



Politechnika
Wrocławska

Ogrzewnictwo i Ciepłownictwo 1

edycja 2018/2019

Wykład 4

20% semestru już mija !

Grzejniki: budowa, parametry pracy, zalety i wady poszczególnych typów, zasady doboru

dr inż. Bogdan Nowak

Katedra Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa
i Ochrony Powietrza

pok. 307, bud. C-6

bogdan.nowak@pwr.edu.pl

www.iko.pwr.edu.pl / www.iko.pwr.edu.pl

1	Wprowadzenie i omówienie zakresu wykładu. Podstawy prawne projektowania, budowy i eksploatacji instalacji grzewczych. Komfort cieplny.	2
2	Metody obliczania współczynnika przenikania ciepła przegród budowlanych.	2
3	Metody obliczania zapotrzebowania ciepła pomieszczeń i budynków ogrzewanych.	2
4	Grzejniki: budowa, parametry pracy, zalety i wady poszczególnych typów, zasady doboru.	2
5	Schematy i zasady zabezpieczania instalacji ogrzewań wodnych systemu otwartego.	2
6	Schematy i zasady zabezpieczania instalacji ogrzewań wodnych systemu zamkniętego z naczyniami wzbiórczymi przeponowymi.	2
7	Ogrzewanie pompowe dwururowe: zasady prowadzenia przewodów i obliczania. Rodzaje i zasady doboru pomp obiegowych w instalacjach c.o.	2
8	Źródła ciepła: kotłownia, jednofunkcyjny węzeł ciepłowniczy. Regulacja mocy źródła ciepła w zależności od potrzeb instalacji.	2
9	Ogólna charakterystyka systemów ogrzewania, efektywność energetyczna systemów zaopatrzenia w ciepło.	2
10	Armatura odcinająca i regulacyjna, elementy wyposażenia instalacji c.o.	2
	Razem:	20
EGZAMIN		

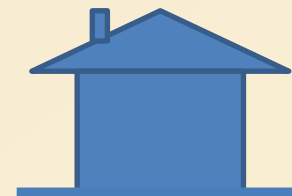
Polskie Normy:

1. **PN-EN 12831:2006** Instalacje ogrzewcze w budynkach - Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
2. **PN-B-03406:1994** Ogrzewnictwo - Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³ (JUŻ DAWNO NIE)
3. **PN-EN 12831-1:2017-08** Charakterystyka energetyczna budynków - Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego -- Część 1: Obciążenie cieplne, Moduł M3-3 - **wersja angielska**

Projektowe obciążenie cieplne...

... jest obliczane niezależnie od siebie w odniesieniu do:

- **przestrzeni ogrzewanej** (w celu doboru wielkości grzejnika)
- **całego budynku** (w celu określenia obciążenia cieplnego lub doboru źródła ciepła)



WEZEŁ CIEPŁOWNICZY



Zespół rurociągów urządzeń i armatury służący do:

- (1) przekazywania ciepła z sieci ciepłowniczej do instalacji wewnętrznej/ -ych;
- (2) przetwarzania temperatury i ciśnienia czynnika grzewczego;
- (3) pomiaru i regulacji tych parametrów oraz strumienia czynnika grzewczego;
- (4) rejestracji mierzonych wielkości;
- (5) zabezpieczenia instalacji przed niedopuszczalnym wzrostem ciśnienia i temperatury;
- (6) wymuszenia krążenia czynnika grzewczego w instalacji

KOTŁOWNIA



Zespół urządzeń, w którym dzięki **spalaniu paliw** lub **przy użyciu elektryczności**, wytwarzany jest **czynnik grzewczy** o wymaganej temperaturze i ciśnieniu, znajdujących się w odrębnym pomieszczeniu (budynku) lub wydzielonej jego części;

KOTŁOWNIA



W skład wchodzi także

urządzenia do
pomiaru i regulacji
parametrów czynnika
grzewczego i
ewentualnej ich
rejestracji oraz
urządzenia
zabezpieczające
proces spalania paliwa
i wytwarzania
czynnika grzewczego

Inne urządzenia instalacji c.o.:

