

Fizyka budowli z BuildDesk.

Materiały edukacyjne dla doradców i audytorów energetycznych

Obliczanie temperatury wewnętrznej w strefie o nieregulowanej temperaturze wg normy PN – EN ISO 13789.



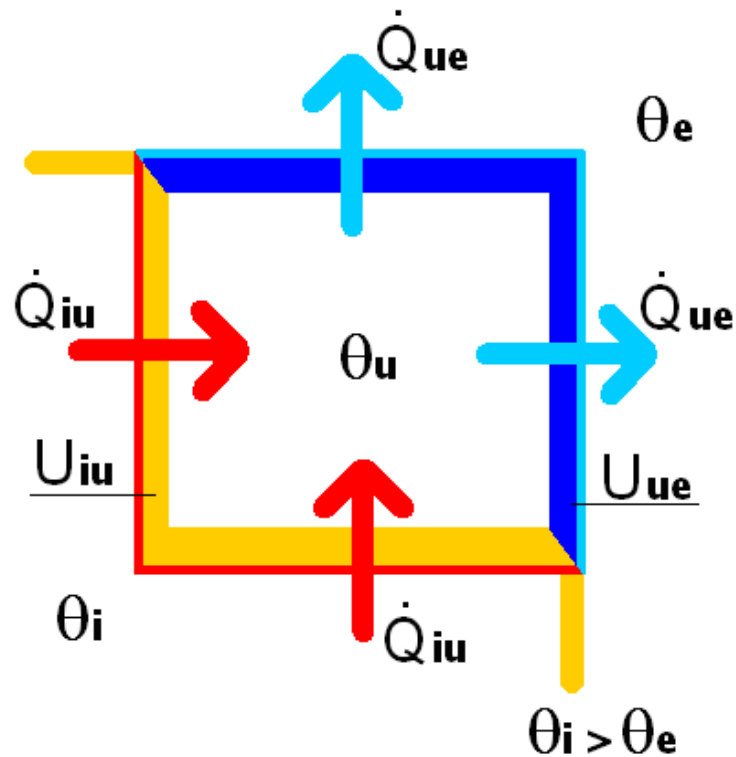
Obliczanie temperatury wewnętrznej w strefie o nieregulowanej temperaturze wg normy PN – EN ISO 13789

W artykule przedstawione zostanie wyprowadzenie wzoru na obliczenie temperatury wewnętrznej w strefie o nieregulowanej temperaturze na podstawie ustalonego bilansu ciepła. Uwzględniony zostanie również wpływ zysków ciepła powstających w strefie o nieregulowanej temperaturze. Następnie przeprowadzonych zostanie kilka przykładowych obliczeń pokazujących wpływ izolacyjności przegród zewnętrznych oddzielających strefę o nieregulowanej temperaturze od środowiska zewnętrznego i środowiska ogrzewanego (o regulowanej temperaturze).

Jednym z ważnych problemów dotyczących obliczeń bilansu ciepła w budynku czy części budynku jest uwzględnienie przyległych stref o nieregulowanej temperaturze. Najczęściej występującymi przykładami tego typu stref są np. garaże, poddasza nieużytkowe, itp. W procesie certyfikacji energetycznej budynków, metodologia bardzo prosto podchodzi do uwzględnienia tego typu pomieszczeń poprzez przyjęcie z góry podanych w rozporządzeniu współczynników redukcyjnych obliczeniowej różnicy temperatur btr (Tabela 6 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno – użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej.). Z w/w dokumentu możemy przeczytać, że np. współczynnik btr dla pomieszczeń nieogrzewanych z przynajmniej 2 ścianami zewnętrznymi i z drzwiami zewnętrznymi (np. hale, garaże) wynosi 0,6, w przypadku poddaszy o nieizolowanych dachach: 0,9, a w przypadku poddaszy z dachami izolowanymi: 0,7. Wydaje się, więc, że możemy poradzić sobie z wykonaniem świadectwa posługując się uproszczonymi danymi o współczynnikach z tabeli 6 metodologii. Jednak obliczona w ten sposób charakterystyka energetyczna budynku może w dużym stopniu odbiegać od rzeczywistego wpływu stref nieogrzewanych na zachowanie cieplne przyległych stref ogrzewanych. Przyjmując w sposób uproszczony współczynnik btr, nie uwzględniamy wpływu izolacyjności przegród zewnętrznych przestrzeni nieogrzewanej od środowiska zewnętrznego (poddasze z izolowanym dachem przyjmujemy 0,7 bez uwzględniania ile tej izolacji w dachu jest), nie uwzględniamy zysków ciepła powstających w strefie nieogrzewanej (np. nagrzewanie się poddaszy lub zyski od urządzeń).

