

mgr inż. Jerzy Żurawski*

Wpływ instalacji grzewczych na jakość energetyczną budynku

Zgodnie z polskim prawem budowlanym obowiązek oceny energetycznej występuje na etapie projektu budowlanego jako jego integralna część, a na etapie pozwolenia na użytkowanie opracowuje się świadectwo charakterystyki energetycznej budynku. Na etapie projektu opracowana projektowana charakterystyka określa projektowaną jakość energetyczną budynku. Kupując zatem projekt budowlany, np. domu jednorodzinnego, można na tej podstawie uzyskać informacje o projektowanym zużyciu energii na c.o., wentylację, ciepłą wodę, a nawet chłodzenie.

Wymagania prawne

Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1] w par. 328.1. *budynek i jego instalacje ogrzewcze, wentylacyjne i klimatyzacyjne, ciepłej wody użytkowej, a w przypadku budynku użyteczności publicznej również oświetlenia wbudowanego, powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby ilość ciepła, chłodu i energii elektrycznej, potrzebnych do użytkowania budynku zgodnie z jego przeznaczeniem, można było utrzymać na racjonalnie niskim poziomie.* W zakresie izolacji technicznej minimalne grubości określono w załączniku 2 rozporządzenia [1]. Pojawia się pytanie, czy można uznać propozycje WT2008 za racjonalne, czy warto zastanowić się nad sensownością stosowania większej grubości izolacji technicznych? W tabeli 1 zamieszczono wymagania dotyczące minimalnej grubości izolacji cieplnej przewodów instalacyjnych.

PN-B-02421:2000 definiuje izolację cieplną instalacji grzewczej ograniczającą straty transportu (przesyłu) oraz straty magazynowania złożoną z izolacji właściwej wykonanej z materiału termoizolacyjnego oraz płaszcza ochronnego będącego zewnętrzną warstwą izolacji cieplnej, chro-

Tabela 1. Wymagania izolacji cieplnej przewodów instalacyjnych – dotyczy materiału izolacyjnego o $\lambda = 0,035 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$

Rodzaj przewodu lub komponentu	Minimalna grubość izolacji cieplnej wg WT2008 i wg projektu WT2012
Średnica wewnętrzna do 22 mm	20 mm
Średnica wewnętrzna 22 + 35 mm	30 mm
Średnica wewnętrzna 35 + 100 mm	równa średnicy wewnętrznej rury
Średnica wewnętrzna ponad 100 mm	100 mm

nięcej izolację właściwą przed uszkodzeniami mechanicznymi i niekorzystnym oddziaływaniem otoczenia. W miarę możliwości powinno się zaizolować całą powierzchnię urządzeń służących do wymiany lub magazynowania ciepła. Izolację cieplną należy stosować:

- w instalacjach znajdujących się w pomieszczeniach nieogrzewanych oraz w pomieszczeniach źródeł ciepła;
- na przewodach pionowych prowadzonych po wierzchu ścian w pomieszczeniach ogrzewanych o temperaturze $< 12^\circ\text{C}$; zaleca się izolowanie pionów prowadzonych na ścianach w pomieszczeniach o obliczeniowej temperaturze $\geq 12^\circ\text{C}$, w których przyjęto system naliczania opłat w oparciu o podzielniki kosztów;
- na instalacjach ciepłej wody użytkowej, na przewodach poziomych i pionowych niezależnie od otoczenia.

Podane w tabeli 1 grubości izolacji termicznej dotyczą materiału o $\lambda = 0,035 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$. Jeżeli materiał izolacyjny charakteryzuje się inną wartością λ , to minimalna grubość warstwy izolacji e_1 można obliczyć ze wzoru:

$$e_1 = \frac{D \cdot \frac{D+2e}{D} \cdot \frac{\lambda_1}{0,035} - D}{2} \quad (1)$$

gdzie:

D – średnica zewnętrzna izolowanego przewodu;

e – grubość warstwy izolacji właściwej wg tabeli 1.

λ_1 – wartość współczynnika przewodzenia ciepła materiału izolacyjnego wyznaczonego w temperaturze 40°C .

Materiały przeznaczone do stosowania jako izolacje właściwe muszą być odporne na działanie przewidywanej maksymalnej temperatury i obojętne che-

micznie w bezpośrednim kontakcie z izolowanymi powierzchniami, odporne na wodę oraz wytrzymałe na obciążenie wynikające z transportu.

