CENTRALNA KOMISJA EGZAMINACYJNA

Arkusz zawiera informacje prawnie chronione do momentu rozpoczęcia egzaminu

Nazwa kwalifikacji: **Eksploatacja i organizacja robót związanych z montażem instalacji i urządzeń chłodniczych, klimatyzacyjnych oraz pomp ciepła**
Oznaczenie kwalifikacji: **ELE.04**
Numer zadania: **01**
Wersja arkusza: **SG**

Wypełnia zdający

Numer PESEL zdającego*

Miejsce na naklejkę z numerem PESEL i z kodem ośrodka

Czas trwania egzaminu: **180** minut. ELE.04-01-22.01-SG

EGZAMIN ZAWODOWY
Rok 2022
CZĘŚĆ PRAKTYCZNA

PODSTAWA PROGRAMOWA 2019

Instrukcja dla zdającego

1. Na pierwszej stronie arkusza egzaminacyjnego wpisz w oznaczonym miejscu swój numer PESEL i naklej naklejkę z numerem PESEL i z kodem ośrodka.
2. Na KARCIE OCENY w oznaczonym miejscu przyklej naklejkę z numerem PESEL oraz wpisz:
   - swój numer PESEL*,
   - oznaczenie kwalifikacji,
   - numer zadania,
   - numer stanowiska.
3. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 11 stron i nie zawiera błędów. Ewentualny brak stron lub inne usterki zgłoś przez podniesienie ręki przewodniczącemu zespołu nadzorującego.
4. Zapoznaj się z treścią zadania oraz stanowiskiem egzaminacyjnym. Masz na to 10 minut. Czas ten nie jest wliczany do czasu trwania egzaminu.
5. Czas rozpoczęcia i zakończenia pracy zapisze w widocznym miejscu przewodniczący zespołu nadzorującego.
6. Wykonaj samodzielnie zadanie egzaminacyjne. Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa i organizacji pracy.
7. Po zakończeniu wykonania zadania pozostaw arkusz egzaminacyjny z rezultatami oraz KARTĘ OCENY na swoim stanowisku lub w miejscu wskazanym przez przewodniczącego zespołu nadzorującego.
8. Po uzyskaniu zgody zespołu nadzorującego możesz opuścić salę/miejsce przeprowadzania egzaminu.

Powodzenia!

** w przypadku braku numeru PESEL – seria i numer paszportu lub innego dokumentu potwierdzającego tożsamość*

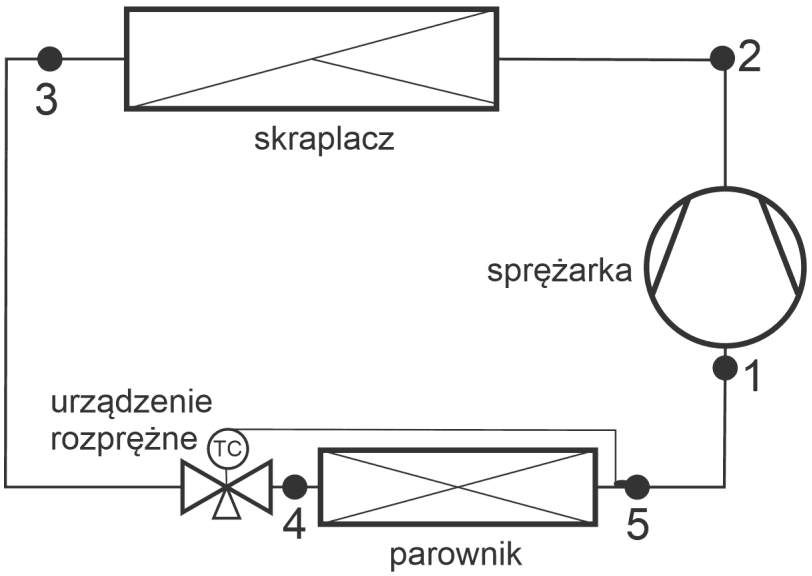
Układ graficzny
© CKE 2020

Zadanie egzaminacyjne

W obiekcie przemysłowym zainstalowana jest powietrzna pompa ciepła napełniona czynnikiem chłodniczym R 410A. Ideowy schemat obiegu pompy ciepła przedstawiono na rysunku 1. Zgodnie z zaleceniami producenta tej pompy ciepła należy raz do roku określić rzeczywistą i sezonową klasę energetyczną w trybie grzania. W tym celu wykonano pomiary rzeczywistych parametrów pracy rewersyjnej powietrznej pompy ciepła pracującej w trybie grzania. Wyniki pomiarów zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki wykonanych pomiarów pompy ciepła pracującej w trybie grzania

