 3 | 6 | 1.3 |
| 22 | 1 | 3 | | 2 | 7 | 1.2 |
| 23 | 1.1 | 2 | | 3 | 6 | 1.1 |
| 24 | 1.2 | 3 | | 2 | 7 | 1.0 |
| 25 | 1.3 | 2 | | 3 | 6 | 1.1 |
| 26 | 1.4 | 3 | | 2 | 7 | 1.2 |
| 27 | 1.5 | 2 | | 3 | 6 | 1.3 |
| 28 | 1.6 | 3 | | 2 | 7 | 1.2 |
| 29 | 1.7 | 2 | | 3 | 6 | 1.1 |
| 30 | 1.8 | 3 | | 2 | 7 | 1.0 |

a,b,c,d [m] –długości rurociągu wg. schematu połączenia urządzeń.

Uwaga: długość odcinka b należy określić uwzględniając ustawienie i konstrukcję wymiennika ciepła.

A. Obliczyć wielkość powierzchni wymiany ciepła płaszczowo-rurowego wymiennika w przypadku zastosowania przeciwprądu i współprądu dla danych zamieszczonych w tabeli 1. Na podstawie wyników obliczeń dobrać aparat z katalogu producenta.

- B. Obliczyć instalację rurociągową. Na podstawie wyników obliczeń zaproponować znormalizowane elementy projektowanego rurociągu.
- C. Obliczyć parametry pompy podającej ciecchłodną do wymiennika ciepła. Na podstawie wyników obliczeń dobrać pompę z katalogu producenta.
- D. Obliczyć wymiary zbiorników ciecchłodnej i podgrzanej. Na podstawie wyników obliczeń dobrać zbiorniki z katalogu producenta.
- E. Wykonać rysunki elementów projektowanej instalacji oraz jej rysunek zestawieniowy.

Wymiennik ciepła - podstawy projektowania

W celu wyznaczenia potrzebnej powierzchni wymiany ciepła należy określić:

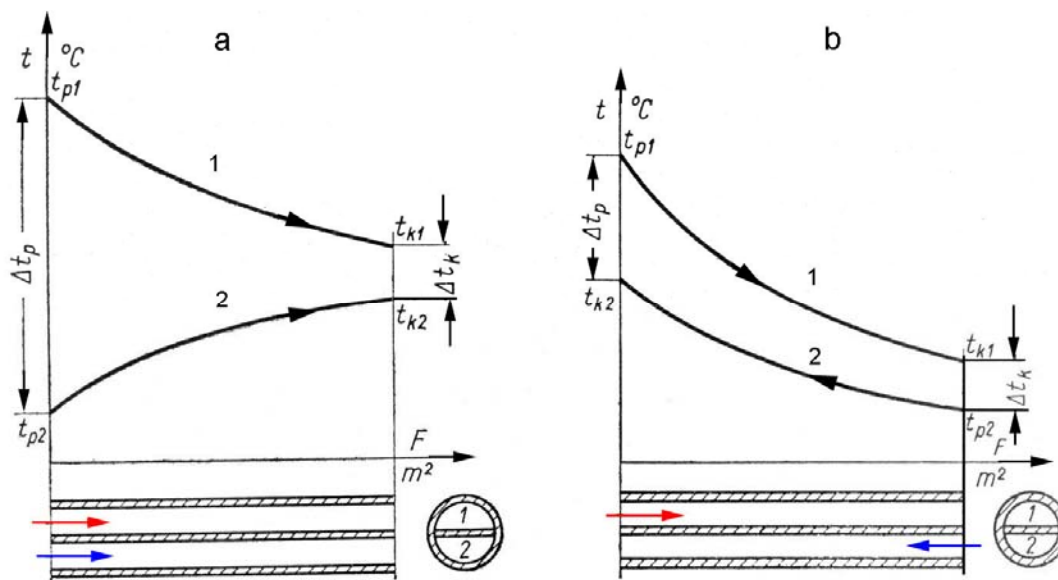
- ilość przepływającego ciepła Q ,
- średnią napędową różnicę temperatur Δt ,
- współczynnik przenikania ciepła k ,

1. Ilość przepływającego ciepła (moc cieplną wymiennika), dla omawianego wymiennika, można określić na podstawie równania bilansu cieplnego:

$$Q = G_c c_c (t_2 - t_1) \quad [\text{W}] \quad [1]$$

gdzie: G_c [kg/s] - masowe natężenie przepływu chłodnego (podgrzewanego) nośnika ciepła, c_c [J/kg deg] - ciepło właściwe chłodnego nośnika ciepła, t_1 , t_2 - temperatury chłodnego (podgrzewanego) nośnika ciepła na wlocie i wylocie z aparatu.