Opisana w artykule metoda może także być przydatna przy liczeniu strat ciepła przez pustki powietrza o grubości powyżej 30 cm. Norma PN – EN ISO 6946, stosowana dla obliczeń oporów cieplnych komponentów budynku i współczynników przenikania ciepła U, podaje opory cieplne warstw powietrza o grubościach do 30 cm. Dla grubszych warstw powietrza norma ISO 6946 nadmienia, że : „łącznego współczynnika przenikania ciepła nie zaleca się obliczać w odniesieniu do komponentów zawierających warstwy powietrza grubsze niż 0,3 m. W takich przypadkach zaleca się obliczać strumień cieplny raczej z bilansu cieplnego (patrz ISO 13789 Właściwości cieplne budynków – Współczynnik strat ciepła przez przenikanie – Metoda obliczania)”

Przejdźmy, zatem do rozważenia ustalonego bilansu ciepła przestrzeni znajdującej się pomiędzy strefą o regulowanej temperaturze a środowiskiem zewnętrznym.



Założmy, że rozpatrujemy wymianę ciepła pomiędzy strefą ogrzewaną o znanej temperaturze θ_i , strefą o nieregulowanej, szukanej temperaturze θ_u i środowiskiem zewnętrznym o znanej temperaturze θ_e . Przyjmy na początku, że wymiana ciepła następuje jedynie na drodze przewodzenia ciepła poprzez przegrody o znanych współczynnikach przenikania ciepła U_{iu} oraz U_{ue} . Nie uwzględniamy w tym momencie dodatkowej wymiany ciepła poprzez przepływające strumienie powietrza. W przestrzeni o nieregulowanej temperaturze nie występują także źródła ciepła (zyski ciepła).

Zgodnie z zasadą zachowania energii suma strumieni ciepła wpływających do rozważanej, bilansowanej przestrzeni równa się sumie strumieni wypływających z tej przestrzeni. Z umieszczonego wyżej schematu wynika więc, że zasadę tą opisać można następująco:

$$\dot{Q}_{iu} = \dot{Q}_{ue} \quad [W]$$

Strumień napływający w wyniku przewodzenia ciepła od środowiska ogrzewanego do przestrzeni nieogrzewanej, to:

$$\dot{Q}_{iu} = U_{iu} \cdot A_{iu} \cdot (\theta_i - \theta_u) \quad [W]$$

gdzie A_{iu} – jest to pole przegród oddzielających przestrzeń ogrzewaną od przestrzeni nieogrzewanej.

Strumień wypływający w wyniku przewodzenia ciepła ze środowiska nieogrzewanego do środowiska zewnętrznego to:

$$\dot{Q}_{ue} = U_{ue} \cdot A_{ue} \cdot (\theta_u - \theta_e) \quad [W]$$

gdzie A_{ue} – jest to pole przegród oddzielających przestrzeń o nieregulowanej temperaturze od środowiska zewnętrznego.

Iloczyn współczynników przenikania ciepła i powierzchni przegród możemy zastąpić dobrze już znanymi współczynnikami strat ciepła przez przewodzenie. Oznaczmy je odpowiednio jako: $H_{iu,tr}$ oraz $H_{ue,tr}$. Teraz zasadę zachowania energii możemy zapisać:

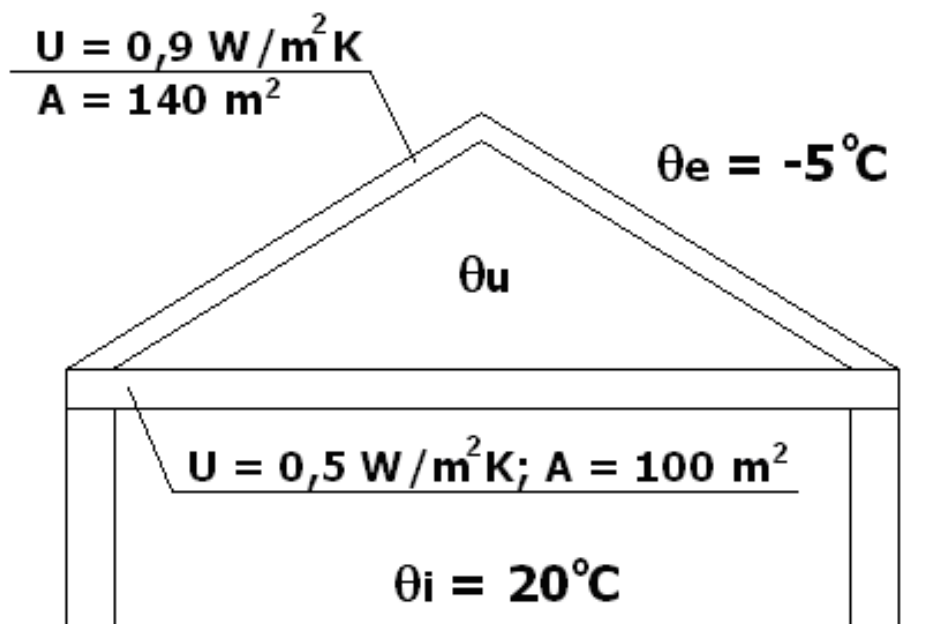
$$H_{iu,tr}(\theta_i - \theta_u) = H_{ue,tr}(\theta_u - \theta_e)$$

W tym miejscu należy podkreślić, że współczynniki strat ciepła przez przenikanie ($H_{iu,tr}$, $H_{ue,tr}$) oprócz iloczynu współczynnika przenikania ciepła i powierzchni przegród powinny także, o ile jest to uzasadnione, uwzględniać wpływ mostków liniowych i punktowych.

Zatem szukana wartość temperatury wynikająca z bilansu ciepła strefy nieogrzewanej wynosi:

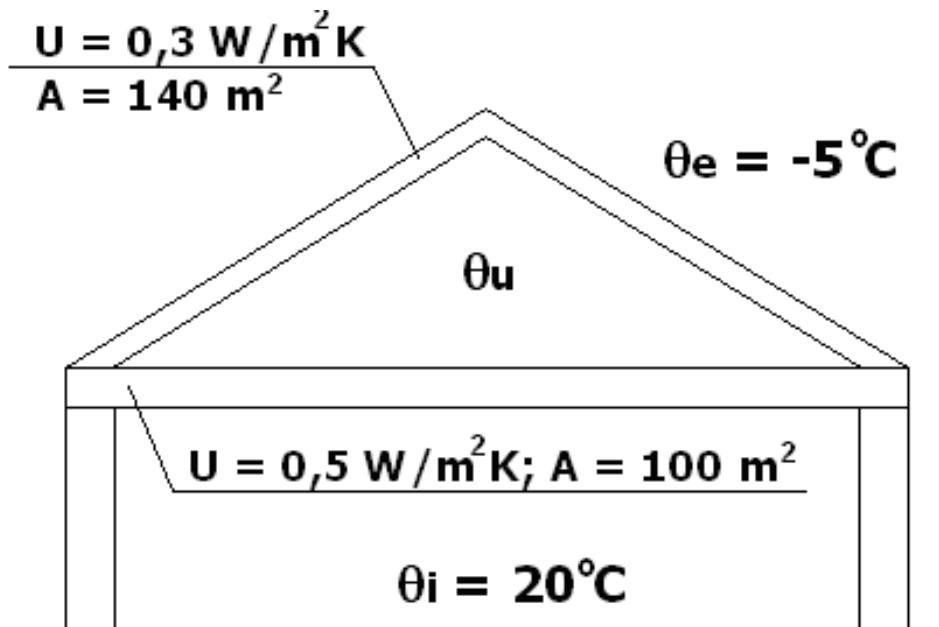
$$\theta_u = \frac{H_{iu,tr} \theta_i + H_{ue,tr} \theta_e}{H_{iu,tr} + H_{ue,tr}}$$

Obliczmy jak zmienia się temperatura wewnętrzna przykładowej przestrzeni (poddasze) o nieregulowanej temperaturze dla różnych izolacyjności cieplnych dachu. Na początek przyjmijmy, że współczynnik przenikania ciepła dla dachu wynosi $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.



$$\theta_u = \frac{H_{iu,tr} \theta_i + H_{ue,tr} \theta_e}{H_{iu,tr} + H_{ue,tr}} = \frac{0,5 \cdot 100 \cdot 20 + 0,9 \cdot 140 \cdot (-5)}{0,5 \cdot 100 + 0,9 \cdot 140} = 2,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Założmy teraz, że współczynnik przenikania ciepła dla dachu wynosi 0,3 W/(m²K).



Tym razem temperatura wynikająca z bilansu ciepła dla poddasza wyniesie:

$$\theta_u = \frac{H_{iu,tr} \theta_i + H_{ue,tr} \theta_e}{H_{iu,tr} + H_{ue,tr}} = \frac{0,5 \cdot 100 \cdot 20 + 0,3 \cdot 140 \cdot (-5)}{0,5 \cdot 100 + 0,3 \cdot 140} = 8,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Bardzo często w strefie o nieregulowanej temperaturze powstają zyski ciepła, w wyniku np. promieniowania słonecznego przez przegrody przezroczyste oraz także nieprzezroczyste. W takich strefach mogą znajdować się dodatkowo różnego rodzaju urządzenia wydzielające ciepło. Wpływ wewnętrznych zysków ciepła w postaci dodatkowego strumienia ciepła (ϕ , [W]) uwzględniamy w równaniu bilansu po stronie strumienia dodatniego, czyli wpływającego do strefy.

$$H_{iu,tr} (\theta_i - \theta_u) + \phi = H_{ue,tr} (\theta_u - \theta_e)$$

Tym razem wzór na temperaturę równowagi w strefie nieogrzewanej ma postać:

$$\theta_u = \frac{\phi + H_{iu,tr} \theta_i + H_{ue,tr} \theta_e}{H_{iu,tr} + H_{ue,tr}}$$

Oprócz wymiany ciepła poprzez przewodzenie można także uwzględnić ciepło transportowane wraz z powietrzem wymienianym pomiędzy przestrzenią ogrzewaną a nieogrzewaną (V_{iu} [m^3/h]) i pomiędzy strefą nieogrzewaną a środowiskiem zewnętrznym (V_{ue} [m^3/h]). Wpływ strumieni powietrza V_{iu} i V_{ue} uwzględniamy we współczynnikach strat ciepła, które tym razem obejmowałyby będą straty ciepła przez przewodzenie i wentylację.

$$H_{iu} = H_{iu,tr} + H_{iu,v} \qquad H_{ue} = H_{ue,tr} + H_{ue,v}$$

gdzie:

$$H_{iu,v} = \rho c V_{iu} \qquad H_{ue,v} = \rho c V_{ue}$$

ρ - gęstość powietrza w kg/m^3 ;

c – ciepło właściwe powietrza w $Wh/(kg K)$

Zatem wzór na temperaturę strefy nieogrzewanej wynikającej z jej ustalonego bilansu ciepła uwzględniający straty przez przewodzenie, wentylację oraz zyski ciepła ma postać:

$$\theta_u = \frac{\phi + H_{iu} \theta_i + H_{ue} \theta_e}{H_{iu} + H_{ue}}$$

Identyczna postać wzoru przedstawiona jest w załączniku A „Temperatura w przestrzeni nieogrzewanej” normy ISO 13789 „Właściwości cieplne budynków. Współczynnik strat ciepła przez przenikanie. Metoda obliczania”

Dodatkowo norma podaje także umowne krotności wymian powietrza pomiędzy przestrzenią nieogrzewaną a środowiskiem zewnętrznym:

Nr	Typ szczelności	n_{ue}/h
1	Brak drzwi i okien, wszystkie złącza między komponentami dobrze uszczelnione, nie przewidziane otwory wentylacyjne	0
2	Wszystkie złącza między komponentami dobrze uszczelnione, nie przewidziane otwory wentylacyjne	0,5
3	Wszystkie złącza dobrze uszczelnione, przewidziane małe otwory wentylacyjne	1
4	Brak szczelności spowodowany otwartymi złączami lub stałymi otworami wentylacyjnymi	5
5	Brak szczelności spowodowany licznymi otwartymi złączami lub dużymi bądź licznymi stałymi otworami wentylacyjnymi	10

Poruszone w artykule zagadnienie niezbędne jest także w obliczeniach strat ciepła i optymalizacji grubości izolacji cieplnej dla przegród sąsiadujących ze strefami o nieregulowanej temperaturze, podczas wykonywania audytów energetycznych i remontowych. Wyraźnie mówi o tym Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego..., gdzie w podpunkcie dotyczącym obliczania liczby stopniodni i przyjmowania średniej, miesięcznej temperatury zewnętrznej mówi się, że w przypadku stropów nad nieogrzewanymi piwnicami lub pod nieogrzewanymi poddaszami należy uwzględniać temperaturę wynikającą z obliczeń bilansu

cieplnego. Dodatkowo do tego punktu Rozporządzenia odwołują się wytyczne przedstawione na stronie Banku Gospodarstwa Krajowego w tzw. informacjach dla audytorów:

„... niewłaściwe jest arbitralne zakładanie do obliczeń wysokości temperatur w nieogrzewanych pomieszczeniach w budynku. Temperatury te powinny zostać wyliczone metodą bilansową, co jest znacznie ułatwione w przypadku korzystania z programów komputerowych lub z wykorzystaniem metody określania czynników korekty temperaturowej zgodnie z normą PN-EN ISO 13789:2008 Ciepłne właściwości użytkowe budynków - Współczynniki przenoszenia ciepła przez przenikanie i wentylację -- Metoda obliczania”

Wszystkie przedstawione w artykule czynniki, a więc straty ciepła przez przewodzenie i wentylację, słoneczne zyski ciepła przez przegrody przezroczyste i jako opcja także przez przegrody nieprzezroczyste, wewnętrzne zyski ciepła np. od urządzeń wpływające na wartość temperatury w nieogrzewanych pomieszczeniach budynku, uwzględnione zostały w programach **BuildDesk Energy Certificate Professional** i **BuildDesk Energy Audit**.

Obliczenia te wykonywane są po wprowadzeniu do struktury budynku tzw. lokalu nieogrzewanego, dla którego obliczane są miesięczne temperatury wewnętrzne wynikające z bilansu ciepła.

The screenshot shows the 'Podstawowe dane dla strefy' (Basic data for the zone) configuration window in the BuildDesk Energy Audit software. The window title is 'BuildDesk Energy Audit - \\cigrfp01\users\toweb\Moje audyty\Ropczyce_Iwaszkiewicza_10_do_druku'. The interface includes a navigation menu on the left with icons for 'Lista stref', 'Strefa dane ogólne', 'Zużycie ciepłej wody użytkowej', 'Zyski wewnętrzne', 'Przegrody zewnętrzne', 'Przegrody wewnętrzne', and 'Wentylacja strefy'. The main area is titled 'Podstawowe dane dla strefy:' and has a dropdown menu set to 'Piwnica'. Below this, there are several input fields and buttons:

- Rodzaj strefy:** 'Lokal nieogrzewany' (dropdown)
- Opis strefy:** 'Piwnica' (text field) with a 'Domyślnie' button.
- Symbol strefy:** 'Piwnica' (text field) with a 'Domyślnie' button.
- Szczegółowy opis:** 'Piwnica nieogrzewana' (text field)
- Dane obliczeniowe:**
 - Strumień powietrza między przestrzenią nieogrzewaną a środowiskiem zewnętrznym zadany ręcznie. Strumień powietrza między przestrzenią nieogrzewaną a środowiskiem zewnętrznym: $V_{ue} = 20$ [m³/h]
 - Strumień powietrza między przestrzenią nieogrzewaną a środowiskiem zewnętrznym obliczony na podstawie umownych krotności wymiany powietrza (PN-EN ISO 13789:2001).
 - Kubatura wentylowana strefy: $V_u = 0.00$ [m³]
 - Umowna krotność wymiany powietrza między przestrzenią nieogrzewaną a środowiskiem zewnętrznym: $n_{ue} = 0.00$ [1/h]
 - Powierzchnia strefy: $A = 133.30$ [m²]
 - Średnia moc jednostkowa wewnętrznych zysków ciepła: $Q_{int} = 0$ [W/m²]

At the bottom left, it says 'Copyright © 2009 BuildDesk Powered by Multimedia Communication'. At the bottom right, it says 'Pobrane dane są poprawne.'

Dla tak wprowadzonej strefy nieogrzewanej definiujemy jeszcze przegrody zewnętrzne, strumień powietrza wymieniany ze środowiskiem zewnętrznym i ewentualnie dodatkowe (poza słonecznymi, które oblicza program) zyski ciepła. Tak zdefiniowany lokal nieogrzewany przypisujemy odpowiedniej przegrodzie zewnętrznej (lub przegrodom zewnętrznym) strefy ogrzewanej.

Jako dowód przeprowadzonych obliczeń bilansu ciepła w strefach nieogrzewanych program BDEC drukuje miesięczne wartości temperatur dla tych strefach w tzw. Raporcie z obliczeń. Jeśli chodzi zaś o audyty energetyczne i remontowe budynków wykonywane przy pomocy programu BDEA to omawiane wartości temperatur wynikających z bilansu ciepła stref nieogrzewanych przedstawiane są w załącznikach dotyczących obliczeń szczegółowych oraz w punkcie audytu dotyczącym optymalizacji grubości izolacji jako dokumentacja obliczeń ilości stopniocdni.

Audyt energetyczny budynku

Strop nad piwnicą

Dobór optymalnej grubości materiału izolacyjnego dla grupy przegród.

Powierzchnia do obliczeń strat ciepła	152.00 [m ²]
Rzeczywista powierzchnia do docieplenia	152.00 [m ²]
Obliczeniowa temperatura wewnętrzna	20.00 [°C]
Obliczeniowa temperatura zewnętrzna	11.50 [°C]
Liczba stopniocdni	1526
Opis sposobu wykonania termomodernizacji przegrody	Docieplenie stropu pomiędzy strefą mieszkalną a piwnicą nieogrzewaną.
Materiał izolacyjny	włna mineralna
Współczynnik przewodzenia ciepła	0.040 [W/mK]
Wybrana grubość dodatkowej warstwy materiału izolacyjnego	0.12 [m]
Cena 1 m ³ materiału izolacyjnego	230.00 [zł/m ³]

Dokumentacja obliczeń liczby stopniocdni

	styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec
T _i	20	20	20	20	20	20
T _{e_m}	11.3	10.8	13.2	15.2	17.3	19.3
L _m	31	28	31	30	5	0
Sd _m	268.9	257.7	212.1	142.9	13.4	0
	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień
T _i	20	20	20	20	20	20
T _{e_m}	19	19	17.5	15.6	12.6	11.5
L _m	0	0	5	31	30	31
Sd _m	0	0	12.6	135.1	221.1	262.6



Audyt wygenerowany z programu
BuildDesk Energy Audit.

Strona 12

BuildDesk Polska Sp. z o.o.

ul. Kwiatowa 14

66-131 Cigacice

Polska

tel.: (+48) 68 385 00 22

fax: (+48) 68 385 00 22

info@builddesk.pl

www.builddesk.pl