Wielkość mierzona	**symbol**	**wynik pomiarów**
temperatura na ssaniu sprężarki	t_{ss}	10°C
temperatura końca sprężania	t_{ks}	90°C
temperatura powietrza zewnętrznego	t_{pow}	2°C
ciśnienie par nasyconych na wyjściu z parownika	p_o	5,82 bar
temperatura par czynnika na wyjściu z parownika	t_5	0°C
temperatura czynnika chłodniczego, zmierzona na wyjściu ze skraplacza	t_3	40°C
ciśnienie zmierzone na wyjściu ze skraplacza	p_k	26,4 bar



Punkty 1 do 5 określają miejsca pomiaru parametrów charakterystycznych obiegu pompy ciepła.

Rysunek 1. Ideowy schemat obiegu pompy ciepła

Określ rzeczywistą i sezonową klasę energetyczną w trybie grzania dla wyników pomiarów zapisanych w tabeli 1. Do wykonania zadania wykorzystaj wykres Molliera dla czynnika R410A, ideowy schemat obiegu pompy ciepła rysunek 1 oraz przygotowane tabele znajdujące się w arkuszu egzaminacyjnym.

Wartość odczytu entalpii oraz objętości właściwej czynnika chłodniczego z wykresu należy odczytać z dokładnością ± 5%. Godzinowa wydajność objętościowa sprężarki, odczytana z dokumentacji technicznej sprężarki $\dot{V}$ wynosi 7 m^3/h.

Zadanie wykonaj zachowując następującą kolejność czynności:

1. Określ przyrządy pomiarowe, które zostały zastosowane w celu wykonania pomiarów parametrów pracy rewersyjnej powietrznej pompy ciepła. Uzupełnij tabelę 6.
2. Wyznacz wartości temperatury parowania i skraplania. Uzupełnij tabelę 7.
3. Odczytaj z wykresu charakterystyczne parametry obiegu. Uzupełnij tabelę 8.
4. Oblicz wydajność grzewczą i moc sprężarki. Uzupełnij tabelę 9.
5. Oblicz współczynniki efektywności energetycznej i klasy energetyczne. Uzupełnij tabelę 10.

Tabela 2. Klasa efektywności energetycznej COP

Klasa efektywności energetycznej	Wartość współczynnika efektywności COP
A	COP > 3,6
B	3,6 ≥ COP > 3,4
C	3,4 ≥ COP > 3,2
D	3,2 ≥ COP > 2,8
E	2,8 ≥ COP > 2,6
F	2,6 ≥ COP > 2,4
G	2,4 ≥ COP

Tabela 3. Klasa efektywności energetycznej SCOP

Klasa efektywności energetycznej	Wartość współczynnika efektywności SCOP
A+++	SCOP ≥ 5,1
A++	5,1 > SCOP ≥ 4,6
A+	4,6 > SCOP ≥ 4,0
A	4,0 > SCOP ≥ 3,4
B	3,4 > SCOP ≥ 3,1
C	3,1 > SCOP ≥ 2,8
D	2,8 > SCOP ≥ 2,5
E	2,5 > SCOP ≥ 2,2
F	2,2 > SCOP ≥ 1,9
G	1,9 > SCOP

Tabela 4. Ciśnienie nasycenia (manometryczne)