2. W procesie ciągłej wymiany ciepła nośniki znajdują się w ruchu. Przy współprądzie nośniki przepływają wzdłuż powierzchni wymiany w tym samym kierunku. Przebieg zmian ich temperatur ilustruje rys. 1a. Przy przeciwprądzie nośniki ciepła przepływają w kierunkach przeciwnych; rys. 1b.



Rys. 1. Przebieg zmian temperatur nośników ciepła; a- współprąd, b- przeciwprąd

Średnią napędową różnicę temperatur oblicza się jako średnią logarytmiczną z wartości skrajnych różnic temperatur na początku i końcu wymiennika ciepła

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_p - \Delta t_k}{\ln \frac{\Delta t_p}{\Delta t_k}} \quad [\text{deg}] \quad [2]$$

W przypadku gdy poszczególne skrajne różnice temperatur (spadki temperatur) nie różnią się bardzo między sobą i żadna z nich nie przekracza dwukrotnej wartości drugiej $\Delta t_p / \Delta t_k < 2$ można stosować średnią arytmetyczną

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_p + \Delta t_k}{2} \quad [\text{deg}] \quad [3]$$

3. Współczynnik przenikania ciepła dla wielowarstwowej ściany płaskiej można obliczyć z zależności

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} \quad [\text{m}^2 \text{ K/W}] \quad [4]$$

gdzie: $\alpha_{1,2}$ [W/m² K] – współczynniki wnikania ciepła, λ [W/mK] – współczynnik przewodzenia ciepła, s [m] – grubość ściany.

4. Powierzchnię wymiany ciepła określa równanie:

$$F = \frac{Q}{k \Delta t_m} \quad [\text{m}^2] \quad [5]$$

Dla rurowych wymienników ciepła powierzchnię wymiany ciepła oblicza się z zależności;

$$F = \pi d l n \quad [\text{m}^2] \quad [6]$$

gdzie: d [m] – średnica rur, l [m] – długość rur, n – liczba rur.

Pole przekroju poprzecznego przestrzeni rurowej:

$$F = \frac{\pi d^2}{4} n_1 = \frac{\pi d^2}{4} \times \frac{n}{z} \quad [\text{m}^2] \quad [7]$$

gdzie: d [m] – średnica wewnętrzna rur, n_1 – liczba rur w jednym biegu, n – ogólna liczba rur w wymienniku, z – liczba biegów.

Pole przekroju poprzecznego przestrzeni międzyrurowej:

$$F = \frac{\pi}{4} (D^2 - n d_z^2) \quad [\text{m}^2] \quad [8]$$

gdzie: D [m] – średnica wewnętrzna płaszczca, n – ogólna liczba rur w wymienniku, d – średnica zewnętrzna rur.

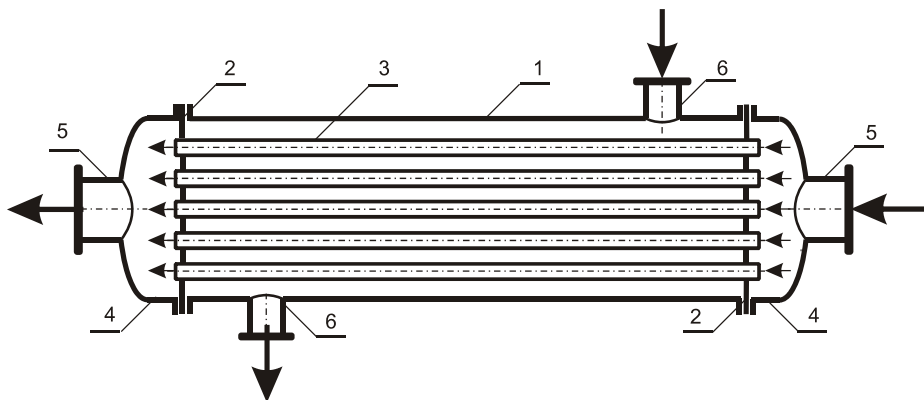
Tabela 3. Stan zaawansowania pracy

| Lp | Opis wykonanej czynności | Data | Podpis prowadzącego |
|----|---|------|---------------------|
| 1 | <p>Część obliczeniowa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - obliczenia i dobór wymiennika, - obliczenia i dobór elementów rurociągu, - obliczenia i dobór pompy, - obliczenia i dobór zbiorników | | |
| 2 | <p>Część graficzna:</p> <ul style="list-style-type: none"> - rysunki elementów rurociągu; rzut główny i rzut z góry – A3, - rysunek pompy i zbiorników; rzut główny i rzut z góry - A4, - rysunek wymiennika, rzut główny i rzut z góry, A4, (A3) -rysunek instalacji; rzut główny i rzut z góry, A3, | | |
| 3 | <p>Część opisowa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - opis instalacji; zastosowanie, budowa, działanie, materiały, - opis elementów rurociągu, - opis pompy, - opis wymiennika ciepła, - opis zbiorników - spis treści - literatura. | | |