- **grzejniki**
- **urządzenia zabezpieczające** (urządzenia, które zabezpieczają instalacje c.o. przed przekroczeniem dopuszczalnej temperatury i ciśnienia lub tylko ciśnienia)
 - naczynie zbiorcze systemu otwartego
 - naczynie zbiorcze przeponowe
 - urządzenie stabilizujące (utrzymuje ciśnienie w instalacji w określonym zakresie)
- **urządzenia kontrolno-pomiarowe** (wskazujące lub rejestrujące poszczególne parametry w ustalonych miejscach instalacji)
- **urządzenia alarmowe** (sygnalizujące w sposób optyczny lub akustyczny osiągnięcie parametrów granicznych)
- **odpowietrzenie** (zespół urządzeń, armatury i rurociągów przeznaczonych do oddzielania i usuwania powietrza i nierozpuszczonych gazów z całej instalacji c.o. lub jej części)

Grzejnik

Jest **wymiennikiem ciepła** i jego moc zależy od:

- powierzchni wymiany ciepła
- różnicy temperatur pomiędzy powierzchnią grzejnika i otoczeniem
- współczynnika przenikania ciepła (pomiędzy czynnikiem grzewczym a otoczeniem)

$$Q = k F (t_1 - t_2), \quad t_1 = (t_z + t_p)/2, \quad t_2 = \theta_{\text{int},i}$$

$$Q = m c_p (\mathbf{t_z} - \mathbf{t_p})$$

tz/tp

tz ≤ 90 °C (wyższe tylko w pomieszczeniach nieprzeznaczonych na pobyt ludzi czy zastosowaniach przemysłowych)

im wyższa temperatura grzejnika tym większa moc grzejnika, **ale** pogorszenie warunków komfortu, większa konwekcja (i unoszenie kurzu), niekorzystna jonizacja powietrza, a nawet ryzyko poparzenia; w **grzejnikach płaszczyznowych** rośnie ryzyko dyskomfortu lub nawet negatywnego oddziaływania na zdrowie

im niższa temperatura zasilania tym większa możliwość wykorzystania odnawialnych źródeł energii, wyższa też sprawność kotła kondensacyjnego

im niższa temperatura powrotu tym wyższa sprawność kotła kondensacyjnego, większe wychłodzenie wody sieciowej w węźle ciepł.

im wyższa temperatura powrotu tym bardziej efektywnie może zachodzić spalanie paliwa stałego (zapewnienie warunków dla zgazowania)

im mniejsza różnica pomiędzy tz i tp tym większy strumień czynnika grzewczego (większe średnice lub opory przepływu, większe zużycie energii elektrycznej na pompowanie)

tz/tp

tz kiedyś 85/90/95°C

teraz raczej 70/75/80°C,

często jest to nawet 45/50/55°C

$\Delta t = 20$ do 25°C (np. $70/50^\circ\text{C}$),

**w ogrzewaniach płaszczyznowych
 $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ (np. $55/45^\circ\text{C}$),**

Grzejnik

Wymiana ciepła może zachodzić przez:

- konwekcję naturalną
- konwekcję wymuszoną
- promieniowanie

grzejniki zazwyczaj są grzejnikami **konwekcyjnymi** (nie mylić z konwektorami),

tam gdzie udział promieniowania jest istotny - **promienniki**,

są też grzejniki **płaszczyznowe** (podłogowe, ścienne, sufitowe), w których jednak zachodzi również konwekcja, ale mniej intensywnie

Kryteria wyboru (doboru) grzejnika typ czy tylko moc

- Temperatura zasilania, powrotu, pomieszczenia
- Koszt
- System instalacji c.o
- Materiały z jakich wykonana jest instalacja i grzejnik
- Estetyka pomieszczeń i oczekiwania inwestora
- Sposób podłączenia (od dołu, z boku itp.)
- Konstrukcja nośna i możliwość montażu grzejnika
- Kolorystyka
- Możliwość rozbudowy po zamontowaniu
- Szczególne warunki pracy
- **MOC GRZEJNIKA**