Temp. (°C)	Ciśnienie nasycenia (MPa)		Temp. (°C)	Ciśnienie nasycenia (MPa)		Temp. (°C)	Ciśnienie nasycenia (MPa)	
	Ciecz nasycona	Gaz nasycony		Ciecz nasycona	Gaz nasycony		Ciecz nasycona	Gaz nasycony
-30	0.1722	0.1717	2	0.7569	0.7539	34	1.998	1.990
-29	0.1836	0.1830	3	0.7840	0.7809	35	2.051	2.043
-28	0.1953	0.1947	4	0.8119	0.8086	36	2.105	2.097
-27	0.2074	0.2067	5	0.8403	0.8369	37	2.160	2.152
-26	0.2199	0.2192	6	0.8695	0.8659	38	2.216	2.208
-25	0.2328	0.2320	7	0.9000	0.8956	39	2.273	2.265
-24	0.2460	0.2452	8	0.930	0.926	40	2.332	2.323
-23	0.2597	0.2588	9	0.961	0.957	41	2.391	2.382
-22	0.2737	0.2728	10	0.993	0.989	42	2.451	2.442
-21	0.2882	0.2872	11	1.026	1.022	43	2.513	2.503
-20	0.3031	0.3021	12	1.059	1.055	44	2.575	2.565
-19	0.3185	0.3174	13	1.093	1.089	45	2.639	2.629
-18	0.3343	0.3331	14	1.128	1.123	46	2.703	2.693
-17	0.3505	0.3493	15	1.164	1.159	47	2.769	2.759
-16	0.3672	0.3659	16	1.200	1.195	48	2.836	2.826
-15	0.3844	0.3830	17	1.237	1.232	49	2.904	2.894
-14	0.4021	0.4006	18	1.275	1.270	50	2.974	2.963
-13	0.4202	0.4187	19	1.314	1.308	51	3.044	3.034
-12	0.4389	0.4373	20	1.353	1.348	52	3.116	3.106
-11	0.4580	0.4563	21	1.394	1.388	53	3.189	3.178
-10	0.4776	0.4759	22	1.435	1.429	54	3.263	3.253
- 9	0.4978	0.4960	23	1.477	1.471	55	3.338	3.328
- 8	0.5185	0.5166	24	1.520	1.513	56	3.415	3.405
- 7	0.5398	0.5377	25	1.563	1.557	57	3.493	3.483
- 6	0.5616	0.5594	26	1.608	1.601	58	3.572	3.562
- 5	0.5839	0.5817	27	1.654	1.647	59	3.653	3.643
- 4	0.6069	0.6045	28	1.700	1.693	60	3.735	3.725
- 3	0.6304	0.6279	29	1.747	1.740	61	3.818	3.808
- 2	0.6545	0.6519	30	1.796	1.788	62	3.902	3.893
- 1	0.6791	0.6765	31	1.845	1.837	63	3.988	3.979
0	0.7044	0.7017	32	1.895	1.887	64	4.075	4.066
1	0.7303	0.7274	33	1.946	1.938	65	4.164	4.155

Tabela 5. Wzory do wykorzystania w zadaniu

Ciśnienie absolutne

$$p_a = p_m + 1 \text{ [bar]}$$

p_a – ciśnienie absolutne [bar]
p_m – ciśnienie manometryczne [bar]

Masowe natężenie przepływu czynnika chłodniczego

$$\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v_{ss}} \quad [\frac{kg}{s}]$$

$\dot{V}$ – wydajność objętościowa sprężarki [m^3/s]
v_{ss} – objętość właściwa czynnika chłodniczego na ssaniu sprężarki [m^3/kg]

Współczynnik efektywności energetycznej urządzenia pracującego w trybie grzania

$$COP = \frac{Q_k}{N_t} \quad [-]$$

Q_k – wydajność grzewcza skraplacza [kW]
N_t – moc pobierana przez sprężarkę [kW]

Sezonowy współczynnik efektywności energetycznej urządzenia pracującego w trybie grzania

$$SCOP = (COP_{tz-7^oC} \times 61\%) + (COP_{tz\,2^oC} \times 37\%) + (COP_{tz\,7^oC} \times 24\%) + (COP_{tz\,12^oC} \times 11\%)$$

$COP_{tz-7^oC} \times 61\%$ - współczynnik efektywności energetycznej określony przy temperaturze zewnętrznej -7 °C przemnożony przez 61% wydajności z jaką pracuje urządzenie w ciągu sezonu grzewczego

$COP_{tz\,2^oC} \times 37\%$ - współczynnik efektywności energetycznej określony przy temperaturze zewnętrznej 2 °C przemnożony przez 37% wydajności z jaką pracuje urządzenie w ciągu sezonu grzewczego

$COP_{tz\,7^oC} \times 24\%$ - współczynnik efektywności energetycznej określony przy temperaturze zewnętrznej 7 °C przemnożony przez 24% wydajności z jaką pracuje urządzenie w ciągu sezonu grzewczego

$COP_{tz\,12^oC} \times 11\%$ - współczynnik efektywności energetycznej określony przy temperaturze zewnętrznej 12 °C przemnożony przez 11% wydajności z jaką pracuje urządzenie w ciągu sezonu grzewczego

Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.

