Projektowanie instalacji centralnego ogrzewania i chłodzenia z uwzględnieniem jednoczesności obciążeń cieplnych w programie Audytor SET

Designing central heating and cooling systems acknowledging simultaneous heat loads in Audytor SET software

MICHAŁ STRZESZEWSKI, PIOTR WERESZCZYŃSKI

DOI 10.36119/15.2021.11.3

W artykule omówiono proponowaną metodę uwzględniania jednoczesności występowania obciążeń cieplnych, podczas projektowania instalacji centralnego ogrzewania i chłodzenia. Zdefiniowano współczynnik częściowego obciążenia cieplnego. Omówiono również wyniki przykładowych obliczeń dla budynku wielorodzinnego.
Słowa kluczowe: ogrzewnictwo, Audytor OZC, Audytor SET, częściowe obciążenia cieplne.

The article discusses the proposed method of acknowledging the simultaneous occurrences of heat loads when designing central heating and cooling systems. The partial heat load coefficient has been defined. The results of exemplary calculations for a multi-family building are also discussed.
Keywords: HVAC, Audytor HL, Audytor SET, partial heat loads.

Wprowadzenie

Przez zdecydowaną większość czasu chwilowe obciążenie cieplne (grzewcze lub chłodnicze) budynku jest mniejsze od wartości projektowej. Dzieje się tak przede wszystkim dlatego, że przez większość czasu temperatura zewnętrzna jest odpowiednio wyższa (w przypadku ogrzewania) lub niższa (w przypadku chłodzenia) od wartości projektowej. Niemniej jednak nawet w okresie występowania temperatury zewnętrznej zbliżonej do wartości projektowej, chwilowe obciążenie cieplne całego budynku jest najczęściej mniejsze od sumy wartości projektowych poszczególnych pomieszczeń. Wynika to z niejednoczesności występowania innych czynników wpływających na chwilową wartość zapotrzebowania na moc (takich jak sposób wykorzystywania pomieszczeń czy wewnętrzne i zewnętrzne zyski ciepła). W przypadku chłodzenia szczególnie istotna jest dobowa zmienność zysków ciepła od nasłonecznienia. Najczęściej pewna grupa pomieszczeń będzie miała najwyższe zyski rano, inna – w południe, a jeszcze inna – po południu (w zależności od orientacji geograficznej).

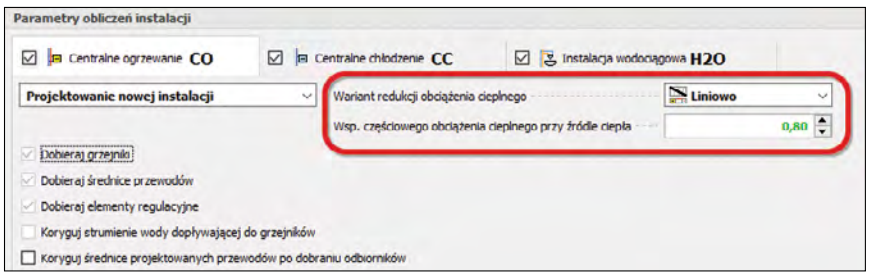
Tradycyjny sposób projektowania instalacji polegał na zapewnianiu projektowych przepływów, umożliwiających jednoczesne uzyskanie projektowych wydajności przez wszystkie urządzenia w budynku. Był to sposób bardzo bezpieczny. Jednak mógł prowadzić do niepotrzebnego przewymiarowania zwłaszcza głównych przewodów (blisko źródła), jak i samego źródła.

W tej sytuacji – w odpowiedzi na szereg zapytań zwłaszcza z krajów o ciepłym klimacie (np. Hiszpania, Singapur czy Indonezja) – zaproponowano metodę projektowania instalacji wody lodowej i centralnego ogrzewania z możliwością odpowiedniej redukcji projektowych przepływów w części przewodów.

Schematy redukcji obciążenia cieplnego

Program Audytor SET [2] umożliwia obecnie uwzględnienie redukcji natężeń przepływu w przewodach, związanej z nierównoczesną pracą odbiorników (tzw. *częściowe obciążenia*, ang. *partial loads*). Redukcję tę można przeprowadzić zarówno w przypadku systemów chłodzenia, jak i ogrzewania. Jest to jednak szczególnie ważne w przypadku systemów chłodzenia, ponieważ stosunkowo rzadko zdarza się, aby wszystkie odbiorniki chłodu pracowały jednocześnie z maksymalną wydajnością.

Parametry redukcji obciążenia cieplnego ustawia się w **Danych ogólnych** w zakładce **Podstawowe dane** (rys. 1). Po zdecydowaniu się na zaprojektowanie instalacji z redukcją obciążenia cieplnego, projektant może wprowadzić **Współczynnik częściowego obciążenia cieplnego przy źródle**. Domyślnie program przyjmuje wartość 0,80. Oznacza to, że dla przewodu głównego, zawierającego źródło,



Rys. 1.
Parametry redukcji obciążenia cieplnego
Fig. 1. Thermal load reduction parameters

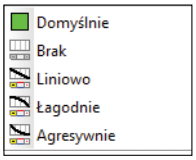
dr inż. Michał Strzeszewski https://orcid.org/0000-0002-8514-0373 – Politechnika Warszawska, michal.strzeszewski@pw.edu.pl
mgr inż. Piotr Wereszczyński – SANKOM sp. z o.o.

zostanie zastosowana redukcja obciążenia cieplnego i w konsekwencji natężenia przepływu o 20%.

Z drugiej strony dla przewodów dostarczających wodę tylko do jednego odbiornika żadna redukcja nie występuje, aby odbiornik mógł pracować z maksymalną wydajnością (współczynnik częściowego obciążenia cieplnego wynosi 1,00).

Natomiast dla pozostałych przewodów współczynnik częściowego obciążenia cieplnego przyjmuje wartości pomiędzy współczynnikiem dla przewodu głównego (domyślnie 0,80) oraz współczynnikiem dla przewodu zasilającego jeden odbiornik (1,00). Przy czym redukcja ta jest realizowana wg jednego z trzech schematów (rys. 2):

- **liniowo** – redukcja natężenia przepływu pomiędzy odbiornikiem a źródłem jest liniowa,
- **łagodnie** – blisko odbiorników redukcja natężenia przepływu jest niewielka i dopiero blisko źródła redukcja jest duża (krzywa jest wygięta do góry),
- **agresywnie** – redukcja przepływu jest duża już blisko odbiornika (krzywa jest wygięta do dołu).



Rys. 2.
Dostępne schematy redukcji obciążenia cieplnego
Fig. 2. Available heat load reduction schemes

Schemat redukcji powinien być dobrany w oparciu o przewidywane prawdopodobieństwo jednoczesnej pracy wielu odbiorników przy ich maksymalnym obciążeniu.

Najbezpieczniejszy jest schemat redukcji **łagodnej**, ponieważ umożliwia pracę z maksymalną wydajnością lub blisko niej, dużej liczbie odbiorników (również znajdujących się blisko siebie). Znaczna redukcja ma miejsce tylko w głównych przewodach w pobliżu źródła.

W przypadku systemów, w których spodziewana jest znaczna nierównoczesność pracy odbiorników (system rzadko pracuje z pełną wydajnością), można zastosować schemat redukcji **agresywnej**. W tym przypadku stosunkowo duża redukcja natężenia przepływu następuje od razu blisko odbiorników, co może uniemożliwić pracę z maksymalną wydajnością dużej liczbie odbiorników (zwłaszcza zlokalizowanych blisko siebie).

Dodatkowo algorytm programu Audytor SET uwzględnia obciążenia poszczególnych odbiorników, tak aby zapewnić możliwość prawidłowej pracy również odbiorników o dużym obciążeniu w przypadku znacznej dysproporcji obciążeń pomiędzy odbiornikami.