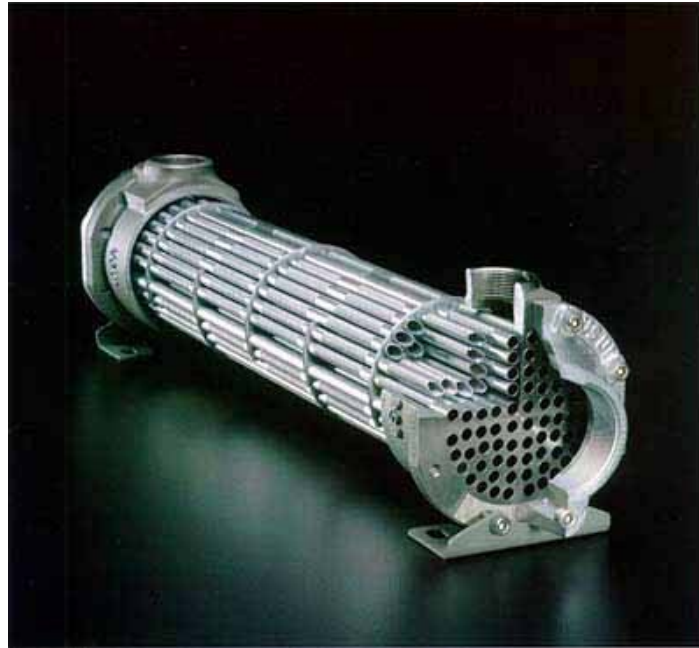
Płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła – ilustracje



Płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła - widok



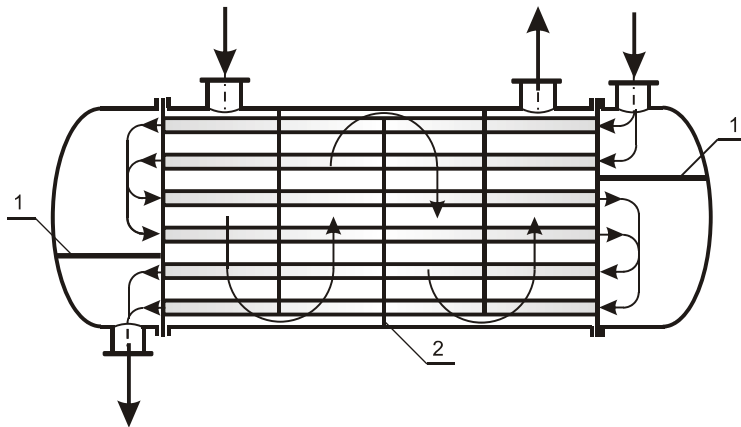
Płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła oraz kierunki przepływu czynników w przestrzeniach rurowej i międzyrurowej, 1 - płaszcz, 2 - płyta sitowa, 3 - wiązka rur, 4 - dennica, 5 - króciec (przestrzeni rurowej), 6 - króciec (przestrzeni międzyrurowej);



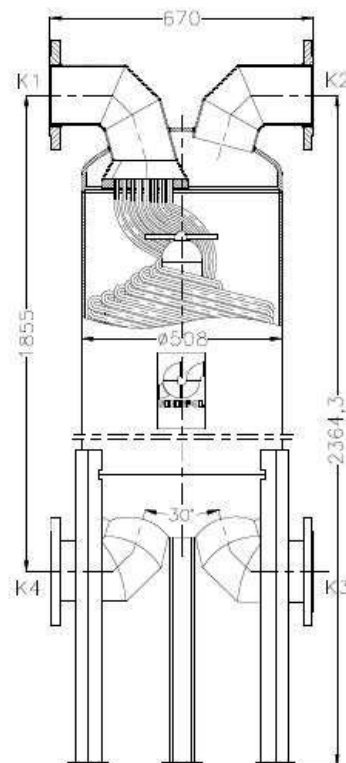
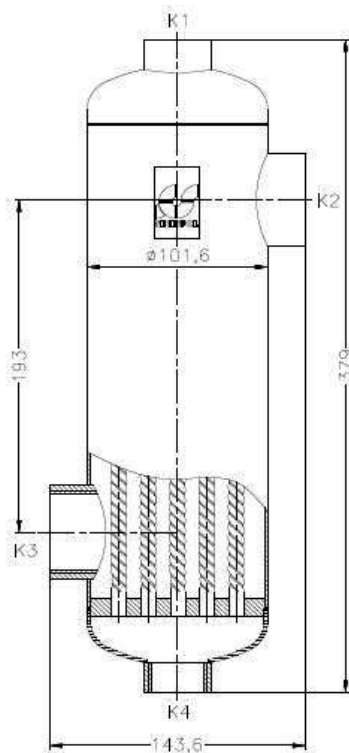
Płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła – widok wiązki rurek, płyt sitowych i fragmentu głowicy



