

Jak zmieniono domy żeby były energooszczędne?

Wstęp

Dzięki współpracy Instytutu Budynków Pasywnych przy NAPE i W.M. Murator Projekt udało się stworzyć serię profesjonalnie opracowanych projektów domów energooszczędnych, których najważniejszym założeniem było połączenie atrakcyjnej architektury z dążeniem do ograniczenia kosztów ogrzewania. Osiągnięta redukcja kosztów wyniosła, około 60 % co było możliwe dzięki zastosowaniu kompleksowych rozwiązań w odniesieniu do konstrukcji budynku oraz wykorzystaniu nowoczesnych rozwiązań w zakresie instalacji wentylacyjnej, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Budownictwo energooszczędne

Wynikająca z uwarunkowań środowiskowo-ekonomicznych konieczność zmniejszenia zużycia energii przez sektor komunalno-bytowy spowodowała wzrost zainteresowania pasywnym standardem budowlanym. Liczba powstałych zgodnie z nim obiektów jest szacowana na około 5000 a pierwsze tego typu realizacje powstają również w Polsce. Niestety dotychczasowe, krajowe doświadczenia wykazały, że dodatkowe nakłady inwestycyjne, jakie trzeba ponieść na osiągnięcie przez budynek standardu pasywnego są znacznie wyższe niż w krajach Europy Zachodniej. Dlatego z ekonomicznego punktu widzenia bardziej opłacalna jest jeszcze budowa domu w standardzie pośrednim, pomiędzy zgodnym z obowiązującymi w Polsce normami a pasywnym, czyli energooszczędnym. Może się to jednak ulec zmianie w wyniku wzrostu cen nośników energii i zmniejszenia kosztów pasywnych komponentów budowlanych.

Przyjmuje się, że typowe budynki mieszkalne charakteryzują się zapotrzebowaniem na ciepło na potrzeby ogrzewania wynoszącym około 120 kWh/m²a. Jednakże obliczenia wykonane przez Instytut Budynków Pasywnych przy NAPE wykazały, że wartość ta jest przekraczana w przypadku większości domów jednorodzinnych i może dochodzić nawet do 160 kWh/m²a. Główną przyczyną, jest niekorzystny współczynnik kształtu A/V (powierzchni przegród zewnętrznych do kubatury budynku) i stosunkowo duża krotność wymian powietrza, prowadząca do wzrostu strat ciepła na wentylację.

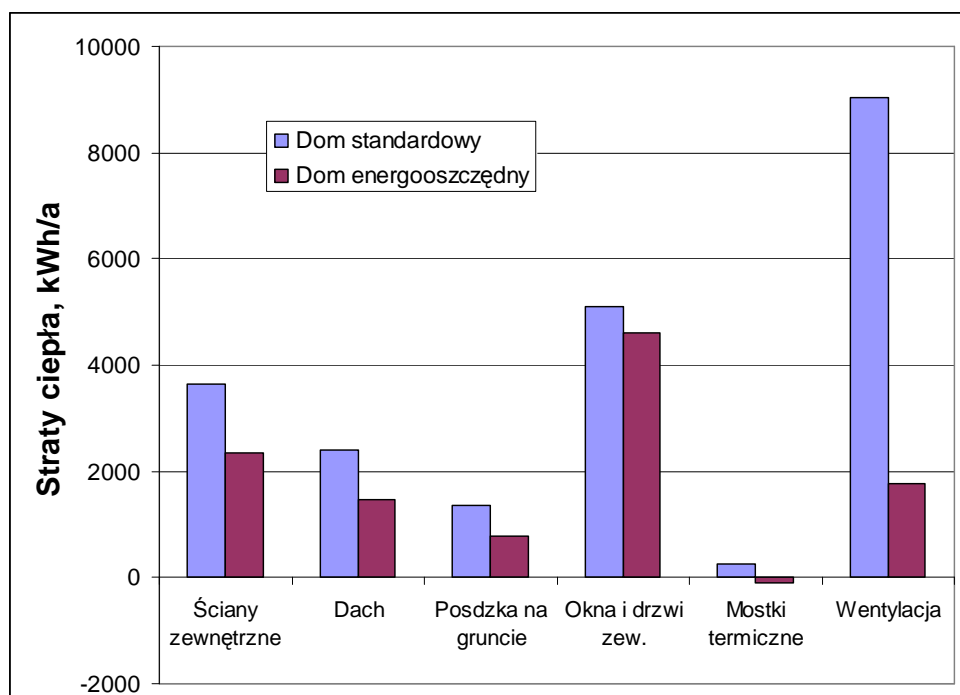
Za budynki energooszczędne przyjmuje się tymczasem obiekty, których sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania nie przekracza 70 kWh/m²a. Osiągnięcie niskiego wskaźnika zużycia energii wymaga zastosowania kompleksowych rozwiązań budowlanych i instalacyjnych. Do najważniejszych z nich należy zaliczyć:

- architekturę budynku sprzyjającą ochronie cieplnej: zwarta bryła, bez występow i wnęk, zwiększona powierzchnia okien na południowej elewacji w celu pozyskiwania ciepła od słońca, mała powierzchnia okien od strony północnej
- wysokie parametry izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych, a także przegród wewnętrznych oddzielających pomieszczenia o różnej temperaturze
- stosowanie rozwiązań konstrukcyjnych wolnych od mostków termicznych
- wysokie parametry izolacyjności termicznej okien i drzwi zewnętrznych
- zastąpienie wentylacji naturalnej przez mechaniczną wentylację nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła i podwyższenie szczelności budynku
- zastosowanie instalacji grzewczej o bardzo wysokiej sprawności, zaopatrzonej w urządzenia pomiarowe, regulację i automatykę pogodową
- świadome i przemyślane wykorzystanie odnawialnych źródeł energii do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej
- wysokosprawne i energooszczędne wyposażenie AGD oraz oświetlenie.

Usprawnienia modernizacyjne

Większość zaprezentowanych usprawnień została zastosowana w projektach domów energooszczędnych. Dokładny zakres rozwiązań konstrukcyjnych mających na celu zmniejszenie strat ciepła na wentylację i przez przenikania oraz ich wpływ na bilans energetyczny budynku określono na podstawie obliczeń wykonanych przy użyciu programów PHPP i Trnysys. Pod uwagę wzięto usprawnienia zmierzające do:

- zmniejszenia strat ciepła na wentylację, w domach wznoszonych zgodnie z obowiązującymi standardami mogą one odpowiadać za 30 - 40 % całkowitych strat ciepła, wprowadzenie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła, GWC i uszczelnienie konstrukcji budynku umożliwia ich redukcję o około 80 %,
- zmniejszenie strat ciepła przez okna i drzwi zewnętrzne stanowiących 20 – 25 % całkowitych strat ciepła, ich ograniczenie z uwagi na wysoka cenę energooszczędnej stolarki okiennej jest mało opłacalne ekonomicznie i zostało wykonane w niewielkim stopniu,
- ograniczenia strat ciepła przez ściany zewnętrzne stanowiących 15 – 20 % całkowitych strat ciepła, uzyskano dzięki zwiększeniu grubości warstwy izolacyjnej co pozwoliło na ich zmniejszenie o około 35 %
- ograniczenia strat ciepła przez dach stanowiących 10 – 15 % całkowitych strat ciepła, uzyskano dzięki zwiększeniu grubości warstwy izolacyjnej co pozwoliło na ich zmniejszenie o około 40 %
- ograniczenia strat ciepła przez posadzkę na gruncie stanowiących 5 – 10 % całkowitych strat ciepła, uzyskano dzięki zwiększeniu grubości warstwy izolacyjnej co pozwoliło na ich zmniejszenie o około 40 %
- ograniczenia strat ciepła przez mostki termiczne stanowiących do 5 % całkowitych strat ciepła, uzyskano dzięki zastosowaniu rozwiązań konstrukcyjnych wolnych od mostków termicznych co pozwoliło na ich zmniejszenie o ponad 50 %



Rys. 1 Porównanie strat ciepła w domu standardowym i energooszczędnym

Wprowadzenie wszystkich wymienionych usprawnień pozwoliło na zmniejszenie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków o około 60 %. Miało to również wpływ na redukcję zapotrzebowania na obliczeniową moc grzewczą. Wyniosła ona, około 50 % dlatego wraz z wykonaniem usprawnień w dotyczących konstrukcji budynku przeprowadzono prace projektowe nad dostosowaniem systemu grzewczego do nowej charakterystyki energetycznej budynku. Prace dostosowawcze objęły również instalację przygotowania ciepłej wody użytkowej. Znaczne ograniczenie zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku sprawia, że w bilansie energetycznym dużo większą rolę zaczyna odgrywać zapotrzebowanie na ciepło do podgrzewu c.w.u.. Dlatego podjęto również działania zmierzające do zminimalizowania strat ciepła w instalacji ciepłej wody a nie pogarszające jednocześnie komfortu jej użytkowania.

System wentylacji

Standardu energooszczędnego nie da się osiągnąć bez zastosowania mechanicznej wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła. Pozwala ona na znaczne ograniczenie strat ciepła na wentylację i w przeciwieństwie do wentylacji naturalnej jest niezależna do panujących warunków atmosferycznych. Zapewnia tym samym stałe doprowadzanie do budynku świeżego powietrza zewnętrznego i usunięcie zużytego powietrza wewnętrznego. Ma to decydujący wpływ na komfort użytkowania domu, ponieważ stałą wymiana powietrza nie prowadzi do nadmiernego wzrostu stężeń zanieczyszczeń gazowych takich jak dwutlenku węgla, pary wodnej zanieczyszczeń mikrobiologicznych np. zarodników grzybów pleśniowych oraz zanieczyszczeń pyłowych np. kurzu. Wysoka koncentracja powyższych zanieczyszczeń jest często obserwowana w budynkach wyposażonych w wentylację grawitacyjną i może prowadzić do powstawania różnego rodzaju chorób.

Centrala wentylacyjna z odzyskiem ciepła

Głównym elementem instalacji wentylacyjnej budynku energooszczędnego jest nawiewno-wywiewna centrala wentylacyjna z odzyskiem ciepła. Dostępne na rynku centrale pozwalają na odzyskanie od 65 % do 95 % ciepła z usuwanego powietrza. Zapewniają jednocześnie szczelne oddzielenie strumienia powietrza usuwanego od nawiewanego, zużywają niewiele energii elektrycznej i charakteryzują się cichą pracą. Centrale stosowane w budynkach energooszczędnych powinny charakteryzować się sprawnością odzysku ciepła, $\eta \geq 70$ %. Pozostałe parametry techniczne takie jak, wymagany spręż dyspozycyjny oraz wydatek określa się na podstawie punktu pracy instalacji. Wymagany strumień powietrza wentylacyjnego wyznacza się na podstawie normy PN-B-03430:1983 „Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – Wymagania”. Całkowitą stratę ciśnienia oblicza się na podstawie projektu instalacji wentylacyjnej z uwzględnieniem strat w gruntowym wymienniku ciepła. Ze względu na ewentualne nieszczelności układu oraz niedokładność oszacowania strat ciśnienia, zaleca się podwyższenie obu wielkości przeciętnie o od 5 do 10 %. Uzyskany punkt pracy przenosi się na wykres charakterystyk pracy wymiennika, co pozwala na wyznaczenie wymaganej prędkości obrotowej wentylatorów, i poboru mocy elektrycznej.

Oprócz zapewnienia odpowiedniego strumienia powietrza wentylacyjnego i sprężu centrala wentylacyjna powinna posiadać możliwość okresowego zmniejszenia i zwiększania wydatku oraz bajpas umożliwiający obejście wymiennika ciepła w okresie lata.. Zalecany zakres

regulacji to 60/100/150 % projektowanego strumienia powietrza wentylacyjnego. Zgodnie zaleceniami normy PN-B-03430:1983 wentylacja mechaniczna powinna działać w sposób ciągły przez całą dobę. Przez maksymalnie 8 h na dobę minimalne strumienie powietrza wywiewanego mogą być zredukowane do 60 %. Wpływa to korzystnie na zmniejszenie strat ciepła na wentylację i nie prowadzi do nadmiernego spadku wilgotności w pomieszczeniach.

Gruntowy wymiennik ciepła

Jednym z elementów instalacji wentylacyjnej budynku energooszczędnego jest gruntowy wymiennik ciepła. Wykorzystuje on zakumulowane w gruncie ciepło, do podgrzania w zimie powietrza zewnętrznego do temperatury około 0 °C. Latem przepływające przez gruntowy wymiennik ciepła powietrze jest chłodzone o 10 do 15 K, co daje efekt zbliżony do instalacji klimatyzacyjnej. W najprostszym wykonaniu rolę wymiennika pełni rura z tworzywa sztucznego o średnicy 150 ÷ 200 mm, długości 30 ÷ 50 m ułożona na głębokości 1,5 ÷ 2 m pod powierzchnią gruntu.

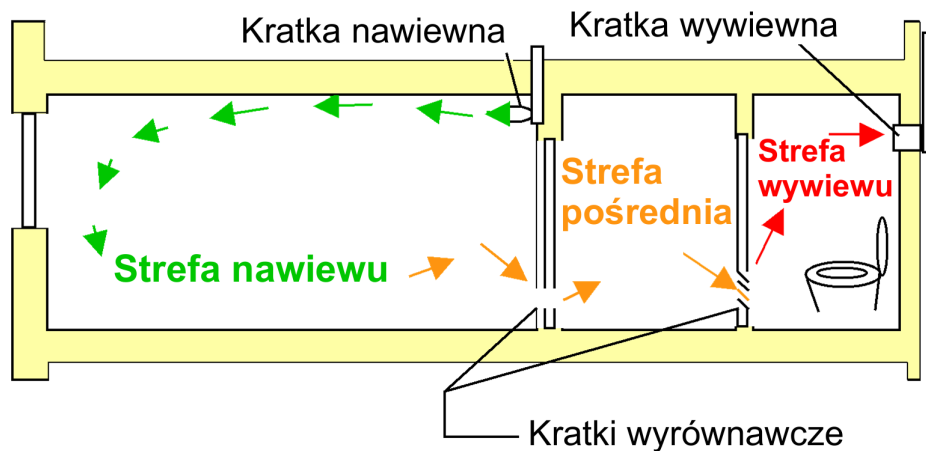
Zastosowanie GWC nie tylko zmniejsza zapotrzebowanie na ciepło, ale jest również bardzo istotne dla prawidłowego działania instalacji wentylacyjnej. Głównym elementem systemu wentylacji jest centrala nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła. Efektywność jej pracy zależy w znacznym stopniu od temperatury powietrza zewnętrznego. Jeżeli spadnie ona poniżej – 3 °C może dojść do zamarzania skroplin na powierzchni wymiennika ciepła a w konsekwencji do jego zniszczenia. Aby temu zapobiec centrale wentylacyjne wyposaża się w układy antyoblodzeniowe. Do najczęściej wykorzystywanych rozwiązań należy zaliczyć nagrzewnice wstępne i cykliczne wyłącznie wentylatora nawiewu. Oba systemy są niekorzystne z punktu widzenia efektywności pracy instalacji wentylacyjnej. Pierwszy z nich wpływa na zwiększenie zużycia energii, najczęściej elektrycznej, co znaczenie podnosi koszty eksploatacji centrali wentylacyjnej. Drugi natomiast powoduje, że przez pewien czas, z uwagi na działanie tylko wentylatora wywiewu, w domu panuje podciśnienie. Zgodnie z zleceniami normy PN-B-03430:1983 jest to niedopuszczalne w budynkach posiadających paleniska z otwartą komorą spalania takie jak kotły grzewcze, piece lub kominki. Wystąpienie podciśnienia może doprowadzić bowiem do zasiania produktów spalania do wnętrza budynku.

Rozwiązaniem, które nie posiada wyżej wymienionych wad i zabezpiecza centralę wentylacyjną przed szronieniem są gruntowe wymienniki ciepła. Oprócz zmniejszenia strat ciepła na wentylację w czasie zimy mogą być one wykorzystywane do schładzania powietrza wentylacyjnego w czasie lata. Uzyskuje się dzięki temu efekt zbliżony do systemu klimatyzacji.

Rozdział powietrza w domu energooszczędnym

Wentylacja nawiewno-wywiewna budynku energooszczędnego ma charakter ukierunkowany. Świeże powietrze zostaje doprowadzone bezpośrednio do sypialni, pokoi dziennych, pokoi gościnnych itp.. W pomieszczeniach tych powinna znajdować się każdorazowo, co najmniej jedna kratka nawiewna. Zanieczyszczone powietrze usuwane jest z kuchni i łazienek, gdzie umieszczone są kratki wywiewne. Pozwala to na zapewnienie w budynku ukierunkowanego przepływu powietrza. Świeże powietrze dociera najpierw do głównych pomieszczeń mieszkalnych. Przepływa następnie poprzez strefę pośrednią do pomieszczeń wilgotnych, w których panuje relatywnie wysoka krotność wymian, co umożliwia np. szybkie wysychanie mokrych ręczników. Dzięki zasadzie ukierunkowanego przepływu świeże powietrze zostaje wykorzystane w optymalny sposób. Nie będzie jednak możliwy, jeśli szczelnie oddzielimy od

siebie poszczególne pomieszczenia w budynku. Dlatego pod wszystkimi drzwiami muszą znajdować się szczeliny o wysokości 2 cm natomiast w drzwiach do łazienek i WC kratki wyrównawcze o powierzchni 200 cm².



Rys.2 Schemat ukierunkowanego przepływu powietrza w budynku.

Rozwiązania szczegółowe systemu wentylacji

Zastosowanie w budynku mechanicznej wentylacji nawiewno-wywiewnej wymusiło szczegółowe rozwiązanie wentylacji newralgicznych pomieszczeniach takich jak: kotłownia, pokój dzienny z kominkiem i kuchnia. Wszystkie te miejsca ze względu na swą specyfikę mają inne wymagania niż pozostała część budynku. Kotłownia to pomieszczenie, które w przypadku montażu kotła z otwartą komorą spalania musi być wyposażone w przewód spalinowy, przewodu naturalnej wentylacji wywiewnej i przewód doprowadzający powietrze do procesu spalania. Wielkość i umiejscowienie poszczególnych przewodów zależą od mocy kotła i rodzaju spalanego paliwa. W domu energooszczędnym z uwagi na wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepło powinno się dążyć do ograniczenia niekontrolowanej infiltracji powietrza zewnętrznego, poprzez minimalizację ilości otworów w obudowie budynku. Dlatego zamiast kotłów z otwartą komorą spalania zaleca się stosowanie kotłów z zamkniętą komorą spalania - turbo lub kondensacyjnych. Wyposażone są one w system rura w rurze, który pozwala na pobieranie powietrza do procesu spalania bezpośrednio z zewnątrz a nie z pomieszczenia. Dzięki czemu nie ma potrzeby wykonywania kanału nawiewanego a proces spalania odbywa się w sposób niezależny. Zmniejsza się tym samym strumień powietrza zewnętrznego doprowadzanego do budynku z pominięciem systemu mechanicznej wentylacji, redukują straty ciepła na wentylację i straty ciepła powodowane wychłodzeniem kotła oraz zasobnika c.w.u.. Wykorzystanie kotła z zamkniętą komorą spalania nie zwalnia jednak z obowiązku wykonania w kotłowni naturalnej wentylacji wywiewnej i zastosowania nieszczelnej stolarki okiennej. Z uwagi na podłączenie gazu pomieszczenie to musi posiadać niezależny, naturalny system wentylacji. Aby jednak nie doszło do zakłóceń pomiędzy wentylacją mechaniczną a naturalną drzwi pomiędzy kotłownią a wnętrzem budynku powinny być szczelne.

Oddzielnego potraktowania wymagała również kwestia motaczu i bezpiecznej eksportacji kominka w domu energooszczędnym. W domach tradycyjnych kominki pobierają powietrze do procesu spalania z pomieszczenia. Dlatego w czasie ich użytkowania dochodzi do zwiększenia strumienia powietrza zewnętrznego napływającego do budynku. W przypadku wadliwie działającej wentylacji naturalnej może dojść nawet do odwrócenia ciągu w

przewodach wywiewnych, co jest zjawiskiem bardzo niebezpiecznym. Zwiększenie strumienia powietrza wentylacyjnego prowadzi również do powstania dodatkowych starta ciepła. Aby ich uniknąć a jednocześnie nie dopuścić do zakłócenia pracy systemu wentylacji zdecydowano się na zastosowanie w domu energooszczędnym kominka z zamkniętą komorą spalania. Kominków takich nie należy jednak mylić z typowymi kominkami wyposażonymi w szybę żaroodporną. Kominki z zamkniętą komorą spalania posiadają niezależne doprowadzenie powietrza do paleniska, które odbywa się najczęściej za pośrednictwem przewodu zlokalizowanego pod budynkiem. Dzięki czemu nie ma dochodzi do zakłócenia pracy wentylacji mechanicznej oraz zwiększenia niekontrolowanej infiltracji powietrza zewnętrznego. Bezpieczna praca kominka jest zagwarantowana również w przypadku wyłączenia wentylacji mechanicznej, np. na skutek przerwy w dostawach energii elektrycznej. Kominek staje się wtedy głównym źródłem ciepła w domu (pompy obiegowe c.o. są również zasilane energią elektryczną) a rolę wentylacji mechanicznej musi przejąć wentylacja naturalna. Dlatego przy kominku przewidziano grawitacyjny kanał wywiewny, zakończony zamykaną kratką wentylacyjną. W normalnym trybie użytkowania budynku powinna pozostawać ona zamknięta. Jednak w przypadku przerwania pracy wentylacji mechanicznej, po otwarciu, umożliwia bezpieczne korzystanie z kominka.

Kolejnym pomieszczeniem, które ze względu na swoją funkcję wymaga oddzielnego potraktowania jest kuchnia. W wyniku przygotowywania posiłków powstają w niej znaczne ilości zanieczyszczeń, które po pierwsze nie powinny przedostawać się do pozostałej części budynku a pod drugie prowadzić do zanieczyszczenia kanałów wentylacyjnych. Dlatego w kuchni przewidziano dodatkowy system filtracji powietrza. Składa się ona okapu znajdującego się nad miejscem gotowania posiłków i filtru przed kratką wywiewną. Okap nie jest podłączony do systemu wentylacji mechanicznej ani wentylacji naturalnej. Jego zadaniem jest pochłanianie powstających zanieczyszczeń i zapachów. Oczyszczone wstępnie powietrze podawane jest do pomieszczenia skąd jest wywiewane przez kratkę wentylacji mechanicznej. Kratka tak powinna być dodatkowo zabezpieczona filtrem przeciwtłuszczowym zamontowanym w lub przed kratką.

Okna

Okna i drzwi zewnętrzne są elementem domów jednorodzinnych, przez które traci się zwykle od 20 do 25 % dostarczanej do budynku energii cieplnej. Jest wiele sposobów graniczenia tych start a najważniejsze z nich to:

- zastosowanie stolarki okiennej i drzwiowej o podwyższonych parametrach termicznych
- zmniejszenie wielkości okien i ich odpowiednia orientacja
- zastosowanie okiennic i żaluzji.

W domach energooszczędnych zdecydowano się na zastosowanie pierwszego rozwiązania. Dwa kolejne wiążą się, bowiem ze znaczną ingerencją w architekturę budynku, czego starano się uniknąć. Na rynku są dostępne różne typy energooszczędnych okien: drewniane, tworzywowe i aluminiowe, szklone podwójnie lub potrójnie z zastosowaniem specjalnego szkła itd. W oknach tych stosowane są zestawy szklane złożone z 2-ch lub 3-ch fabrycznie ze sobą sklejonych szyb, przy czym kilkumilimetrowa przestrzeń między szybami jest wypełniona suchym powietrzem lub specjalnym gazem.

Wymiana okien na energooszczędne jest niestety kosztowna. Dlatego w domach energooszczędnych zdecydowano się na zastosowanie okien o podwyższonych właściwościach izolacyjności termicznej, ale nie tak dobrych jak w domach pasywnych.

Powszechnie dostępne na rynku okna charakteryzują się współczynnikiem przenikania ciepła U o wartości około $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Wartość współczynnika należy wyznaczać zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 10077 „Ciepłne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła”. Bierze ona pod uwagę różne właściwości izolacyjne ram okiennych i szklenia oraz uwzględnia stratę ciepła przez mostek termiczny na połączeniu rama-szklenie. Typowe okna wykonane są z ram o współczynniku U $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ są szklone szybami, których współczynniku U wynosi $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. W domu energooszczędnym zdecydowano się na zastosowanie ram okiennych o współczynniku $U \leq 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ i szklenia o współczynniku $U \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Niestety ze względu na swoją konstrukcję i sposób montażu warunków dotyczący ram nie może być spełniony przez okna dachowe. W wyniku, czego posiadają one gorsze parametry izolacyjne niż pozostałe okna. Konieczność polepszenia izolacyjności termicznej dotyczy również drzwi zewnętrznych i garażowych. Powinny się one charakteryzować współczynnikiem przenikania ciepła U o wartości $\leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Usprawnienia w zakresie stolarki okiennej i drzwiowej pozwoliły na ograniczenie powodowanych przez nie strat ciepła o około 10 %.

Izolacja ścian zewnętrznych

Ograniczenie strat ciepła przez ściany zewnętrzne polegało na zwiększeniu grubości warstwy izolacji i zastosowaniu materiału o wysokich właściwościach izolacyjnych. Docieplenie oprócz zmniejszenia strat ciepła powoduje także podwyższenie temperatury na wewnętrznej powierzchni ściany, co pozytywnie wpływa na komfort użytkowania oraz eliminuje możliwość skraplania się pary wodnej i powstawanie pleśni.

Stopień izolowania cieplnego ścian charakteryzuje współczynnik przenikania ciepła U . Czym współczynnik mniejszy, tym mniejsza „ucieczka” ciepła przez ścianę. Ściany budynku wznoszonych obecnie powinny charakteryzować się zgodnie z „Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” [1] wartością współczynnika U równą $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. W domach energooszczędnych współczynnik ten wynosi $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ czyli jest dwukrotnie mniejszy.

Tak dobre właściwości cieplne ścian zewnętrznych uzyskano dzięki zastosowaniu warstwy izolacji termicznej o grubości 20 cm wykonanej z materiału o wysokich właściwościach izolacyjnych. Charakteryzować się on powinien współczynnikiem przewodzenia ciepła λ powinien wynosić co najmniej $0,036 \text{ W/mK}$. Materiały o takich parametrach izolacyjnych są oferowane zarówno przez producentów styropianu jak i wełny mineralnej.

Grubość warstwy izolacji termicznej dobrano na podstawie doświadczeń, jakie mają w tym zakresie kraje zachodnie, dostępnych analiz ekonomicznych [2] oraz obliczeń komputerowych. W krajach skandynawskich, w których standard energooszczędny jest powszechnie obowiązującym standardem budowlanym typowa grubość izolacji cieplnej wynosi 20 – 22 cm. Także w Niemczech obiekty wznoszone jako energooszczędne cechują się właśnie taką grubością izolacji. Zasadność jej stosowania w polskich warunkach klimatycznych potwierdzają również analizy ekonomiczne. W zależności od wykorzystywanego paliwa ekonomicznie uzasadniona grubość izolacji waha się dla ścian zewnętrznych od 13 cm dla gazu do 31 cm dla energii elektrycznej. Przyjęcie grubości 20 cm jest, więc w pełni uzasadnione i pozwala jak wykazały obliczenia na znaczne ograniczenie strat ciepła przez ściany zewnętrzne. Grubość ta powinna być zachowana na wszystkich ścianach zewnętrznych budynku również tych stykających się z dostawionym, nieogrzewanym garażem.

Sytuacja wygląda inaczej w przypadku, gdy garaż jest ogrzewany i stanowi integralną część bryły domu. Na podstawie Rozporządzenia [1] założono w nim minimalną dopuszczalną

temperaturę wewnętrzną wynoszącą 5 °C. Rozwiązanie takie pozwoliło na zmniejszenie całkowitego zapotrzebowania na ciepło budynku. Jak wykazały obliczenia wykonane za pomocą programu Trynsys zasadne jest również odizolowanie garażu od pozostałej części budynku, w której panuje wyższa temperatura wewnętrzna. W domach energooszczędnych ściany wewnętrzne i stropy stykające się z ogrzewanym garażem zaizolowano, dlatego warstwą 10 cm materiału izolacyjnego.

Izolacja dachu

Docieplenie dachu w domu energooszczędnym wykonano w systemie dwuwarstwowym. Pierwsza warstwa izolacji znajduje się pomiędzy krokwiami natomiast druga pod nimi. Rozwiązanie takie zmniejsza ryzyko powstania mostków termicznych, dzięki czemu polepszają się właściwości izolacyjne dachu. Druga warstwa materiału izolacyjnego powinna mieć grubość około 10 cm i być ułożona w sposób ciągły. Montaż dodatkowej warstwy izolacji należy wykonać w taki sposób, aby połączenia płyt poszczególnych warstw nie pokrywały się ze sobą.

W domach energooszczędnych całkowita grubość izolacji dachu wynosi 30 cm. Tak jak w przypadku ścian zewnętrznych dobrano ją na podstawie doświadczeń, jakie mają w tym zakresie kraje zachodnie, dostępnych analiz ekonomicznych oraz obliczeń komputerowych. Zgodnie z nimi grubość warstwy izolacyjnej dachów i stropodachów powinna być większa od grubości stosowanej w ścianach zewnętrznych. Różnica ta wynika z mniejszych kosztów wykonania izolacji oraz zwiększonej ucieczki ciepła przez tego typu przegrody.

Zastosowanie dodatkowej warstwy izolacji i polepszenie parametrów termicznych materiału izolacyjnego ($\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$), pozwoliło na uzyskanie przez dach współczynnika przenikania ciepła U wynoszącego $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ilość traconego przez dach ciepła zmniejszyła się w konsekwencji o 40 %.

Izolacja posadzki na gruncie

Grubość warstwy izolacji zwiększono również w posadzce na gruncie. Wzrost ten był stosunkowo największy w porównaniu z innymi przegrodami. Grubość izolacji zwiększono z 8 do 20 cm i zastosowano jednocześnie materiał izolacyjny charakteryzujący się współczynnikiem przewodzenia ciepła λ wynoszącym $0,038 \text{ W/mK}$. Pozwoliło to na uzyskanie współczynnika U wynoszącego $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ i zmniejszenie strat ciepła do gruntu o około 45 %.

Przyjęta grubość izolacji znajduje się jednak w górnej granicy opłacalności. Ma jednak swoje uzasadnienie energetyczne i praktyczne. W większości obecnie wznoszonych budynków instalacja rozprowadzająca systemu grzewczego i ciepłej wody użytkowej jest układana właśnie w warstwie izolacji posadzki. Niewielka grubość izolacji sprawia, że przewody zamiast znajdować się w izolacji są układane bezpośrednio na podkładzie betonowym. Jeśli dodatkowo nie posiadają wymaganej izolacji to efektem są znaczne starty ciepła. W systemie ciepłej wody użytkowej mogą dochodzić one nawet do 50 %. Zastosowanie 20 cm warstwy izolacji w posadzce domu energooszczędnego oprócz zmniejszania strat ciepła do gruntu ogranicza również przesyłowe starty ciepła, jakie mogą wystąpić w instalacji c.o. i c.w.u..

Mostki termiczne

Mostki termiczne to miejsca, w których mamy do czynienia z wielowymiarową wymianą ciepła większą zazwyczaj od wymiany przez regularną część przegrody. Wyróżnia się dwa rodzaje mostków. Pierwsze z nich geometryczne, występujące wszędzie tam gdzie

powierzchnia przegrody od strony zewnętrznej jest różna od powierzchni przegrody od strony wewnętrznej. Mostki geometryczne to np. naroża budynku, których nie uniknie się nawet w domu pasywnym. Drugim rodzajem mostków ciepła są mostki konstrukcyjne powstające w miejscach pocienienia lub przerwania warstwy izolacji oraz niejednorodności konstrukcji przegrody. Ten typ mostków musi być bezwzględnie eliminowany z budynków energooszczędnych.

Problem mostków termicznych został rozwiązany w domach energooszczędnych już na etapie projektowym. Ograniczenie ilości mostków do minimum w konstrukcji budynku osiągnięto poprzez zachowanie ciągłości warstwy izolacyjnej w przegrodach zewnętrznych i na ich połączeniach. W domach energooszczędnych udało się to zrealizować w niemal wszystkich przypadkach. Jedynym miejscem gdzie nie dało się zapewnić ciągłości warstwy izolacji są ściany fundamentowe. Negatywne skutki mostków termicznych zniwelowano nieznacznie poprzez pogrubienie izolacji ścian fundamentowych. Zapobiega to przedostawaniu się zimna pod posadzkę budynku, dzięki czemu temperatura gruntu pod budynkiem i strefie zewnętrznej ma wyższą wartość

Instalacja centralnego ogrzewania

Ograniczenie strat ciepła przez przenikanie i na wentylację spowodowało zmniejszenie o około 50 % obliczeniowego zapotrzebowania na moc grzewczą budynku. Do ogrzania domu energooszczędnego o powierzchni użytkowej 140 m² wystarczy kocioł o mocy około 6 kW. Moc ta jest porównywalna lub mniejsza od zapotrzebowania na moc do przygotowania c.w.u.. Dobór kotła musi, zatem dobrać się dla mocy większej z nich. Wykorzystywane w domach energooszczędnych kotły powinny mieć zamkniętą komorę spalania i wysoką sprawność – kotły turbo lub kondensacyjne. Kotły kondensacyjne wymagają dodatkowo wykonania niskotemperaturowej instalacji grzewczej.

Mniejsze zapotrzebowanie na moc grzewczą wymusiło konieczność przeprojektowania systemu grzewczego. Wymaga ilość ciepła może być dostarczona do pomieszczeń za pomocą grzejników o dużo mniejszej powierzchni. Aby zagwarantować sprawną i efektywną pracę systemu należy maksymalnie ograniczyć ilość ciepła doprowadzanego do pomieszczeń poza kontrolą automatyki sterującej. Można to osiągnąć poprzez zaizolowanie instalacji rozprowadzającej zgodnie z zaleceniami normowymi.

Z uwagi na małe obliczeniowe zapotrzebowanie na moc grzewczą domów energooszczędnych należy stosować w nich kominki o niewielkiej mocy (około 10 kW) dostosowanej do potrzeb charakterystyki energetycznej budynku. Zamontowanie kominka o zbyt dużej mocy może prowadzić do przegrzewania pomieszczeń i zwieszenia strat ciepła.

Instalacja c.w.u.

Znaczące ograniczenie zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku energooszczędnego spowodowało, że coraz większe znaczenie w bilansie energetycznym domu zaczyna odgrywać zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u.. Dlatego w domach energooszczędnych należy dążyć do maksymalnego ograniczenia strat ciepła w instalacji c.w.u., zmniejszenia zużycia ciepłej wody i o ile jest to opłacalne ekonomicznie wykorzystania do jej przygotowania odnawialnych źródeł energii. Instalacja c.w.u. w domu energooszczędnym musi być starannie zaizolowana a grubość zastosowanej izolacji może przekraczać zlecenia normatywne. Przewody rozprowadzające i obiegu cyrkulacyjnego powinny mieć możliwie najmniejsze średnice. Ograniczenie strat ciepła można osiągnąć również poprzez wprowadzenie automatycznej regulacji temperatury wody oraz pracy pomp

obiegowych i cyrkulacyjnych. Zmniejszenie zużycia c.w.u. może nastąpić w wyniku wprowadzenie specjalnej armatury umożliwiającej jej efektywne wykorzystanie np. nowych konstrukcji baterii czepalnych, perlatorów zamiast zwykłych sitek prysznicowych, urządzeń zamykających przepływ wody w niezakręconych kranach itp.

Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii

W domach energooszczędnych za celowe należy uznać wykorzystanie energii z tzw. źródeł odnawialnych. Są to następujące możliwości:

- Energia cieplna ze spalania biomasy, czyli drewna, odpadów drewna (np. trociny) oraz słomy. Stosuje się do tego celu specjalne kotły lub tak jak w domu energooszczędnym kominki. Koszt ogrzewania przy pomocy tego rodzaju paliw są niższe niż przy zastosowaniu paliw konwencjonalnych. Powodują jednocześnie zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych.
- Energia cieplna od promieniowania słonecznego wykorzystywana za pośrednictwem kolektorów słonecznych umieszczonych na dachu lub ścianie budynku. Ciepło to może być wykorzystane do podgrzewania ciepłej wody użytkowej a także do ogrzewania pomieszczeń. W warunkach polskich, ze względu na ograniczone możliwości wykorzystania energii słonecznej w miesiącach zimowych, stosuje się systemy wykorzystujące ciepło kolektora słonecznego skojarzone z innym źródłem ciepła, dlatego zakup kolektorów powinien być poprzedzony analizą ekonomiczną. W przypadku wykorzystywania do przygotowania c.w.u. taniego źródła energii np. gazu ich montaż jest nieopłacalny. Dlatego też nie przewidziano ich montażu w domu energooszczędnym.
- Energia cieplna zgromadzona w gruncie może być pozyskiwana za pomocą pomp ciepła lub GWC. Pompy ciepła pobierają ciepło z gruntu i podnoszą je na wyższy poziom energetyczny. Uzyskane ciepło ma niską cenę jednostkową, ale związane to jest z poniesieniem wysokich kosztów zainstalowania pompy i całego systemu. W domu energooszczędnym zdecydowano się na zastosowanie tańszego sposobu pozyskanie ciepła z gruntu. Wykorzystano do tego gruntowy wymiennik ciepła, który służy do wstępnego podgrzania powietrza wentylacyjnego zimie i pozawala na jego schłodzenie w okresie lata.

[1] dr inż. E. Rudczyk-Malijewska, prof. dr hab. inż. J.A. Pogorzelski, „Dobór ekonomicznej grubości izolacji cieplnej w przegrodach zewnętrznych”, Materiały Budowlane 1/2007 r.