Ocenie podlegać będzie 6 rezultatów:

- wyposażenie stanowiska badawczo-pomiarowego - tabela 6,
- wartości temperatury parowania i skraplania - tabela 7,
- przebieg przemian czynnika chłodniczego na wykresie Molliera,
- wartości charakterystycznych parametrów odczytane z diagramu chłodniczego - tabela 8,
- wartości wydajności grzewczej i mocy sprężarki pompy ciepła - tabela 9,
- wartości współczynnika efektywności energetycznej chwilowej COP i sezonowej SCOP oraz wyznaczone klasy energetyczne - tabela 10.

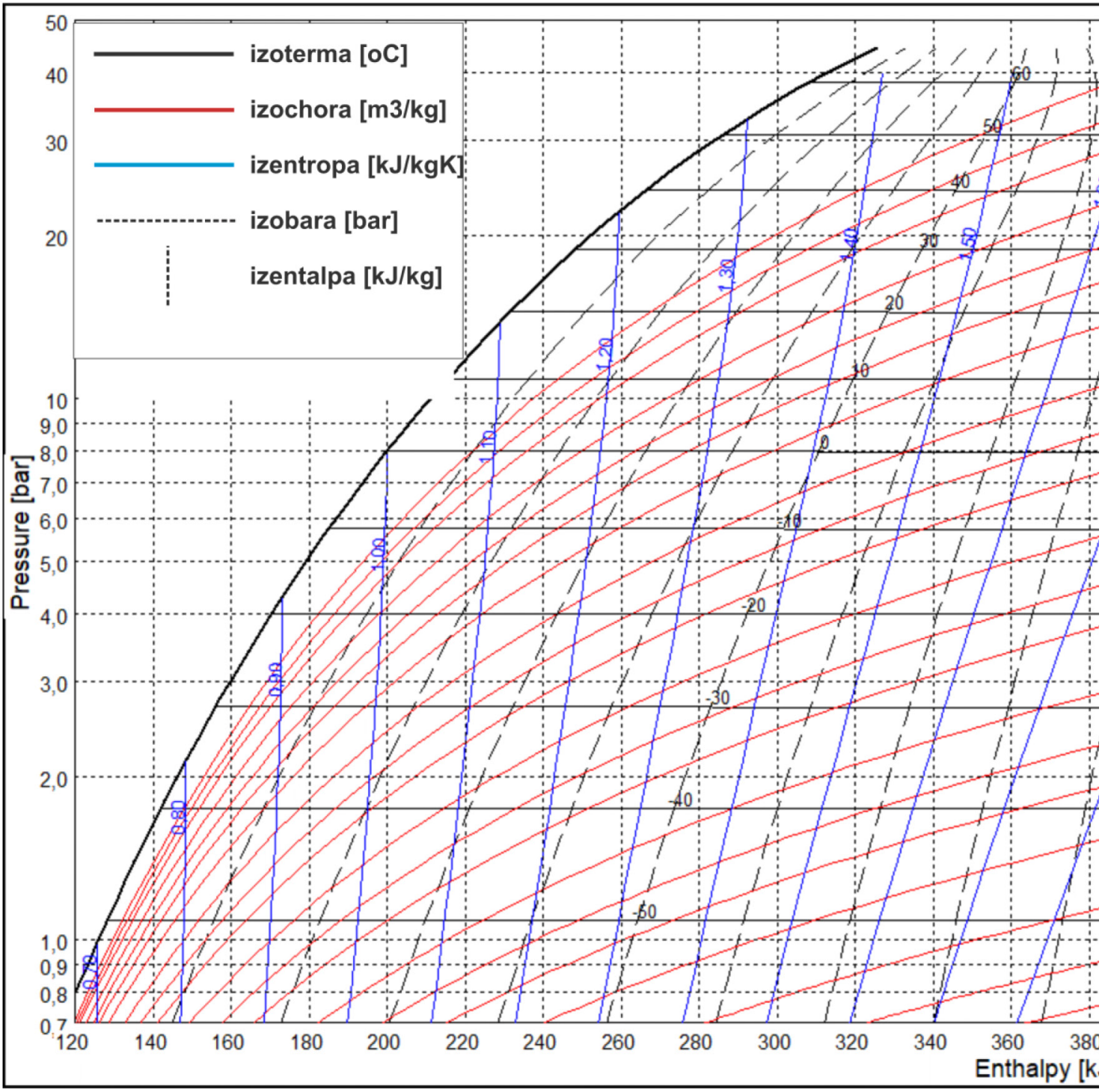
KARTA OKREŚLENIA KLASY ENERGETYCZNEJ POMPY CIEPŁA

Tabela 6. Wyposażenie stanowiska badawczo-pomiarowego		
Lp.	Nazwa aparatury	Mierzona wielkość / Wykonywana funkcja
1		
2		
3		

