

Ćwiczenie 9

Obliczenie mocy grzewczej

Zawartość

Wstęp.....	1
Opis badania.....	2
Wyniki pomiarów oraz obliczenia.....	4
Wnioski	5

Wstęp

Celem ćwiczenia jest obliczenie mocy grzewczej urządzeń takich jak grzałki oraz grzejnik. Pierwsza część ćwiczenia polega na zmierzeniu temperatury wody na wejściu i na wyjściu zbiornika, wyliczeniu strumienia przepływu wody oraz ostatecznie podstawieniu do wzoru na moc. W drugiej części należy wykonać pomiarem temperatury zasilania oraz powrotu z grzejnika przy użyciu kamery termowizyjnej firmy Flir.

Odpowiednią temperaturę w pomieszczeniu w okresie grzewczym zapewnia prawidłowo dobrany do instalacji grzejnik. Najważniejszym jego parametrem jest moc grzewcza, określająca zdolność grzejnika do oddawania ciepła pomieszczeniu. Moc grzewczą wyraża się w Watach [W] i dobiera tak, by była wyższa lub równa zapotrzebowaniu na ciepło w danym pomieszczeniu.

$$P = \dot{V} \cdot \rho(T) \cdot c(T) \cdot \Delta T$$

Gdzie:

\dot{V} – strumień objętości przepływającej nośnika ciepła, $\frac{m^3}{s}$

$\rho(T)$ – gęstość nośnika ciepła, $\frac{kg}{m^3}$

$c(T)$ – ciepło właściwe nośnika ciepła, $\frac{J}{kg \cdot K}$

ΔT – różnica temperatur: temperatura nośnika wpływającego i wypływającego, K

$\rho(T)$, $c(T)$ to parametry nośnika ciepła (tutaj: wody). Wartości gęstości oraz ciepła właściwego są zależne od temperatury. Aby możliwe było ich wyznaczenie, konieczne jest obliczenie temperatury średniej, którą w dalszej części będziemy oznaczać jako T:

$$T = \frac{T_{wody\ wpływającej} + T_{wody\ wypływającej}}{2}$$

Opis badania

Przez zestaw grzałek przepuszcza się wodę, która ulega podgrzaniu. Każda grzałka znajduje się w oddzielnej celce; woda z sieci wodociągowej wpływa do celki, gdzie jest podgrzewana a następnie spływa dalej do kanalizacji. Temperaturę wody określa się przy pomocy miernika elektrycznego; należy pamiętać, że odczytujemy ją po ustabilizowaniu. Jest to konieczne z powodu wpływu strumienia przepływu wody: im większy V , tym szybciej ogrzana woda dopłyne do ostatniej celki.

Strumień przepływu \dot{V} oblicza się jako iloraz objętości wody, która przepłynęła do czasu, w którym to nastąpiło (do określenia V używamy wodomierza). Pomiar temperatury wody przeprowadza się dla **dwóch wydatków**, przy **różnej konfiguracji** grzałek. Aby ćwiczenie przebiegło w sposób sprawny, w pierwszej kolejności należy podłączyć do gniazda **np.** 3 grzałki, określić temperaturę na wejściu i wyjściu, a następnie **podłączyć** pozostałe grzałki (ilość wyboru konfiguracji grzałek zależy od zespołu) i ponownie odczytać T_1 i T_2 .

W przypadku drugiego wydatku postępujemy analogicznie.



Rys. 1. Zestaw do pomiaru mocy grzewczej grzałek



Rys. 2. Miernik temperatury

W drugiej części pomiaru temperatury należy użyć termometr oraz kamerę termowizyjną, którą należy „skierować” na rurę zasilającą grzejnik oraz odprowadzającą wodę z grzejnika.

W grzejniku znajduje się woda ciepłownicza, niestety nie jest możliwe obliczenie strumienia przepływu, dlatego też do obliczenia jego mocy grzewczej należy użyć kalkulatora dostępnego na stronie producenta (<http://www.purmo.com/pl>). Potrzebne są w tym celu wymiary grzejnika do policzenia powierzchni (długość x wysokość) oraz temperatury panującej w pomieszczeniu. Powierzchnia grzejnika powinna wpływać na wielkość mocy grzewczej.