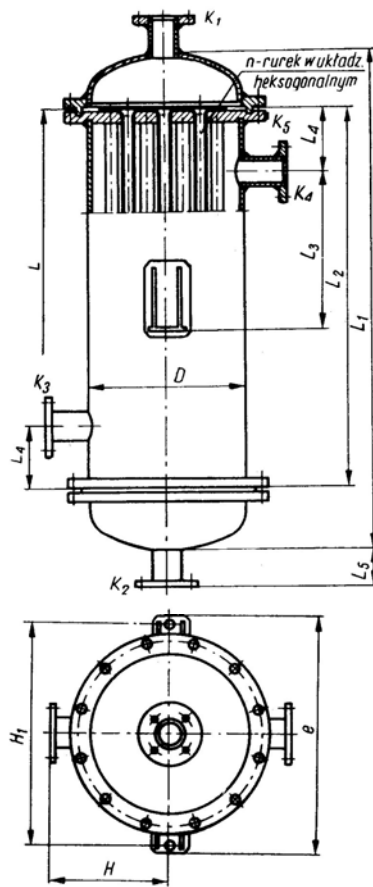
Płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła – widok płaszcza i płyt sitowych.



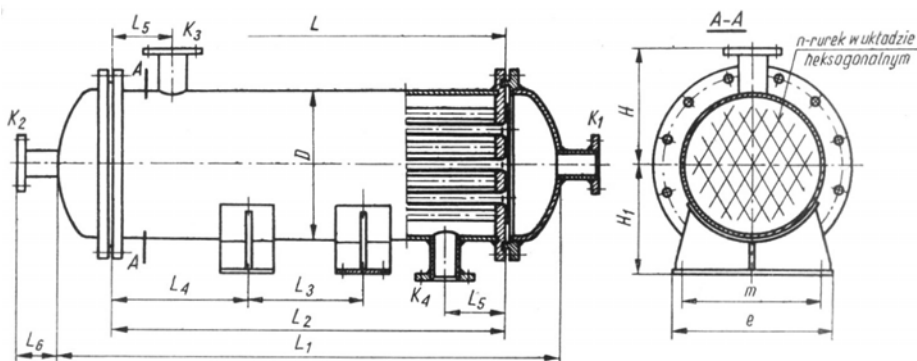
Trójbiegowy płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła oraz kierunki przepływu czynników w przestrzeniach rurowej i międzyrurowej , 1 - przegroda (w głowicy wymiennika), 2 - przegroda prostopadła w przestrzeni międzyrurowej



Płaszczowo-rurowe wymienniki ciepła – rysunki katalogowe



Płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła – rysunek katalogowy



Płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła – rysunek katalogowy

Wzory tabliczek rysunkowych

| | | | | |
|--|-------------------|-----------|-----------------------------------|---------------|
| Rysował | | Podziałka | Nazwa rysunku Wymiennik ciepła | |
| Sprawdził | Dr inż. H. Bieszk | | | |
| Politechnika Gdańska Katedra Aparatury i Maszynoznawstwa Chemicznego | | Data | Nr rysunku | Norma/Katalog |

| | Wykaz króćców | D _n |
|----|-----------------------------|----------------|
| K1 | Dopływ czynnika ogrzewanego | |
| K2 | Odpływ czynnika ogrzewanego | |
| K3 | Dopływ czynnika grzejącego | |
| K4 | Odpływ czynnika grzejącego | |

Literatura

1. Pikoń J.: Aparatura chemiczna.
2. Płanowski A., Ramm W., Kagan S.: Procesy i aparaty technologii chemicznej.
3. Hobler T.: Ruch ciepła i wymienniki.
4. Bieszk H. : Urządzenia do realizacji procesów cieplnych w technologii chemicznej.

Polecane strony www:

1. wakmet.com.pl, 2. armapol.pl, 3. hawle.pl, 4. tofama.com.pl,
5. jafar.pl, 6. armakom.pl, 7. grundfos.com, 8. redor.com.pl,
9. sfpomp.com.pl, 10. gaa.com.pl, 11. huta.el.com.pl, 12. limir.polbiz.pl
13. fal.pl, 14. trokotex.com.pl, 15. fag.pl, 16. inpolkrak.com.pl, 17. akwa.com.pl,
18. befa.com.pl, 19. metalko.com.pl, 20. energotex.com.pl, 21. secespole.pl