Tabela 7. Wartości temperatury parowania i skraplania			
1. Wyznaczenie wartości temperatury parowania na podstawie odczytów ciśnienia i temperatury na wyjściu z parownika (przegrzanie musi się mieścić w granicach od 4K – 9 K)			
Ciśnienie manometryczne par nasyconych na wyjściu z parownika	p_o= ……*	temperatura par nasyconych na wyjściu z parownika	t_o= ……..…*
Zmierzona temperatura par czynnika na wyjściu z parownika		t_5 = …….*	
Obliczona wartość przegrzania …….* Przegrzanie mieści się w wyznaczonych granicach – właściwe podkreślić TAK/NIE			
2. Wyznaczenie wartości temperatury skraplania na podstawie odczytów ciśnienia i temperatury na wyjściu ze skraplacza (dochłodzenie powinno znajdować się w granicach od 2K – 6 K)			
Ciśnienie manometryczne zmierzona na wyjściu ze skraplacza	P_k= ……*	temperatura skraplania	t_k= ……*
Zmierzona temperatura czynnika chłodniczego na wyjściu ze skraplacza		t_3 = …….*	
Obliczona wartość dochłodzenia …….* Dochłodzenie mieści się w wyznaczonych granicach – właściwe podkreślić TAK/NIE			
* *Uwaga! Należy podać wartość wraz z jednostkami.*			

Wykres Molliera dla czynnika R 410A – ciśnienie absolutne

Wykreśl na diagramie przemiany termodynamiczne zachodzące w badanej pompie ciepła. Oznaczenie punktów musi być zgodne ze schematem ideowym obiegu pompy ciepła (punkty od 1 – 5) przedstawionym na rysunku 1.