Współczynnik częściowego obciążenia cieplnego

W programie Audytor SET do określania projektowych przepływów w poszczególnych przewodach wykorzystuje się współczynnik częściowego obciążenia cieplnego, określony równaniem:

$$PL_c = \frac{\Phi_{HL,pr}}{\Sigma_i \Phi_{HL,i}} \qquad (1)$$

gdzie:

PL_c – współczynnik częściowego obciążenia cieplnego, –;

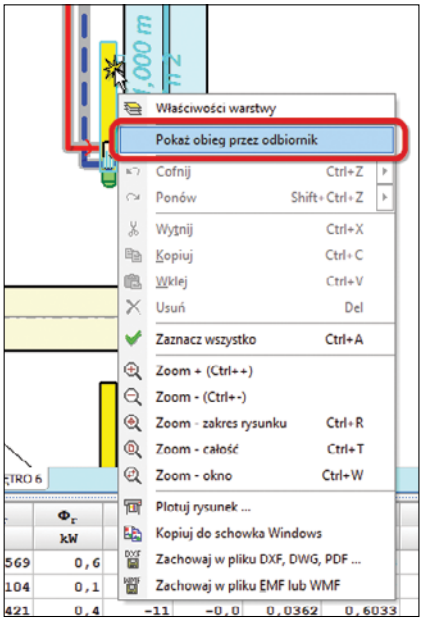
$\Phi_{HL,pr}$ – projektowe (zredukowane) obciążenie danego przewodu, W;

$\sum_i \Phi_{HL,i}$ – suma obciążeń cieplnych wszystkich odbiorników, zasilanych przez dany przewód, W.

W związku z tym projektowe (zredukowane) obciążenie danego przewodu można obliczyć w następujący sposób:

$$\Phi_{HL,pr} = PL_c \cdot \sum_i \Phi_{HL,i} \qquad (2)$$

Przyjęty współczynnik częściowego obciążenia cieplnego pokazany jest w tabelach **Wyniki – Przewody** oraz **Wyniki – Obiegi**. Do analizy obliczeń hydraulicznych szczególnie nadaje się tabela **Wyniki – Obiegi**. Aby wyświetlić tę tabelę z wynikami obliczeń obiegu przez



Rys. 3.
Wybranie polecenia Pokaż obieg przez odbiornik
Fig. 3. Selecting the* Show circuit through the receiver *command

Typ	L	d_n	Φ_{HL}	PL_c	M	Q	Q	w	R	$\Sigma\zeta$	Δp
dz.	m	mm	W		kg/s	l/s	l/min	m/s	Pa/m		Pa
Pion/Działka: / Obieg przez grzejnik: CV33-60 w pomieszczeniu: 611											
Δp_{disp} = 42373 Pa Δp_{gr} = 647 Pa Δp = 42373 Pa Δp_{over} = 0 Pa ΔH = 20,25 m L_{CIR} = 100,20 m											
KOCIOŁ STOJĄCY							Δp_{HS} = 3694 Pa				
	0,15	63x4,5	77662	0,800	1,495	1,510	90,6	0,659	83	0,0	12
	0,95	63x4,5	77662	0,800	1,495	1,510	90,6	0,659	83	0,3	144
	2,80	63x4,5	77662	0,800	1,495	1,510	90,6	0,659	83	0,5	334
	5,05	63x4,5	77662	0,800	1,495	1,510	90,6	0,659	83	0,3	486
	0,45	63x4,5	77662	0,800	1,495	1,510	90,6	0,659	83	0,3	103
	1,15	63x4,5	77662	0,800	1,495	1,510	90,6	0,659	83	0,3	161
	0,35	63x4,5	73467	0,811	1,433	1,448	86,9	0,632	77	3,0	627
	1,85	50x4	36923	0,907	0,802	0,810	48,6	0,585	92	1,5	426
	2,80	50x4	36923	0,907	0,802	0,810	48,6	0,585	92	18,2	3363

Rys. 4.
Tabela Wyniki – Obiegi. Dla przewodu głównego współczynnik częściowego obciążenia cieplnego jest zgodny z wartością ustawioną w Danych ogólnych (0,80)
Fig. 4. Table* Results – Circuits. *For the main pipe-run, the partial heat load coefficient agrees with the value set in* Global data *(0.80)

Typ	L	d_n	Φ_{HL}	PL_c	M	Q	Q	w	R	$\Sigma\zeta$	Δp
dz.	m	mm	W		kg/s	l/s	l/min	m/s	Pa/m		Pa
Pion/Działka: / Obieg przez grzejnik: CV33-60 w pomieszczeniu: 611											
Δp_{disp} = 42373 Pa Δp_{gr} = 647 Pa Δp = 42373 Pa Δp_{over} = 0 Pa ΔH = 20,25 m L_{CIR} = 108,20 m											
KOCIOŁ STOJĄCY							Δp_{HS} = 3694 Pa				
	0,15	63x4,5	77662	0,800	1,495	1,510	90,6	0,659	83	0,0	12
	0,95	63x4,5	77662	0,800	1,495	1,510	90,6	0,659	83	0,3	144
	2,80	63x4,5	77662	0,800	1,495	1,510	90,6	0,659	83	0,5	334
	5,05	63x4,5	77662	0,800	1,495	1,510	90,6	0,659	83	0,3	486
	0,45	63x4,5	77662	0,800	1,495	1,510	90,6	0,659	83	0,3	103
	1,15	63x4,5	77662	0,800	1,495	1,510	90,6	0,659	83	0,3	161
	0,35	63x4,5	73467	0,811	1,433	1,448	86,9	0,632	77	3,0	627
	1,85	50x4	36923	0,907	0,802	0,810	48,6	0,585	92	1,5	426
	2,80	50x4	36923	0,907	0,802	0,810	48,6	0,585	92	18,2	3363
	3,00	50x4	31401	0,922	0,693	0,700	42,0	0,505	70	0,5	275
	3,00	50x4	26616	0,934	0,595	0,602	36,1	0,434	54	0,5	208
	3,00	40x3,5	21832	0,947	0,495	0,500	30,0	0,585	123	1,0	540

Rys. 5.
Tabela Wyniki – Obiegi. Dla kolejnych przewodów współczynnik częściowego obciążenia cieplnego przyjmuje coraz wyższe wartości
Fig. 5. Table* Results – Circuits. *For subsequent pipe-runs, the partial heat load coefficient is increasing

konkretny odbiornik wygodnie jest na rysunku z wynikami kliknąć dany odbiornik prawym klawiszem myszy i z podręcznego menu wybrać polecenie **Pokaż obieg przez odbiornik** (rys. 3). Taki sam efekt można uzyskać klikając w odbiornik lewym klawiszem myszy, trzymając jednocześnie wciśnięty klawisz **Ctrl**.

Dla przewodu głównego współczynnik częściowego obciążenia cieplnego jest zgodny z wartością ustawioną w **Danych ogólnych**, w tym przypadku 0,80 (rys. 4). Wartość ta powtarza się w sześciu kolejnych wierszach, ponieważ program każdy odcinek przewodu przedstawia w osobnym wierszu, ale jest to w istocie ten sam przewód (nie ma odgałęzień).

Dla kolejnych przewodów współczynnik częściowego obciążenia cieplnego przyjmuje coraz wyższe wartości (rys. 5).

Natomiast dla przewodu zasilającego tylko jeden odbiornik – współczynnik częściowego obciążenia cieplnego wynosi 1,00, czyli nie ma redukcji, tak aby pojedynczy odbiornik mógł pracować z pełną wydajnością (rys. 6)

Typ	L	d_n	Φ_{HL}	PL_c	M	Q	Q	w	R	$\Sigma\zeta$	Δp
dz.	m	mm	W		kg/s	l/s	l/min	m/s	Pa/m		Pa
—	0,70	25x2,5	3588	0,993	0,085	0,086	5,2	0,274	61	1,0	80
—	4,90	25x2,5	3588	0,993	0,085	0,086	5,2	0,274	61	0,3	308
—	1,35	25x2,5	3588	0,993	0,085	0,086	5,2	0,274	61	0,3	93
—	1,60	20x2	2923	0,995	0,070	0,070	4,2	0,350	123	1,0	258
—	1,90	20x2	2257	0,996	0,054	0,054	3,3	0,271	79	0,5	168
—	2,15	20x2	1849	0,997	0,044	0,045	2,7	0,222	56	0,5	132
—	3,15	16x2	1349	0,999	0,032	0,033	2,0	0,288	128	1,0	443
—	1,60	16x2	1349	0,999	0,032	0,033	2,0	0,288	128	0,3	217
—	2,80	16x2	54[illegible]	1,000	0,013	0,013	0,8	0,117	16	0,5	48
—	0,25	16x2	54[illegible]	1,000	0,013	0,013	0,8	0,117	16	0,3	6
○	0,10	16x2	54[illegible]	1,000	0,013	0,013	0,8	0,117	16	3252,7	22323
	165 11 62-66		Nastawa: 2		d_n = 15 mm						
			Antorytet = 0,57		k_v = 0,101 m³/h						
	RLV-KS-P		d_n = 15 mm		k_v = 1,300						

Rys. 6.
Tabela Wyniki – Obiegi. Dla przewodu zasilającego tylko jeden odbiornik współczynnik częściowego obciążenia cieplnego wynosi 1,00 (brak redukcji)
Fig. 6. Table Results – Circuits. For a pipe-run supplying only one receiver the partial heat load coefficient is 1.00 (no reduction).

„Straty ciepła do sąsiada"

Jednym z czynników wpływających na jednoczesność obciążeń są tzw. *straty ciepła do sąsiada*. Norma PN-EN 12831:2006 [3] podaje, że w przypadku określania strat ciepła do sąsiedniego pomieszczenia, należącego do innej jednostki budynku (np. do innego mieszkania), należy przyjmować temperaturę w sąsiednim pomieszczeniu wg następującego wzoru:

$$\theta_{przyległej\ przestrzeni} = \frac{\theta_{int,i} + \theta_{m,e}}{2} \quad (3)$$

gdzie:

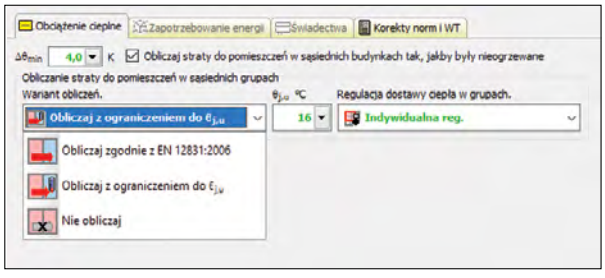
$\theta_{przyległej\ przestrzeni}$ – projektowa temperatura przyległej przestrzeni, °C;

$\theta_{int,i}$ – projektowa temperatura wewnętrzna danej przestrzeni ogrzewanej (*i*), °C;

$\theta_{m,e}$ – średnioroczna temperatura zewnętrzna, °C.

Natomiast w przypadku określania strat ciepła do sąsiedniego pomieszczenia, należącego do od-dzielnego budynku (ogrzewanego lub nieogrzewanego) należy w tym sąsiednim pomieszczeniu przyjąć wartość temperatury wewnętrznej równą średniorocznej temperaturze zewnętrznej.

Takie podejście pozwala przy doborze grzejników uwzględniać ryzyko wystąpienia obniżonej temperatury wewnętrznej w sąsiednich lokalach. Jednak w takiej postaci jest to podejście bardzo asekuracyjne. Biorąc pod uwagę, że średnioroczna temperatura zewnętrzna waha się w Polsce od 5,5°C do 7,7°C, to dla pomieszczenia o projektowej temperaturze wewnętrznej 20°C, temperatura w sąsiednich lokalach, obliczona zgodnie ze wzorem (3), wynosi od 12,75°C do 13,85°C.



Rys. 7.
Dostępne warianty obliczania strat ciepła do pomieszczeń w sąsiednich grupach („strat ciepła do sąsiada") w programie Audytor OZC
Fig. 7. Available variants of calculating heat losses to rooms in adjacent groups ("heat losses to a neighbour") in the Audytor HL program

W programie Audytor OZC [1] przewidziano trzy warianty uwzględniania „strat ciepła do sąsiada" (rys. 7):

1. obliczanie zgodnie z normą PN-EN 12831:2006,
2. obliczanie zgodnie z normą PN-EN 12831:2006, ale z ograniczeniem temperatury przyległej przestrzeni (przyjmowana jest temperatura nie niższa niż zadana),
3. bez uwzględniania „strat ciepła do sąsiada".

W szczególności w wariancie drugim może być przyjęte ograniczenie spadku temperatury do 16°C (w oparciu o § 134 ust. 6 *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* [4]).

Mimo, że trzecia możliwość („Nie obliczaj.") nie jest przewidziana w normie, to jest zdecydowanie najczęściej wykorzystywana w praktyce.

Należy również zwrócić uwagę, że straty ciepła, wynikające z ryzyka obniżenia temperatury w stosunku do wartości projektowej w sąsiednich lokalach, uwzględnia się w obliczeniach obciążenia cieplnego poszczególnych pomieszczeń w celu doboru grzejników, natomiast nie uwzględnia się ich przy określaniu obciążenia cieplnego całego budynku w celu doboru źródła ciepła. W skali całego budynku, jeśli część pomieszczeń będzie ogrzewana w sposób osłabiony, to uzyskana w ten sposób nadwyżka mocy pozwoli na pokrycie zwiększonego zapotrzebowania na ciepło w pomieszczeniach sąsiednich.

Jednak norma PN-EN 12831:2006 [3] nie wyjaśnia w jaki sposób projektować sieć przewodów i jak określać projektowe przepływy w poszczególnych przewodach. Autorzy proponują wykorzystać opisany wcześniej mechanizm określania projektowych przepływów w oparciu o współczynnik częściowego obciążenia cieplnego. **Współczynnik częściowego obciążenia cieplnego przy źródle** należało by wtedy ustalić dzieląc projektowe obciążenie cieplne całego budynku (bez „strat ciepła do sąsiada") przez sumę projektowych strat ciepła wszystkich pomieszczeń:

$$PL_{hs} = \frac{\Phi_{HL,hs}}{\Sigma_i \Phi_{HL,i}} \quad (4)$$

gdzie:

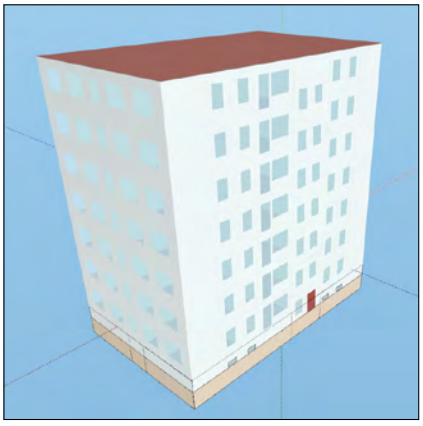
PL_{hs} – współczynnik częściowego obciążenia cieplnego przy źródle, –;

$\Phi_{HL,hs}$ – projektowe obciążenie źródła ciepła (względnie budynku), W;

$\sum_i \Phi_{HL,i}$ – suma obciążeń cieplnych wszystkich odbiorników (względnie wszystkich pomieszczeń), W.

Przykładowe obliczenia w programie Audytor OZC

Przykładowe obliczenia przeprowadzono dla budynku mieszkalnego wielorodzinnego (rys. 8). Podstawowe parametry budynku przedstawiono w tab. 1.



Rys. 8.
Wizualizacja analizowanego budynku wykonana w programie Audytor OZC
Fig. 8. Visualization of the analysed building made in the Audytor HL program

Tab. 1. Charakterystyka przedmiotowego budynku
Tab. 1. Characteristics of the building in question

Liczba kondygnacji	8
Liczba lokali	28
Liczba pomieszczeń	217
Powierzchnia ogrzewana	1 827 m^2
Kubatura ogrzewana	4 910 m^3
System ogrzewania	mieszany (konwekcyjno-podłogowy)*

* Ok. 25% kubatury budynku ogrzewane jest przez ogrzewanie podłogowe.

Obliczenia obciążenia cieplnego budynku przeprowadzono we wszystkich dostępnych w programie Audytor OZC wariantach, odpowiednio:

- wariant I – obliczanie zgodnie z normą PN-EN 12831:2006,
- wariant II – obliczanie zgodnie z normą PN-EN 12831:2006, ale z ograniczeniem temperatury przyległej przestrzeni (przyjmowana jest temperatura nie niższa niż zadana),
- wariant III – bez uwzględniania „strat ciepła do sąsiada".

Wyniki obliczeń zestawiono w tab. 2. W wariancie I współczynnik częściowego obciążenia cieplnego źródła ciepła jest najniższy (najwyższa redukcja) i wynosi 0,72. Natomiast w wariancie II współczynnik częściowego obciążenia cieplnego jest wyraźnie wyższy (mniejsza redukcja)

Tab. 2. Wyniki obliczeń obciążenia cieplnego
Tab. 2. Results of heat load calculations

Wariant uwzględniania „strat ciepła do sąsiada"	Wariant I (wg normy)	Wariant II (wg normy z ograniczeniem do 16°C)	Wariant III (bez uwzględniania)
Projektowe obciążenie cieplne budynku, W	83 204	83 204	83 204
Suma projektowych obciążeń cieplnych pomieszczeń, W	11 5967	10 2598	83 204
Współczynnik częściowego obciążenia cieplnego źródła ciepła	0,72	0,81	1,00

i wynosi 0,81. Z kolei w wariancie III projektowe obciążenie cieplne budynku jest równe sumie projektowych obciążeń cieplnych pomieszczeń i w związku z tym współczynnik częściowego obciążenia cieplnego wynosi 1,00 (brak redukcji). Należy podkreślić, że otrzymane wartości współczynnika częściowego obciążenia cieplnego dotyczą analizowanego budynku i w ogólnym przypadku mogą zależeć od wielu czynników (m.in. kształtu budynku, wielkości i kształtu lokali, sytemu wentylacji oraz współczynników przenikania ciepła poszczególnych przegród budowlanych).

Wariantowy projekt instalacji centralnego ogrzewania w programie Audytor SET

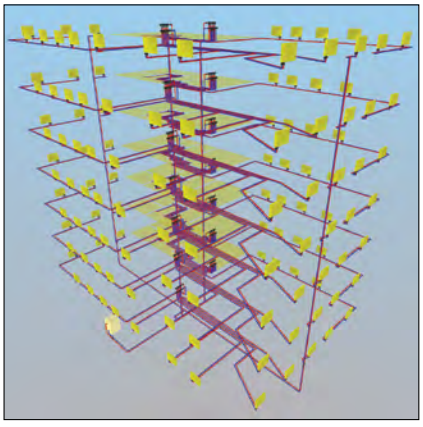
Następnie model budynku wraz z wynikami obliczeń obciążenia cieplnego przeniesiono do programu Audytor SET i zaprojektowano instalację centralnego ogrzewania (rys. 9). Dla wszystkich wariantów przeprowadzono obliczenia projektowe bez redukcji obciążenia cieplnego oraz dla wariantu I i II – dodatkowo z redukcją w trzech dostępnych schematach redukcji. Dobór średnic przeprowadzono przyjmując maksymalny jednostkowy liniowy spadek ciśnienia w przewodach R = 150 Pa/m.

Sposób obliczeń miał wpływ na wyznaczone wymagane parametry pompy obiegowej, przede wszystkim na obliczeniowy strumień czynnika. W przypadku uwzględnienia „strat ciepła do sąsiada", ale bez jednoczesnego uwzględnienia redukcji obciążenia cieplnego, obliczeniowy strumień czynnika był wyższy odpowiednio o 36% w wariancie I i o 21% w wariancie II w porównaniu z wariantem III. Natomiast uwzględnienie redukcji obciążenia cieplnego spowodowało, że obliczeniowy strumień czynnika został wyznaczony na bardzo podobnym poziomie we wszystkich wariantach.

Z kolei wyznaczona wymagana wysokość podnoszenia pompy była wyższa odpowiednio o 66% w wariancie I bez

Tab. 3. Koszt przewodów, PLN
Tab. 3. Cost of pipes, PLN

Wariant „strat ciepła do sąsiada"	Schemat redukcji obciążenia cieplnego			
	Brak	Łagodnie	Liniowo	Agresywnie
Wariant I (wg normy)	31 600	31 600	30 400	29 800
Wariant II (16°C)	30 400	29 500	29 500	28 900
Wariant III (nie obliczaj)	27 800			



Rys. 9.
Wizualizacja analizowanej instalacji centralnego ogrzewania
Fig. 9. Visualization of the analysed central heating system

redukcji i o 49% w wariancie II bez redukcji – w porównaniu z wariantem III. Zastosowanie redukcji obciążenia cieplnego miało stosunkowo niewielki wpływ na wymaganą wysokość podnoszenia pompy (obniżenie o 2%–8% w stosunku do obliczeń bez redukcji).

Na podstawie opracowanego przez program zestawienia materiałów oszacowano koszt zakupu przewodów (tab. 3). Analizę przeprowadzono na podstawie cen katalogowych netto rur KAN PRESS (stan na czerwiec 2021) bez uwzględnienia dostępnych opakowań, w zaokrągleniu do 100 PLN. W analizie pominięto przewody wężownic grzejników podłogowych, ponieważ ich średnica nie zależy od porównywanych wariantów.

Uwzględnienie „strat ciepła do sąsiada" bez jednoczesnej redukcji obciążenia cieplnego spowodowało zauważalny wzrost kosztów przewodów – odpowiednio o 13% w wariancie I i o 9% w wariancie II w porównaniu z wariantem III. Natomiast uwzględnienie redukcji obciążenia cieplnego pozwoliło na ograniczenie tego przyrostu. Najmniejszy przyrost uzyskano w przypadku schematu agresywnego – odpowiednio 7% w wariancie I i 4% w wariancie II w porównaniu z wariantem III.

W pewnych przypadkach w sąsiednich wariantach redukcji otrzymano takie same koszty. Jest to związane przede wszystkim z dostępnym zakresem średnic (w pewnym zakresie przepływu dobierana jest ta sama średnica).

Należy podkreślić, że podobnie jak w przypadku obciążenia cieplnego, otrzymane wartości przyrostu kosztów przewodów dotyczą konkretnego analizowanego budynku i zaprojektowanej w nim instalacji. Jednak pozwalają zorientować się w skali analizowanych zjawisk.

Można przewidzieć, że w przypadku uwzględniania częściowych obciążeń cieplnych, niższy będzie również koszt zakupu armatury (mniejsze średnice).

Konkluzje

1. Zaproponowany sposób uwzględniania w obliczeniach częściowych obciążeń cieplnych pozwala na zmniejszenie dobranych wielkości elementów instalacji bez dużego ryzyka braku możliwości zapewnienia odpowiednich wartości temperatury wewnętrznej w pomieszczeniach.
2. Schemat określania częściowych obciążeń cieplnych należy dobrać na podstawie oszacowanej jednoczesności występowania tych obciążeń. Przy czym najbezpieczniejszy jest wariant „łagodnie".
3. Uwzględnianie częściowych obciążeń cieplnych jest szczególnie istotne w przypadku instalacji chłodzenia z uwagi na dobową zmienność zysków ciepła od nasłonecznienia.
4. W przypadku obliczania strat ciepła z uwzględnieniem „strat ciepła do sąsiada", wydaje się konieczne uwzględnianie częściowych obciążeń cieplnych, ponieważ przeciwne rozwiązanie prowadzi do istotnego przewymiarowania instalacji, która staje się trudniejsza do sterowania i niepotrzebnie za droga inwestycyjnie.

Podziękowanie

Autorzy dziękują dr inż. Dagmarze Strzeszewskiej za pomoc w opracowaniu niniejszego artykułu.

LITERATURA

[1] Wereszczyński P., Strzeszewski M., et al., Audytor OZC 7.0 Pro. Program wspomagający obliczanie projektowego obciążenia cieplnego budynku, sezonowego zapotrzebowania na energię cieplną i chłodniczą oraz wyznaczanie świadectw energetycznych. Podręcznik użytkownika, SANKOM Sp. z o.o., Warszawa, 2020. (Podręcznik można pobrać bezpłatnie ze strony www.sankom.pl).
[2] Wereszczyński P., M. Strzeszewski et al., Podręcznik użytkownika programu Audytor SET 7.2, Sankom Sp. z o.o., Warszawa 2021. (Podręcznik można pobrać bezpłatnie ze strony www.sankom.pl).
[3] PN-EN 12831:2006. Instalacje ogrzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
[4] Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (teks jednolity Dz.U. 2019 poz. 1065, z późn. zm.)

■