Dobór mocy grzejnika

- Umowna moc grzejnika

$$\phi_u = (\phi_{HL} - \phi_{pp} - \phi_p) \beta_T \beta_U \beta_p \beta_o \beta_s$$

- ϕ_{HL} – projektowe obciążenie cieplne przestrzeni ogrzewanej, W
- ϕ_{pp} – wydajność cieplna „pionopiętra” w pomieszczeniu (w przypadku braku pionu instalacji c.o. w pomieszczeniu lub jego izolacji cieplnej wartość równa 0), W
- ϕ_p – wydajność cieplna innych źródeł ciepła (np. innych niż pion nieizolowanych przewodów instalacji c.o.), W

- β_T – współczynnik poprawkowy uwzględniający wyposażenie grzejnika w zawór termostatyczny (**1 lub 1,15**)
- β_U – współczynnik poprawkowy uwzględniający miejsce usytuowania grzejnika (**1,0 – grzejnik umieszczony pod oknem lub na ścianie zewnętrznej pomieszczenia nad posadzką, 1,1 – grzejnik umieszczony na ścianie wewnętrznej pomieszczenia lub umieszczony pod stropem, 1,2 - grzejnik umieszczony na ścianie wewnętrznej pod stropem**)

- β_p – współczynnik poprawkowy uwzględniający sposób podłączenia grzejnika (**1,0 – 2,2**)
- β_o – współczynnik poprawkowy uwzględniający wpływ o osłonięcia grzejnika lub umieszczenia we wnęce (**0,9 – 1,7**)
- β_s – współczynnik poprawkowy uwzględniający wpływ schłodzenia wody w nieizolowanych przewodach instalacji

Normatywna moc

- „normatywna” wydajność cieplna grzejnika, ($t_z/t_p = 75/55$ i $t_i = 20$)

$$\Phi_n = \Phi_u * f$$

- Wymagana rzeczywista moc grzejnika

$$\Phi_n = \Phi_{grz} * f_1 * f_2$$

Parametry f podawane są w karcie katalogowej grzejnika

Parametry f z karty katalogowej



WSPÓŁCZYNNIKI KOREKCYJNE
do doboru wydajności cieplnej grzejników "Convector"
dla temperatur różnych od 75/65/20 °C

t _{zasilania}	t _{powrot}	GP - GC			G			WK		
		t _i [°C]			t _i [°C]			t _i [°C]		
		temperatura otoczenia			temperatura otoczenia			temperatura otoczenia		
		16	20	25	16	20	25	16	20	25
85	80	1,532	1,408	1,256	2,239	2,002	1,723	1,509	1,380	1,223
	75	1,400	1,282	1,139	1,560	1,389	1,187	1,428	1,301	1,147
	70	1,297	1,183	1,045	1,224	1,084	0,920	1,348	1,223	1,073
	65	1,207	1,097	0,963	1,006	0,886	0,747	1,270	1,147	1,000
80	75	1,377	1,256	1,110	1,945	1,723	1,463	1,348	1,223	1,073
	70	1,253	1,139	1,000	1,347	1,187	1,000	1,270	1,147	1,000
	65	1,155	1,045	0,912	1,050	0,920	0,788	1,193	1,073	0,929
	60	1,069	0,963	0,834	0,858	0,747	0,617	1,117	1,000	0,859
75	70	1,227	1,110	0,968	1,669	1,463	1,221	1,193	1,073	0,929
	65	1,111	1,000	0,866	1,149	1,000	0,827	1,117	1,000	0,859
	60	1,018	0,912	0,784	0,889	0,768	0,629	1,044	0,929	0,791
	55	0,937	0,834	0,710	0,720	0,617	0,499	0,971	0,859	0,725
70	65	1,081	0,968	0,832	1,413	1,221	0,999	1,044	0,929	0,791
	60	0,973	0,866	0,738	0,964	0,827	0,669	0,971	0,859	0,725
	55	0,886	0,784	0,661	0,740	0,629	0,502	0,901	0,791	0,660
	50	0,809	0,710	0,592	0,593	0,499	0,393	0,832	0,725	0,598
65	60	0,941	0,832	0,702	1,175	0,999	0,798	0,901	0,791	0,660
	55	0,840	0,738	0,615	0,794	0,669	0,526	0,832	0,725	0,598
	50	0,759	0,661	0,544	0,802	0,502	0,388	0,764	0,660	0,537
	45	0,686	0,592	0,480	0,477	0,393	0,297	0,699	0,598	0,479
60	55	0,806	0,702	0,577	0,957	0,798	0,616	0,764	0,660	0,537
	50	0,713	0,615	0,498	0,639	0,526	0,398	0,699	0,598	0,479
	45	0,637	0,544	0,433	0,478	0,388	0,287	0,635	0,537	0,422
	40	0,569	0,480	0,374	0,373	0,297	0,214	0,573	0,479	0,368
55	50	0,676	0,577	0,480	0,760	0,616	0,456	0,635	0,537	0,422
	45	0,591	0,498	0,389	0,499	0,398	0,287	0,573	0,479	0,368
	40	0,521	0,433	0,329	0,367	0,287	0,200	0,514	0,422	0,316
	35	0,458	0,374	0,276	0,280	0,214	0,143	0,456	0,368	0,267