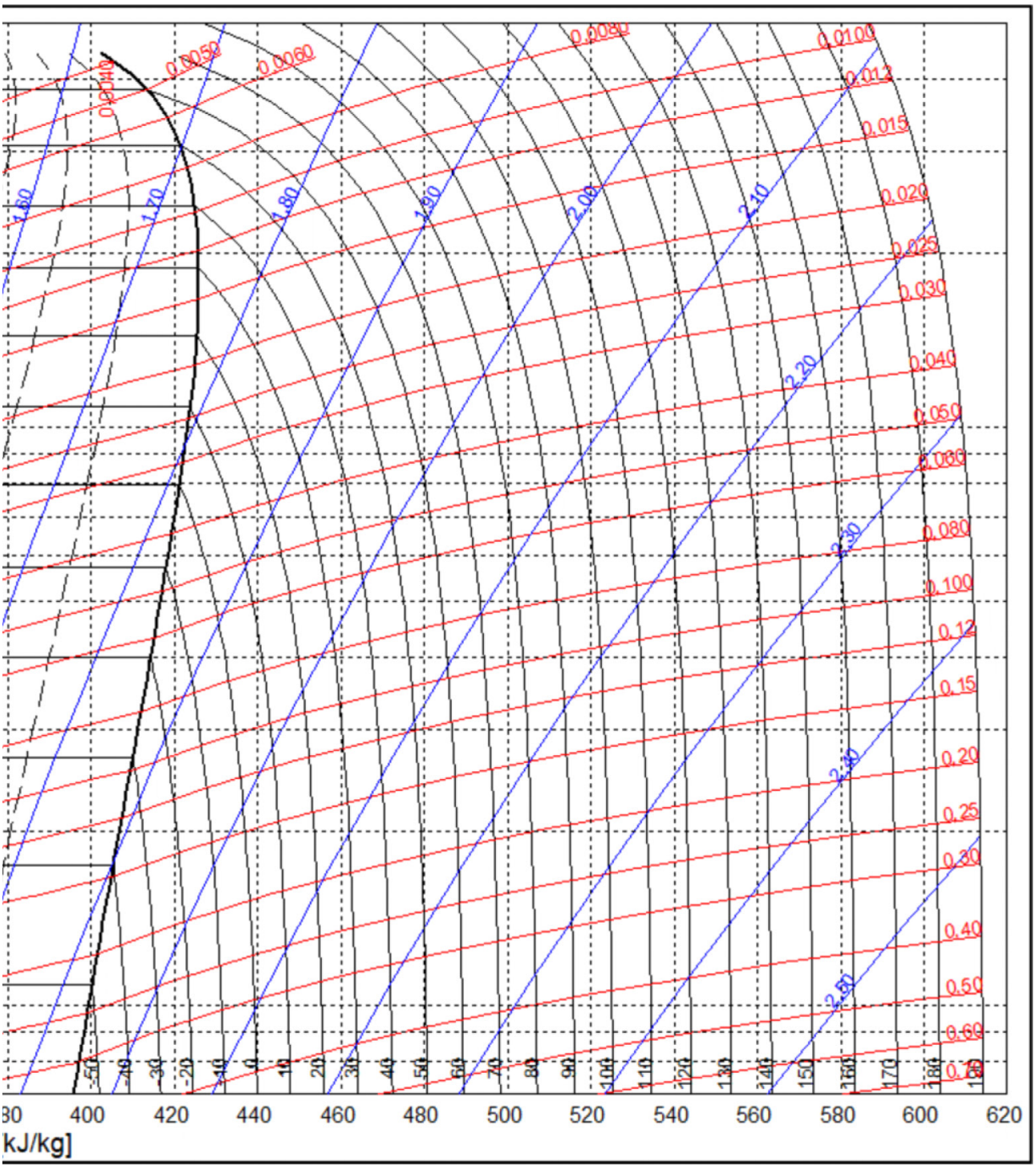

0,0040
0,0050
0,0060
0,0080
0,0100
0,012
0,015
0,020
0,025
0,030
0,040
0,050
0,060
0,080
0,100
0,12
0,15
0,20
0,25
0,30
0,40
0,50
0,60
1,60
1,70
1,80
1,90
2,00
2,10
2,20
2,30
2,40
2,50
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
kJ/kg]

Tabela 8. Wartości charakterystycznych parametrów odczytane z diagramu chłodniczego			
Lp.	**Parametr**	**Wartość***	**Jednostki**
1.	entalpia czynnika chłodniczego w punkcie 1, h_1		
2.	entalpia czynnika chłodniczego w punkcie 2, h_2		
3.	entalpia czynnika chłodniczego w punkcie 3 i 4, $h_3=h_4$		
4.	entalpia czynnika chłodniczego w punkcie 5, h_5		
5.	objętość właściwa czynnika chłodniczego na ssaniu sprężarki v_{ss},		

* odczyt z dokładnością ±5%

Tabela 9. Wartości wydajności grzewczej i mocy sprężarki pompy ciepła	
jednostkowa wydajność grzewcza $q_k = h_2 - h_3 \ [\frac{kJ}{kg}]$	
jednostkowa moc sprężania $l_t = h_2 - h_1 \ [\frac{kJ}{kg}]$	
strumień masowy czynnika chłodniczego $\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v_{ss}} \ [\frac{kg}{s}]$	
wydajność grzewcza urządzenia $Q_k = q_k \times \dot{m} \ [kW]$	
moc pobierana przez sprężarkę $N_t = l_t \times \dot{m} \ [kW]$	

<table>
<tr><th colspan="2">Tabela 10. Wartości współczynnika efektywności energetycznej chwilowej COP i sezonowej SCOP oraz wyznaczone klasy energetyczne</th></tr>
<tr><td>Współczynnik efektywności energetycznej chwilowej COP dla temperatury powietrza zewnętrznego t_{pow} = 2°C</td><td>Klasa energetyczna dla obliczonej wartości COP odczytana z tabeli nr 2</td></tr>
<tr><td>(wzór)

(wartość) COP =</td><td></td></tr>
<tr><td>Współczynnik efektywności energetycznej sezonowej SCOP</td><td>Klasa energetyczna dla obliczonej wartości SCOP odczytana z tabeli nr 3</td></tr>
<tr><td>Wyniki pomiarów COP dla temperatur wzorcowych powietrza zewnętrznego

<table>
<tr><th>Temperatura zewnętrzna, [°C]</th><th>Wartość współczynnika COP</th></tr>
<tr><td>-7</td><td>2,9</td></tr>
<tr><td>2</td><td>uwaga*</td></tr>
<tr><td>7</td><td>4,24</td></tr>
<tr><td>12</td><td>4,39</td></tr>
</table>
*wstawić obliczoną wartości COP dla temperatury powietrza zewnętrznego t_{pow} = 2°C

SCOP =</td><td></td></tr>
</table>