Wpływ instalacji c.o. i c.w.u. na jakość energetyczną budynku

Wybór paliwa oraz sposobu zasilania budynku w energię cieplną na c.o., wentylację, c.w.u. oraz chłód ma znaczny wpływ na końcową ocenę energetyczną budynku. Nieprawidłowo dobrany nośnik energii może spowodować uzyskanie niekorzystnej oceny względem EP w odniesieniu do wymagań określonych w rozporządzeniu WT2008 [1]. Chodzi o energię końcową EK, której wielkość zależy m.in. od bilansu zysków i strat ciepła w budynku (energia użytkowa EU) oraz od sprawności systemów dostarczających energię do budynku. Na zużycie energii nieodnawialnej pierwotnej EP ma wpływ wybrany typ paliwa, sposób wytwarzania energii, ilość energii końcowej oraz energii pomocniczej. Skoncentrujemy się na sprawności systemu c.o. i c.w.u. Zgodnie z rozporządzeniem w metodologii sporządzania świadectw energię końcową wyznacza się ze wzoru:

$$Q_{K,H} = Q_{H,nd} / \eta_{H,tot} \quad [\text{kWh/r.}] \quad (2)$$

gdzie:

$$\eta_{H,tot} = \eta_{H,g} \cdot \eta_{H,s} \cdot \eta_{H,d} \cdot \eta_{H,e} \quad (3)$$

gdzie:

$Q_{H,nd}$ – zapotrzebowanie energii użytkowej przez budynek (lokal) – może być na c.o. lub c.w.u.;

$\eta_{H,tot}$ – średnia sezonowa sprawność całkowita systemu grzewczego budynku;

$\eta_{H,g}$ – średnia sezonowa sprawność wytworzenia nośnika ciepła z energii dostarczonej do granicy bilansowej budynku;

* Dolnośląska Agencja Ochrony Środowiska; Stowarzyszenie Agencji i Fundacji Poszanowania Energii SAPE

$\eta_{H,s}$ – średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepła w elementach pojemnościowych systemu grzewczego budynku (w obrębie osłony bilansowej lub poza nią);

$\eta_{H,d}$ – średnia sezonowa sprawność transportu (dystrybucji) nośnika ciepła w obrębie budynku (osłony bilansowej lub poza nią);

$\eta_{H,e}$ – średnia sezonowa sprawność regulacji i wykorzystania ciepła w budynku (w obrębie osłony bilansowej).

Poszczególne sprawności będące składowymi sprawności c.o. można wyznaczyć za pomocą tabel zamieszczonych w rozporządzeniu w sprawie metodologii sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej budynku [2]. W tabeli 2 podano przykładowe wartości sprawności instalacji c.o. w zależności od zastosowanego źródła ciepła. Wyznaczenie sprawności instalacji c.o. wydaje się proste, jeżeli autor świadectwa wykorzysta zawarte w rozporządzeniu [2] podpowiedzi zamieszczone w odpowiednich tabelach.

Tabela 2. Przykładowe sprawności systemu c.o. obliczone za pomocą wartości zamieszczonych w odpowiednich tabelach rozporządzenia [2]

Źródło ciepła	Sprawność nowej instalacji c.o. [%]				
	wytwarzania	transportu	regulacji i wykorzystania	akumulacji	$\eta_{c.o.}$
Kocioł kondensacyjny	0,99	0,97	0,98	1	94
Kocioł na biomasę	0,75	0,96	0,93	0,9	60

Uprawnienie do wykorzystania wartości zamieszczonych w tabelach w zakresie sprawności transportu oraz akumulacji jest dość ograniczone. Wykorzystanie wartości składowych do obliczenia sprawności instalacji c.o. lub c.w.u., zamieszczonych w odpowiednich tabelach, jest dopuszczalne jedynie w przypadku istniejących budynków i tylko wtedy gdy nie ma dostępu do dokumentacji, na podstawie której można wyliczyć sprawność transportu i akumulacji oraz jej wpływu na wartość EK i EP. Kiedy jest dostępna dokumentacja, autor jest zobowiązany wykonać obliczenia sprawności transportu i akumulacji instalacji c.o. oraz c.w.u. Sprawność magazynowania i transportu instalacji wyznacza się z zależności:

$$\Delta Q_{H,e} = Q_{H,nd} \cdot (1/\eta_{H,d} - 1) \quad (4)$$

Średnią sezonową sprawność transportu (dystrybucji) nośnika ciepła w obrębie budynku (osłony bilansowej lub poza nią) zgodnie z rozporządzeniem [2] obliczyć należy zgodnie ze wzorem:

$$\eta_{H,d} = (Q_{H,nd} + \Delta Q_{H,e} + \Delta Q_{H,d}) / (Q_{H,nd} + \Delta Q_{H,e} + \Delta Q_{H,d}) \quad (5)$$

zaś średnią sezonową sprawność akumulacji ciepła w elementach pojemnościowych systemu grzewczego budynku

(w obrębie osłony bilansowej lub poza nią) z zależności:

$$\eta_{H,s} = (Q_{H,nd} + \Delta Q_{H,e} + \Delta Q_{H,d}) / (Q_{H,nd} + \Delta Q_{H,e} + \Delta Q_{H,d} + \Delta Q_{H,s}) \quad (6)$$

gdzie:

$\Delta Q_{H,e}$ – uśrednione sezonowe straty ciepła w wyniku niedoskonałej regulacji i przekazania ciepła w budynku [kWh/r.];

$\Delta Q_{H,d}$ – uśrednione sezonowe straty ciepła instalacji transportu (dystrybucji) nośnika ciepła w budynku (w osłony bilansowej lub poza nią) [kWh/r.];

$\Delta Q_{H,s}$ – uśrednione sezonowe straty ciepła w elementach pojemnościowych systemu grzewczego budynku (w obrębie osłony bilansowej lub poza nią) [kWh/r.].

Dla instalacji c.o. sprawność akumulacji i transportu należy obliczać, gdy znajdują się poza osłoną bilansową. Dla c.w.u. sprawność transportu i magazynowania powinna być obliczana zarówno w osłonie bilansowej budynku, jak i poza. Autorzy rozporządzenia wskazują, że dla

t_{SG} – czas trwania sezonu ogrzewczego [h];
 V_S – pojemność zbiornika buforowego [dm³];
 q_s – jednostkowe straty ciepła zbiornika buforowego, wg tabeli 3b zamieszczonej w [2] [W/dm³];

W przypadku kilku nośników energii lub kilku wydzielonych stref i instalacji, obliczenia przeprowadza się oddzielnie dla każdego przypadku. Oznacza to, że wprowadzając dane o lokalach z różnymi źródłami energii każdy wymaga opisanie oddzielnie sieci c.o. oraz zbiorników buforowych. Świadectwo charakterystyki energetycznej powinno być wykonane dla każdego lokalu osobno. Jeżeli instalacja transportu nośnika ciepła jest zaizolowana i położona w brzdach, to nie uwzględnia się tej części instalacji w obliczeniach strat ciepła. Czy słusznie? Pomiar termowizyjny sieci ciepłej w brzdach nie potwierdza słuszności takich założeń.

Obliczenie sprawności instalacji c.o. metodą wskaźnikową i analityczną

Wykonajmy porównawcze obliczenia sprawności instalacji c.o. na podstawie tabel zamieszczonych w rozporządzeniu [2] dla budynku szkoły o powierzchni o regulowanej temperaturze – 3521 m² oraz kubaturze 12244 m³, wskaźniku A/Ve = 0,4 (powierzchnia przegród zewnętrznych A – 5421,26 m²; kubatura ogrzewana Ve = 13579 m³); EP wg WT2008 = 194 kWh/m²r.

Do obliczeń sprawności transportu przyjęto sieć krótką i dłuższą oraz sprawność wytwarzania – 100%, sprawność magazynowania – 100%, sprawność regulacji i wykorzystania – 98%, sprawność transportu wg tabeli 3.