Dobór grzejnika – przykład obliczeniowy

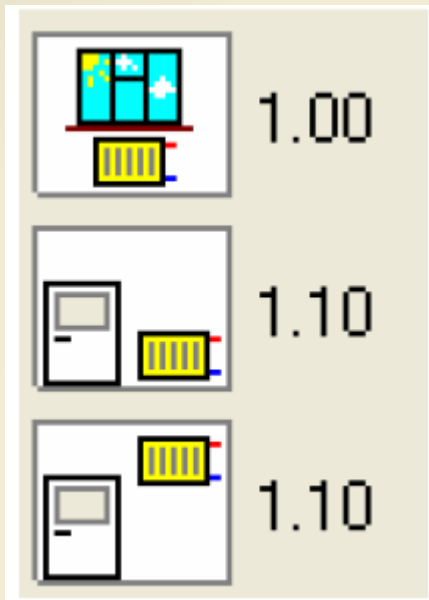
Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło pomieszczenia: $\Phi_{\text{pom}} = 800\text{W}$.
Grzejnik wyposażony w GZT, podłączony zgodnie z wytycznymi producenta, przewody c.o. izolowane. Grzejnik przy ścianie wewnętrznej, obudowany szczelnie. Parametry obliczeniowe instalacji c.o. **60/55°C**, temperatura w pomieszczeniu **22°C**.

Dobór grzejnika – przykład obliczeniowy

Rozwiązanie:

$$\phi_u = (\phi_{HL} - \phi_{pp} - \phi_p) \cdot \beta_T \cdot \beta_U \cdot \beta_p \cdot \beta_o \cdot \beta_s$$

$$\phi_u = (800 - 0 - 0) \cdot 1,15 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 = 1417W$$



Technical diagrams showing radiator installation in various wall types (concrete, brick, etc.) with dimensions L and IL. Below the diagrams is a table of correction factors for different radiator lengths (L) and wall types.

L [mm]						
50			1.30	1.40	1.35	1.05
70	1.05	1.10	1.25	1.35	1.30	1.05
100	1.05	1.05	1.20	1.20	1.20	1.00
>=150	1.00	1.00	1.10	1.10	1.10	1.00