Kamera termowizyjna Flir E60 posiada dokładność pomiaru +/- 2 °C.



Rys. 3. Kamera termowizyjna Flir E60

Wyniki pomiarów oraz obliczenia

Wyniki obliczeń należy przedstawić w podobnej tabeli znajdującej się poniżej:

$\dot{V}_I = \dots \frac{m^3}{s}$			$\dot{V}_{II} = \dots \frac{m^3}{s}$		
Ilość grzałek	Temperatura na wejściu T_1 [°C]	Temperatura na wyjściu T_2 [°C]	Ilość grzałek	Temperatura na wejściu T_1 [°C]	Temperatura na wyjściu T_2 [°C]
...
...

– temperatura średnia:

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

– zmiana temperatury:

$$\Delta T = T_2 - T_1, \text{ } ^\circ\text{C}$$

gdzie:

T_1 – temperatura wody na wejściu do celki, °C

T_2 – temperatura wody na wyjściu z celki, °C

Aby było możliwe wyliczenie mocy grzewczej grzałek, konieczne jest wyznaczenie gęstości wody oraz ciepła właściwego wody. Jak powszechnie wiadomo, parametry te są zależne od zmian temperatury. Ciepło właściwe należy obliczyć poprzez zastosowanie metody interpolacji mając do dyspozycji Tab. 1, natomiast gęstość właściwą odczytać z Tab. 2. **Odczyty należy zapisać w tabeli, tak aby były one widoczne w sprawozdaniu.**

– wzór na otrzymanie wartości ciepła właściwego dla poszczególnych temperatur:

$$H(x) = f(x_1) + \frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1} \cdot (x - x_1)$$

Tab. 1 – Ciepło właściwe wody, zależność od temperatury

Temperatura T °C	Ciepło właściwe C J/(kgK)	Współczynnik				Liczba Prandtla Pr -
		przewodzenia ciepła λ W/(mK)	dyfuzyjności cieplnej $\alpha \cdot 10^7$ m ² /s	dynamiczny lepkości $\eta \cdot 10^3$ Pa·s	kinema- tyczny lepkości $\nu \cdot 10^6$ m ² /s	
0	4 240	0.550	1.31	1.790	1.790	13.7
5	4 228	0.561	1.33	1.530	1.540	11.3
10	4 215	0.573	1.36	1.304	1.300	9.56
15	4 211	0.585	1.39	1.128	1.100	8.15
20	4 207	0.597	1.42	1.001	1.000	7.06
25	4 207	0.607	1.44	0.898	0.910	6.20
30	4 203	0.616	1.47	0.801	0.805	5.50
35	4 203	0.624	1.50	0.716	0.720	4.85
40	4 203	0.632	1.53	0.653	0.659	4.30
45	4 203	0.639	1.54	0.603	0.615	3.90
50	4 203	0.646	1.56	0.549	0.556	3.56
55	4 203	0.652	1.58	0.505	0.515	3.25
60	4 207	0.658	1.61	0.471	0.479	3.00
65	4 211	0.662	1.61	0.437	0.445	2.75
70	4 215	0.666	1.61	0.406	0.415	2.56
75	4 215	0.669	1.61	0.378	0.385	2.35
80	4 219	0.673	1.64	0.356	0.366	2.23
85	4 224	0.676	1.64	0.338	0.347	2.10
90	4 228	0.679	1.67	0.315	0.326	1.95
95	4 228	0.680	1.67	0.304	0.310	1.85
100	4 232	0.681	1.69	0.283	0.295	1.75

Tab. 2 – Gęstość wody, zależność od temperatury
(źródło: British Journal of Applied Physics, 1967)

°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	999,8396	999,8463	999,8528	999,8591	999,8653	999,8713	999,8771	999,8827	999,8882	999,8934
1	999,8985	999,9034	999,9082	999,9127	999,9171	999,9214	999,9254	999,9293	999,9330	999,9365
2	999,9399	999,9430	999,9461	999,9489	999,9516	999,9541	999,9564	999,9586	999,9606	999,9625
3	999,9642	999,9657	999,9670	999,9682	999,9692	999,9701	999,9708	999,9713	999,9717	999,9719
4	999,9719	999,9718	999,9716	999,9711	999,9706	999,9698	999,9689	999,9679	999,9666	999,9653
5	999,9637	999,9621	999,9602	999,9582	999,9561	999,9538	999,9513	999,9487	999,9460	999,9431
6	999,9400	999,9368	999,9335	999,9300	999,9263	999,9225	999,9186	999,9145	999,9102	999,9058
7	999,9013	999,8966	999,8918	999,8868	999,8817	999,8764	999,8710	999,8654	999,8597	999,8539
8	999,8479	999,8418	999,8355	999,8291	999,8226	999,8159	999,8091	999,8021	999,7950	999,7878
9	999,7804	999,7729	999,7652	999,7574	999,7495	999,7414	999,7332	999,7249	999,7164	999,7078
10	999,6991	999,6902	999,6812	999,6721	999,6628	999,6534	999,6438	999,6342	999,6244	999,6144
11	999,6044	999,5942	999,5839	999,5734	999,5628	999,5521	999,5413	999,5303	999,5192	999,5080
12	999,4966	999,4852	999,4736	999,4618	999,4500	999,4380	999,4259	999,4136	999,4013	999,3888
13	999,3762	999,3635	999,3506	999,3377	999,3246	999,3113	999,2980	999,2845	999,2709	999,2572
14	999,2434	999,2295	999,2154	999,2012	999,1869	999,1725	999,1579	999,1433	999,1285	999,1136
15	999,0986	999,0834	999,0682	999,0528	999,0373	999,0217	999,0060	998,9902	998,9742	998,9581
16	998,9420	998,9257	998,9093	998,8927	998,8761	998,8593	998,8425	998,8255	998,8084	998,7912
17	998,7739	998,7565	998,7389	998,7213	998,7035	998,6856	998,6676	998,6495	998,6313	998,6130
18	998,5946	998,5760	998,5574	998,5386	998,5198	998,5008	998,4827	998,4625	998,4432	998,4238
19	998,4043	998,3847	998,3650	998,3451	998,3252	998,3051	998,2850	998,2647	998,2444	998,2239
20	998,2033	998,1826	998,1619	998,1410	998,1200	998,0989	998,0777	998,0564	998,0350	998,0134
21	997,9918	997,9701	997,9483	997,9264	997,9043	997,8822	997,8600	997,8376	997,8152	997,7927
22	997,7700	997,7473	997,7245	997,7015	997,6785	997,6554	997,6321	997,6088	997,5854	997,5618
23	997,5382	997,5144	997,4906	997,4667	997,4427	997,4185	997,3943	997,3700	997,3456	997,3210

– obliczenie mocy grzewczej grzałek dla poszczególnych wydatków:

$$P = \dot{V} \cdot \rho(T) \cdot c(T) \cdot \Delta T$$

Wnioski

We wnioskach należy uwzględnić:

- czy użycie większej ilości grzałek powoduje wzrost mocy grzewczej;
- co się dzieje z mocą grzewczą wraz ze wzrostem strumienia;
- czy powierzchnia grzejnika ma wpływ na jego moc grzewczą.

Prócz w/w punktów należy uwzględnić inne ważne obserwacje podczas wykonywania ćwiczeń oraz obliczeń. Wnioski powinny zajmować minimum pół strony A4 czcionką 12 pkt. z akapitami o odstępie 1,15.

U W A G A !!!

***Podczas wykonywania ćwiczenia należy pamiętać o zapisaniu następujących danych:**

- temperatura zasilania (wody wpływającej do grzejnika);
- temperatura powrotu (wody wypływającej z grzejnika);
- temperatura panująca w pomieszczeniu;
- wymiary grzejnika (a x b).

****Kartkę z wynikami podpisuje prowadzący, następnie kartkę należy dołączyć do sprawozdania, które winno się donieść w wersji papierowej, oraz dosłać elektronicznie w wersji doc lub docx.**

*****Link do kalkulatora: <http://www.purmo.com/pl/produkty/calculator.htm>**