Sprawność transportu dla instalacji c.o. zlokalizowanej w obrębie bilansowej budynku można przyjmować na poziomie 98 – 100% (zalecam 98 – 99%). W przypadku gdy część instalacji zlokalizowana jest poza osłoną bilansową budynku, sprawność transportu i akumulacji należy obliczyć, jeżeli oczywiście dostępna jest dokumentacja projektowa lub zinwentaryzowana instalacji c.o. Obliczenie sprawności transportu oraz akumulacji instalacji c.o. poza osłoną bilansową budynku wykonano za pomocą programu CERTO. Dotyczą one budynku szkoły zlokalizowanej na Dolnym Śląsku. Część instalacji umieszczona jest w nieogrzewanej piwnicy. Wyniki uzyskane dla instalacji krótkiej i długiej zamieszczono w tabeli 4.

instalacji c.o. straty transportu dotyczące instalacji znajdującej się w osłonie bilansowej są jednocześnie zyskami ciepła, co wydaje się błędne. W prawidłowo wykonanym projekcie moc grzejników oraz moc rur c.o. powinna być sumowana do spełnienia wymagania obciążenia cieplnego pomieszczenia czy budynku. Całą instalację c.o. w pomieszczeniu ogrzewanym należy traktować jako „grzejnik”. W osłonie bilansowej izolowana instalacja c.o. generuje mniejszą moc cieplną, która najczęściej jest w obliczeniach pomijalna. Straty transportu i magazynowania instalacji c.o. i c.w.u. należy uwzględniać, gdy urządzenia znajdują się poza osłoną bilansową budynku, np. w nieogrzewanych piwnicach, strychach. Straty ciepła sieci transportu nośnika ciepła oraz zbiornika buforowego oblicza się ze wzorów:

$$\Delta Q_{H,d} = \sum (l_i \cdot q_{li} \cdot t_{SG}) 10^{-3} \quad (7)$$

$$\Delta Q_{H,s} = \sum (V_S \cdot q_s \cdot t_{SG}) 10^{-3} \quad (8)$$

gdzie:

l_i – długość i-tego odcinka sieci dystrybucji nośnika ciepła [m];

q_{li} – jednostkowe straty ciepła przewodów ogrzewań wodnych, wg tabeli 3a zamieszczonej w [2] [W/m];

Tabela 3. Zestawienie sprawności instalacji c.o. dla budynku szkoły dla sprawności transportu przyjętej wg podpowiedzi zawartych w rozporządzeniu [2] (metoda wskaźnikowa) oraz na podstawie wykonanych obliczeń dla sieci krótkiej i dłuższej poza osłoną bilansową (metoda obliczeniowa)

Poszczególne wyniki $Q_{K,H}, Q_{P,H}, \eta_{H,tot}, EP$	Sprawność transportu 0,92 [kWh/r.]	Sprawność transportu 0,94 [kWh/r.]	Sprawność transportu 0,95 [kWh/r.]	Wartość obliczeniowa sprawności transportu – sieć krótka [kWh/r.]	Wartość obliczeniowa sprawności transportu – sieć długa [kWh/r.]
Całkowita średnia sprawność źródeł ciepła na ogrzewanie, $\eta_{H,tot}$	0,89	0,91	0,92	0,9	0,83
Średni współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na ogrzewanie w EP WT2008 = 194 kWh/m ² r.	EP = 181,85	EP = 179,92	EP = 178,99	EP = 181,12	EP = 188,29

Tabela 4. Sprawność transportu i akumulacji obliczona za pomocą programu CERTO

Średnica rury i izolacja termiczna	Sprawność transportu i akumulacji	
	Sieć długa [m]	Sieć krótka [m]
Rury 32 mm izolowane wg WT2008	16,42	9,2
Rury 65 mm izolowane wg WT2008	22	10,7
Rury 50 mm izolowane wg WT2008	35	12
Całkowita sprawność instalacji $\eta_{H,tot}$ c.o.	0,83	0,90

Analizy sprawności transportu dla instalacji c.w.u.

Na potrzeby artykułu przeanalizowano wpływ sprawności magazynowania i transportu c.w.u. na jakość energetyczną budynku obliczoną za pomocą wartości zamieszczonych w odpowiednich tabelach rozporządzenia [2] oraz obliczonych metodą analityczną. Przyjęto, że sprawność instalacji c.w.u. w analizowanym budynku będzie idealna: sprawność magazynowania – 82%, sprawność transportu – 80%, sprawność wytwarzania – 91%; łączna sprawność c.w.u. wyniosła – 59,5%. Sprawność c. o. obliczono dla instalacji znajdującej się w lokalu, przy założeniu, że: sprawność wytwarzania wynosiła 99%, sprawność regulacji i wykorzystania – 97%, sprawność transportu – 100%, sprawność magazynowania – 100%, sprawność wytwarzania – 99%. Uzyskano, że łączna sprawność na c.o. to 96%.