Dobór grzejnika – przykład obliczeniowy

Dla warunków 60/55/22 (tabela): $f = 1,56$

$$\phi = \phi_u \times f = 1417 \times 1,56 = 2211W$$

temperatura czynnika grzejnego [°C]		wartość współczynnika do doboru wydajności cieplnej grzejnika przy temperaturach innych niż 75/65/20 °C							
		temperatura powietrza t_i w ogrzewanym pomieszczeniu [°C]							
t_1	t_2	5	8	12	16	18	20	22	24
95	90	0,48	0,50	0,54	0,57	0,59	0,61	0,64	0,66
	85	0,50	0,52	0,56	0,60	0,62	0,64	0,67	0,70
	80	0,52	0,55	0,59	0,63	0,65	0,68	0,70	0,73
	75	0,54	0,57	0,61	0,66	0,69	0,72	0,75	0,78
	70	0,57	0,60	0,65	0,70	0,73	0,76	0,79	0,83
90	85	0,52	0,55	0,58	0,63	0,65	0,67	0,70	0,73
	80	0,54	0,57	0,61	0,66	0,68	0,71	0,74	0,77
	75	0,57	0,60	0,64	0,69	0,72	0,75	0,78	0,82
	70	0,59	0,63	0,67	0,73	0,76	0,80	0,83	0,87
	65	0,62	0,66	0,71	0,77	0,81	0,85	0,89	0,93
60	55	0,94	1,01	1,13	1,27	1,36	1,45	1,56	1,68
	50	1,00	1,08	1,22	1,39	1,48	1,60	1,73	1,87
	45	1,08	1,17	1,33	1,53	1,65	1,78	1,94	2,13

Dobór grzejnika – przykład obliczeniowy

długość [mm]	parametry $t_z/t_p/t_i$	wysokość [mm]					
		300	450	500	550	600	900



2300	75/65/20 °C	1256	1817	1996	2171	2341	3282
------	-------------	------	------	------	------	------	------



2300	75/65/20 °C	2 210	3 098	3 381	3659	3 931	5 492
------	-------------	-------	-------	-------	------	-------	-------



1200	75/65/20 °C	1616	2243	2442	2636	2827	3912
------	-------------	------	------	------	------	------	------

Grzejniki płytowe



Grzejniki płytowe

- Najbardziej rozpowszechnione
- Korzystna proporcja moc/zużycie materiału
- Lekkie
- Niewielka bezwładność cieplna
- Możliwość podłączenia od dołu i w wielu innych konfiguracjach (bez zmiany parametrów)
- Duża różnorodność wymiarów (układy jedno, dwu i trzy płytowe, z ożebrowaniem lub bez, z gładką powierzchnią lub wytłoczeniami)
- Możliwość montażu w instalacjach stalowych, miedzianych i z tworzyw
- Stosowanie w układach zamkniętych (inst. otwarta do 30 kW)



Grzejniki członowe



- Członowe
 - możliwość rozbudowy poprzez dodanie kolejnych członów,
 - podłączenie „tylko” z boku,
 - stosunkowo duża pojemność wodna,
 - małe opory przepływu (ogrzewania grawitacyjne)

Żeliwne

- duży ciężar, ale i duża pojemność cieplna,
- odporność na korozję i wahania ciśnień,
- „klasyczny” już wygląd, chropowata powierzchnia
- wysoka trwałość,
- Konieczność malowania powierzchni,



Stalowe

- mniejszy ciężar, mniejsza wytrzymałość na korozję i wahania ciśnień,
- w zestawach 5-10 członów,

Aluminiowe

- bardzo lekkie
- dobra wymiana ciepła, mała bezwładność cieplna
- gładka i łatwa do utrzymania w czystości powierzchnia
- ryzyko korozji elektrochemicznej (przede wszystkim przy połączeniu z **miedzią** i mosiądzem)
- delikatne i podatne na uszkodzenia mechaniczne

Konwektory



- Najmniejsza pojemność wodna
- Mała bezwładność cieplna i dobra regulacja w wyniku zmiany strumienia wody grzewczej
- Mały przyrost temperatury powietrza
- Wymagana wyższa temperatura zasilania (min. ok. 45°C) – nie najlepsze w przypadku kotłów kondensacyjnych
- Duża cyrkulacja powietrza
- Dobry rozkład temperatury w pomieszczeniu
- Mogą być wyposażone w wentylator

Inne



- z rur gładkich i ożebrowanych (duża wytrzymałość na ciśnienie)
- promienniki
- ogrzewania płaszczyznowe (sufitowe, podłogowe ścienne)

Uwaga – należy zwracać uwagę na **ciśnienie robocze**

Podsumowanie:

- Elementy instalacji c.o.
- Węzeł ciepłowniczy, Kotłownia
- Temperatura zasilania i powrotu inst. c.o.
- Klasyfikacja grzejników
- Dobór grzejnika i jego wielkości
- Umowna moc grzejnika
- Rodzaje grzejników

Pytania kontrolne:

Kotłownia

- a) to kocioł wytwarzający ciepło w wyniku spalania paliwa
- b) pomieszczenie w którym zlokalizowany jest kocioł
- c) zespół urządzeń służących do wytworzenia czynnika grzewczego w wyniku spalania paliwa lub poprzez wykorzystanie elektryczności
- d) może być zlokalizowana w dowolnym pomieszczeniu budynku

Pytania kontrolne:

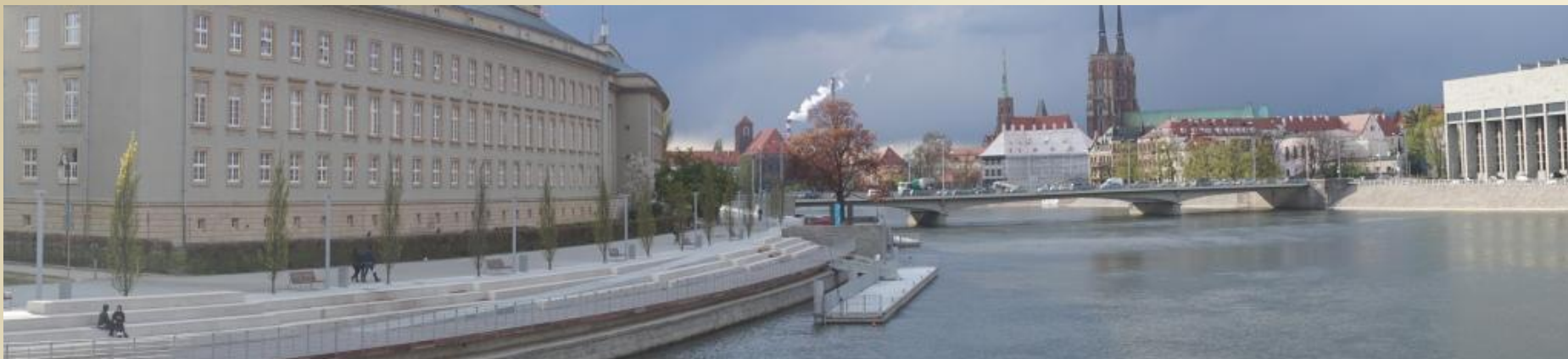
Grzejniki konwekcyjne:

- a) oddają ciepło do pomieszczenia tylko na drodze konwekcji
- b) oddają do pomieszczenia ciepło na drodze promieniowania, które jest tym bardziej intensywne im większa temperatura czynnika grzewczego
- c) to także grzejniki płaszczyznowe
- d) umieszczamy w pomieszczeniu, najlepiej w zasłoniętych i zabudowanych przestrzeniach

Pytania kontrolne:

Moc dobieranego grzejnika

- a) nie zależy od temperatury czynnika grzewczego
- b) może być mniejsza od wyznaczonego w obliczeniach dla warunków projektowych na podstawie PN projektowego obciążenia cieplnego (POC) pomieszczenia
- c) powinna być stała w całym sezonie grzewczym
- d) może w pewnych przypadkach być mniejsza od wartości podanej w karcie katalogowej



Dziękuję za uwagę

6 kwietnia 2019 r.

materiał przygotowany dla celów edukacyjnych w ramach wykładu z przedmiotu
Ogrzewnictwo i Ciepłownictwo 1

przy jego opracowaniu starałem się zachować jak największą aktualność informacji,
jednak należy sprawdzić aktualność przepisów obowiązujących, norm i rozwiązań
technicznych

nie stanowi kompletnego kompedium wiedzy i może zawierać niezawinione błędy czy
nieścisłości, dlatego zawsze wymaga weryfikacji i porównania z innymi źródłami wiedzy

dr inż. Bogdan Nowak, KKOgiOP, WIŚ, Politechnika Wroclawska