W tabeli 5 przedstawiono wyniki obliczeń wartości EK i EP dla domu jednorodzinnego o powierzchni 124 m² ze źród-

Tabela 5. Analiza jakości energetycznej budynku o pow. użytkowej 124 m² spełniającego wymagania WT2008

Sprawność	Sprawność instalacji	EK	EP	EP WT2008
Sprawność określona wskaźnikowo wg rozporządzenia [2]				146,98
Na c.w.u.	0,595	77,28	85	
Na c.o.	0,96	41,22	45,35	
Urządzenia pomocnicze		1,27	3,82	
Podsumowanie		119,77	134,17	
Sprawność określona analitycznie wg rozporządzenia [2]	sprawność instalacji	EK	EP	146,98
Na c.w.u.	0,66	72,99	80,29	
Na c.o.	0,96	27,75	30,53	
Urządzenia pomocnicze		1,26	3,79	
Podsumowanie		102	114,61	
Korzyści z dokładnej analizy wpływu sprawności instalacji c.w.u. na jakość energetyczną budynku				17%

dłem ciepła (kocioł kondensacyjny z zamkniętą komorą spalania) zlokalizowanym w osłonie bilansowej budynku (w łazience). Szczegółowa analiza wpływu metody szacowania sprawności c.w.u. na jakość energetyczną budynku wykazała, że precyzyjniejsze analizowanie instalacji c.w.u. ma istotny wpływ na jakość energetyczną budynku. Metoda obliczeniowa pozwala uwzględnić w bilansie cieplnym energię pochodzącą ze strat ciepła na transporcie i magazynowaniu c.w.u. oraz precyzyjnie określić sprawność transportu. Korzyści dla wyników końcowych w obliczeniu EK i EP są istotne i wynoszą dla EP aż 17%. Sprawność c.w.u. obliczona wskaźnikowo wynosi 58,5%, obliczona wg metody obliczeniowej 66%.

Wnioski

W przypadku budynku szkoły sprawność instalacji c.o. jest zbliżona w obu przypadkach, tj. przy obliczeniach wykonanych wg podpowiedzi zawartych w tabelach rozporządzenia [2] oraz dla wyników uzyskanych metodą dokładną zgodnie z [2] dla sieci krótkiej poza osłoną bilansową. Sprawność wynosi odpowiednio $\eta_{H,tot} = 89\%$ dla $\eta_{H,d} = 92\%$, $\eta_{H,tot} = 91\%$ przy $\eta_{H,d} = 94\%$ i $\eta_{H,tot} = 92\%$ przy $\eta_{H,d} = 95\%$. Sprawność $\eta_{H,tot} = 90\%$, dla wartości $\eta_{H,d}$ uzyskanej za pomocą metody obliczeniowej rozporządzenia [2].

Sprawność instalacji c.o. jest zdecydowanie różna, gdy sieć poza osłoną bilansową, jest dłuższa – $\eta_{H,tot} = 83\%$ i jest o około 10% niższa od sprawności obliczonej metodą uproszczoną. Zastosowanie grubszej izolacji termicznej instalacji poza osłoną bilansową byłoby działaniem uzasadnionym.

Podobna sytuacja wystąpiła, gdy określono wpływ metody obliczenia sprawności instalacji c.w.u. na jakość energetyczną budynku. Rozbieżności metody wskaźnikowej i analitycznej wyznaczania sprawności c.o. i c.w.u. oraz wpływ na wartość EP i EK są na tyle duże, że należy zastanowić się dokładniej nad wpływem izolacji technicznej na jakość energetyczną budynku. Pojawia się też pytanie, czy proponowane w WT2008 minimalne grubości izolacji technicznej są optymalne?, które części izolacji termicznej instalacji powinny być lepiej izolowane, a które nie muszą być wyposażone w taką izolację? Ze względu na znaczny wpływ izolacji technicznej na jakość energetyczną budynku wymienione zagadnienia powinny być poddane szczegółowszej analizie.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sorządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki.