

Marcin ZASTEMPOWSKI

e-mail: zastemp@utp.edu.pl

Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Nowoczesny system wentylacji domu jednorodzinnego w aspekcie jego efektywności energetycznej

Wstęp

W okresie rosnących cen energii większość gospodarstw domowych zmuszona jest do poszukiwania oszczędności. Umożliwiają to coraz doskonalsze i sprawniejsze urządzenia grzewcze oraz materiały izolacyjne o bardzo małych współczynnikach przenikania ciepła. Często stosuje się zasadę szczelnie zamkniętych okien i drzwi, co chroni pomieszczenia przed zimnem czy ciepłem. Stan ten jednak równocześnie zmniejsza ruch powietrza, niezbędny dla właściwego działania tradycyjnej wentylacji. Właściwy model działania wentylacji grawitacyjnej zakłada jednoczesny napływ i odpływ świeżego i zużytego powietrza. Brak dobranej ilości wymiany powietrza w pomieszczeniach powoduje ich zawilgocenie, co stwarza środowisko przyjazne do rozwoju grzybów na wewnętrznych przegrodach budowlanych. Badania prowadzone w Europie Zachodniej i USA wykazały istotny związek między złą jakością powietrza, a licznymi chorobami [Sabah, 2011, Jankowski, 2010].

Problem ten zwany syndromem niezdrowych domów (*sick building syndrome*) pojawił się i gwałtownie narastał w latach kryzysu energetycznego, kilka lat po wprowadzeniu idei energooszczędnych domów. Jednocześnie w tym okresie zaczęto poszukiwanie rozwiązań poprawiających jakość powietrza wewnątrz pomieszczeń. W pierwszej kolejności zastosowano nawiewniki w oknach plastikowych oraz wspomaganie mechaniczne wentylacji, co jednak powodowało straty ciepła na poziomie 50%. Dalsze poszukiwania właściwych rozwiązań doprowadziły do powstania systemu rekuperacji ciepła.

Zjawisko rekuperacji znane jest od wielu lat, jednak dopiero niedawno znalazło powszechne zastosowanie w budownictwie. W myśl oszczędności powstało hasło budynku pasywnego, z którego wywodzi się właśnie rekuperacja. Z podstaw teorii domu pasywnego wynika, iż budynek można nazwać pasywnym tylko wtedy, gdy jego całoroczny bilans cieplny równa się zeru. Można to osiągnąć przez zastosowanie dobrej izolacji przegród, aby budynek nie wymagał ani ogrzewania ani dodatkowego chłodzenia. Ciepło powinno pochodzić jedynie z urządzeń zainstalowanych w budynku, z nasłonecznienia, a ewentualne braki ciepła lub chłodu mogą być uzupełniane przez centralę wentylacyjną wspomaganą z procesorem z odnawialnych źródeł energii. Budynek taki powinien zatem być szczelny. W związku z tym wentylacja wymaga mechanicznego wsparcia, a problem związany z ubytkiem ciepła na drodze wentylacji powinien być zminimalizowany przez zamontowanie wymiennika ciepła powietrza wentylowanego.

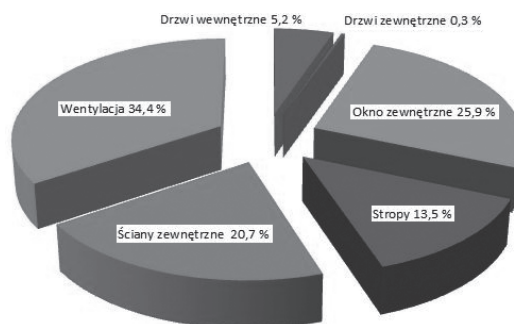
Idea domów energooszczędnych coraz bardziej obecna jest w świadomości osób decydujących się na budowę domu. Związane to jest z obowiązkowym dla obiektu legitymowaniem się świadectwem charakterystyki energetycznej. Spowodowało to zastosowanie wielu idei cząstkowych domu pasywnego w standardowym budownictwie.

Celem pracy jest przedstawienie na wybranym przykładzie domu jednorodzinnym wpływu zwiększania grubości warstwy izolacji ściany zewnętrznej, zwiększania grubości izolacji stropu oraz zainstalowania rekuperacji z odzyskiem ciepła z gruntowym wymiennikiem ciepła na zapotrzebowanie na energię pierwotną (EP) budynku.

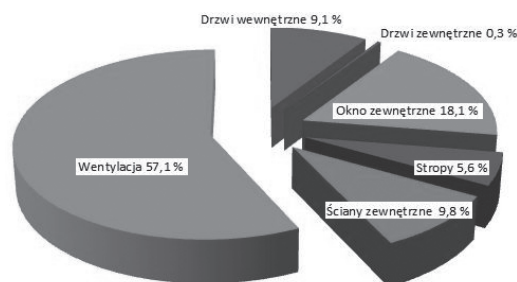
Opłacalność rekuperacji

Na rys. 1 przedstawiono wykres obrazujący straty ciepła w domku jednorodzinnym dla wariantu przed termomodernizacją. Prezentowane wyniki opracowano w ramach obliczeń własnych realizowanych na potrzeby audytu energetycznego.

Wykres na rys. 2 pokazuje straty ciepła w domku jednorodzinnym po termomodernizacji dla wariantu polegającego na ociepleniu przegród budowlanych i wymianie okien.



Rys. 1. Straty energii cieplnej w typowym domu jednorodzinnym

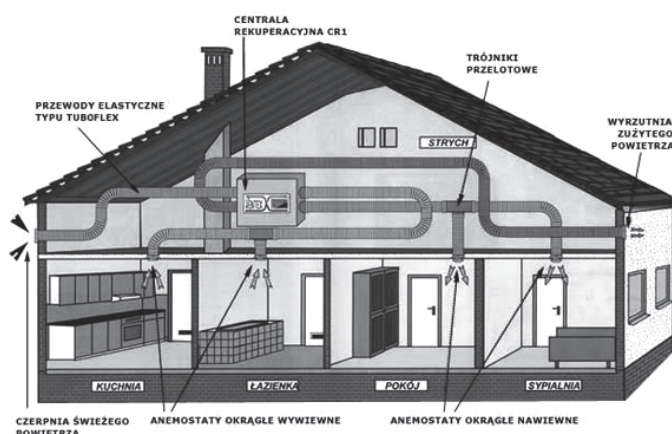


Rys. 2. Straty energii cieplnej w domu jednorodzinnym po termomodernizacji

Powyższe wykresy obrazują jednoznacznie zmianę udziału poszczególnych strat w całkowitym bilansie. W niniejszej pracy zwrócono szczególną uwagę na straty związane z wentylacją budynku. Przed wykonaniem termomodernizacji straty te wynosiły 34,4% strat całkowitych, natomiast po wykonaniu termomodernizacji udział tych strat wzrósł do 57,1% strat całkowitych.

Celowym wydaje się przeprowadzenie prac mających na celu ograniczenia strat ciepła związanych z wentylacją, gdyż sprawne funkcjonowanie systemu odzysku ciepła z wentylacji może generować znaczne oszczędności. Na rys. 3 przedstawiono schemat rozmieszczenia głównych elementów systemu wentylacji z odzyskiem ciepła.

Nowoczesne systemy wentylacji to centrale wentylacyjne z rekuperatorem. Wyboru można dokonywać wśród wielu typów urządzeń o różnych wydajnościach wydatku powietrza wentylacyjnego. Podstawową funkcją centrali rekuperacyjnej oprócz nawiewania świeżego i wywie-



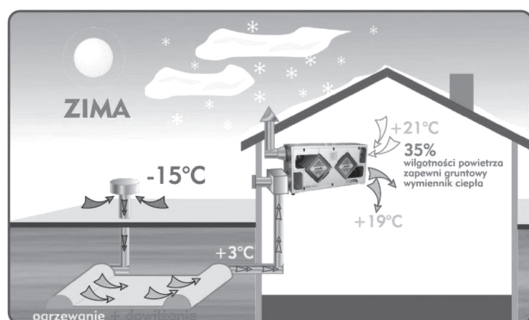
Rys. 3. Nowoczesny dom wyposażony w rekuperator [KLIMAPOZ, 2012]

wanie zużytego powietrza z pomieszczenia jest ogrzanie i filtrowanie powietrza nawiewanego oraz sterowanie intensywnością wymiany powietrza w zależności od aktualnych potrzeb.

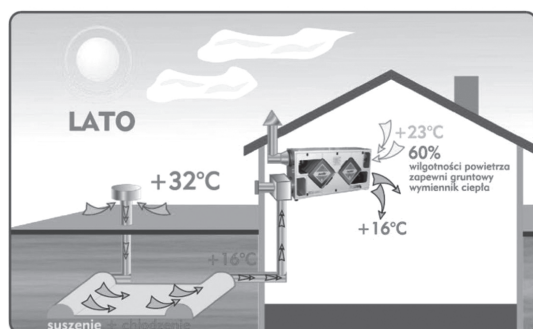
Zużyte powietrze systemem kanałów dostarczane jest do rekuperatora, gdzie następuje jego filtracja, a następnie wyrzucane jest przez kanał wylotowy na zewnątrz budynku. Świeże powietrze kanałem wlotowym zasysane jest do wnętrza centrali wentylacyjnej, gdzie przetłaczane jest przez filtry, które wyłapują drobinę kurzu, pyłki roślin i inne alergeny. Następnie powietrze przechodząc przez wymiennik ciepła zostaje ogrzane ciepłem oddanym przez powietrze usuwane. Cały proces wymiany ciepła odbywa się bez mieszania się powietrza zużytego ze świeżym. Następnie podgrzane powietrze tłoczone jest do pomieszczeń w budynku.

Działanie gruntowego wymiennika ciepła

Gruntowy wymiennik ciepła (GWC) jest połączeniem komfortu z ekologią i oszczędnością, gdyż zalicza się go do systemów wykorzystujących odnawialne źródła energii. Dzięki możliwości współpracy z nowoczesnymi centralami wentylacyjnymi jest niskoenergetyczną alternatywą komfortowej wentylacji budynku. Gruntowy wymiennik ciepła daje możliwość wykorzystywania darmowej energii geotermalnej znajdującej coraz liczniejsze zastosowanie w energooszczędnych układach wentylacyjnych z odzyskiem ciepła. Wymiennik ciepła znajduje się na odpowiedniej głębokości pod powierzchnią gruntu. Przykładowe umiejscowienie i działanie takiego wymiennika pokazano na rys. 4 i 5.



Rys. 4. Działanie GWC zimą [IKM, 2012]



Rys. 5. Działanie GWC latem [IKM, 2012]

Jego działanie ma zapewnić: wstępnie ogrzewa powietrze zimą co pozwala na obniżenie kosztów eksploatacyjnych oraz wspomaga pracę rekuperatorów w okresie ostrych mrozów (Rys. 4), schładza i osusza powietrze latem zapewniając przyjemny mikroklimat i uczucie chłodu w upalne dni (Rys. 5).

Obiekt badań

W ramach obliczeń symulacyjnych przeprowadzono dla wybranego domu jednorodzinnego analizę wpływu zwiększania grubości warstwy izolacji ściany zewnętrznej, zwiększania grubości izolacji stropu oraz zainstalowania systemu rekuperacji z gruntowym wymiennikiem ciepła na zapotrzebowanie na energię pierwotną EP budynku.

Jako obiekt badań przyjęto dom jednorodzinny według projektu Z123 [Studio Z500, 2012]. Dom zlokalizowano II strefie klimatycznej. Jest

to dom parterowy, wolnostojący, bez podpiwniczenia przeznaczony dla trzyposobowej rodziny. Dom o powierzchni użytkowej 128 m² składa się z salonu z jadalnią, kuchni, trzech pokoi, łazienki, kotłowni, schowka, WC oraz garażu. Wizualizację domu przyjętego do badań przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6. Wizualizacja domu Z123 [Studio Z500, 2012]

Fundamenty – ławy zbrojone posadowiono poniżej strefy przemarzania gruntu (1,2 m). Ocieplenie od strony podłoża stanowi warstwa styropianu o gr. 10 cm ułożona pomiędzy membraną izolacyjną *Ceresit BT 21*, a warstwą betonu o średniej gęstości 2000.

Ściany budynku są wykonane z pustaków ceramicznych „U” o grubości 25cm. Od strony elewacji znajduje się ciągła, bezstopniowo klejona do poszycia warstwa izolacji cieplnej ze styropianu o grubości 12 cm wykończona elastycznym tynkiem mineralnym *Ceresit CT 35* ziarno 3,5 mm na zbrojonym włóknem szklanym podkładzie polimerowo-mineralnym. Od strony pomieszczeń tynk lub gładź cementowo-wapienna o grubości 1 cm.

Wieżba dachowa prefabrykowana – kratowe więzary dachowe z tarci. Ocieplenie stropu górnej kondygnacji stanowi warstwa wełny mineralnej. Dach pokryto dachówką cementową. Okapy dachu zostały ocieplone styropianem 60 mm. Strop drewniany z izolacją z wełny mineralnej granulowanej 80 o łącznej grubości 30 cm.

W obiekcie zainstalowano system grzewczy – ogrzewanie wodne z obiegiem wymuszonym i z piecem zasilanym gazem ziemnym. Instalacja centralnego ogrzewania wykonana zaizolowanymi przewodami z grzejnikami płytowymi z regulacją centralną i miejscową (zakres P-2K). Wyciąg powietrza niekontrolowany pionowymi przewodami wentylacyjnymi poprzez kratki wentylacyjne [Studio Z500, 2012].

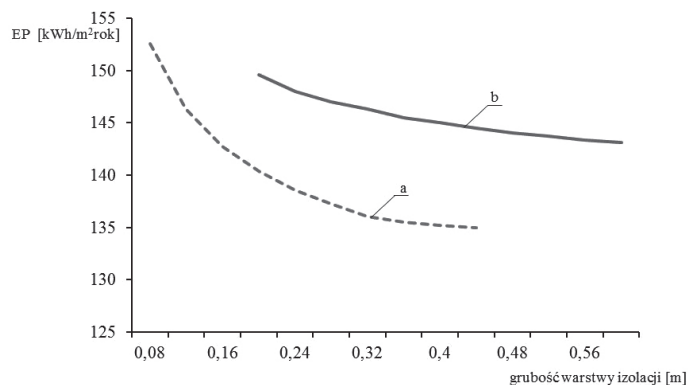
Dla opisanego projektu domu sporządzono świadectwo charakterystyki energetycznej budynku w programie *Arkadia Termo Pro* w dwóch wariantach: dla systemu wentylacji grawitacyjnej (standard opisany w projekcie budowlanym) oraz dla wariantu z zainstalowaną centralą wentylacyjną z odzyskiem ciepła.

Świadectwa charakterystyki energetycznej wprowadzone zostały w polskim ustawodawstwie z dniem 1 stycznia 2009 r. jako wdrożenie *Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady Europy* z dnia 16 grudnia 2002 r. dotyczącej jakości energetycznej budynków. Celem *Dyrektywy* jest promowanie poprawy efektywności energetycznej budynku we *Wspólnocie Europejskiej*, biorąc pod uwagę zewnętrzne i wewnętrzne warunki budynku i opłacalność przedsięwzięć [Gawin i Sabiniak, 2010].

Ocena energetyczna budynku dotyczy zapotrzebowania na energię całkowitą wykorzystywaną na wszystkie cele: nie tylko ogrzewanie i wentylację ale również przygotowanie ciepłej wody, klimatyzację oraz oświetlenie w przypadku budynków użyteczności publicznej. Jakość energetyczna budynku jest wyrażona w odpowiednich jednostkach przeliczeniowych, porównywanych z wartościami referencyjnymi ustalonymi w przepisach techniczno-budowlanych oraz częściowo w przepisach dotyczących standardu świadectwa energetycznego. Od poziomu tego zapotrzebowania zależy w jakiej klasie energetycznej znajduje się oceniany budynek [Kurtz i Gawin, 2009].

Obliczenia i wyniki badań

W ramach realizacji oceny budynku sprawdzono wpływ zwiększania grubości izolacji ściany zewnętrznej oraz stropu na zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną. Wyniki przedstawiono na wykresie zamieszczonym na rys. 7.



Rys. 7. Wpływ grubości izolacji ściany zewnętrznej oraz stropu budynku na wskaźnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP: a – dla ściany zewnętrznej, b – dla stropu

Z przedstawionego wykresu wynika, że zwiększanie grubości izolacji cieplnej ściany zewnętrznej, dla wybranego obiektu, ma znaczący wpływ do grubości 0,16 m. Zwiększanie grubości izolacji powyżej wskazanej granicy wiąże się z dużymi kosztami budowlanymi, a w efekcie nie wpływa na wymierne zmniejszenie wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP.

Zwiększanie grubości izolacji cieplnej ściany zewnętrznej o 0,04 m powoduje zmniejszenie zapotrzebowania na energię pierwotną EP o 3,62 kWh/(m²rok), a zwiększenie o 0,08 m – powoduje zmniejszenie o 5,98 kWh/(m²rok). Stanowi to niewielki procent oszczędności w kosztach za ogrzewanie tego domu.

Zwiększanie grubości izolacji cieplnej stropu dla omawianego przykładu ma znaczący wpływ do wartości około 0,4 m. Dalsze zwiększanie grubości warstwy izolacji cieplnej stropu o 0,1 m powoduje zmniejszenie zapotrzebowania na energię pierwotną EP o 2,83 kWh/(m²rok), a zwiększanie o 0,2 m powoduje zmniejszenie o 3,03 kWh/(m²rok). Dlatego zaproponowana w projekcie budowlanym grubość warstwy izolacji stropu jest optymalna.

W obliczeniach założono, że budynek będzie dobrze wentylowany. W pomieszczeniach typu: kuchnia, łazienka, WC, pomieszczenie gospodarcze i garaż uwzględniono wymianę powietrza zgodnie z PN EN 12831, a w pozostałych pomieszczeniach wymianę powietrza przyjęto na poziomie 0,5 1/h. Dla podanych wyżej danych obliczono straty wentylacyjne ciepła w poszczególnych pomieszczeniach. Wyniki zestawiono w tab. 1.

Tabela 1. Straty ciepła w omawianym budynku

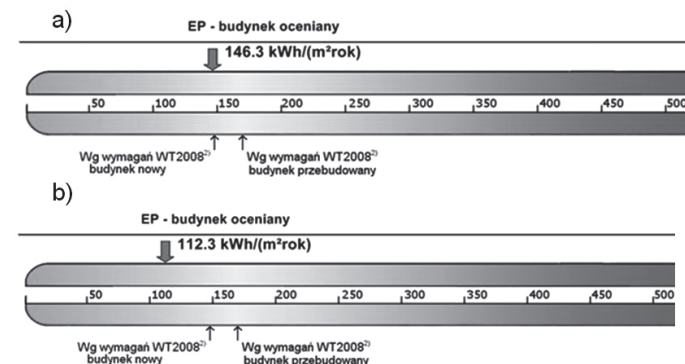
Nazwa pomieszczenia	Straty ciepła przez przenikanie	Wentyl. straty ciepła	Całkowite obciążenie cieplne	Straty wentylacyjne
	[W]	[W]		%
Salon	1600,4	581,9	2182,3	26,66
Kuchnia	1236,9	811,4	2048,3	39,61
Spizarnia	299,1	47,3	346,4	13,65
Hol	194,2	227,7	421,9	53,97
Sień	124,0	63,0	187	33,69
WC	55,0	323,3	378,3	85,46
Pomieszc. gospodarcze	762,1	105,6	867,7	12,17
Garaż	129,9	397,6	527,5	75,37
Pokój nr 1	960,4	279,3	1239,7	22,52
Pokój nr 2	544,5	267,1	811,6	32,91
Pokój nr 3	1206,3	232,4	1438,7	16,14
Łazienka	516,8	904,4	1421,2	63,63
Korytarz	503,9	33,2	537,1	6,17
Razem	8133,5	4274,2	12407,7	34,40

Z tab. 1 wynika, że pomimo dobrej izolacji termicznej budynku nie można uniknąć strat ciepła spowodowanych jego przenikaniem przez przegrody budowlane. W omawianym przykładzie budynku istnieje

jednak możliwość ograniczenia strat ciepła przez wentylację, co przed jej modernizacją dla badanego budynku stanowiło 34,4% strat całkowitych.

Chcąc ograniczyć straty wydatkowane na wentylację pomieszczeń zasymulowano, w ramach realizacji badań, montaż centrali wentylacyjnej z rekuperatorem i gruntowym wymiennikiem ciepła. W wyniku przeprowadzonych obliczeń w ramach realizacji diagnostyki energetycznej obiektu na podstawie opracowanego świadectwa charakterystyki energetycznej uzyskano następujące wyniki (Rys. 8):

- dla wentylacji grawitacyjnej EP = 146,33 kWh/(m²rok),
- dla centrali rekuperacyjnej z gruntowym wymiennikiem ciepła EP = 112,3 kWh/(m²rok).



Rys. 8. Wyniki świadectwa charakterystyki energetycznej: a) budynek z wentylacją grawitacyjną, b) budynek z centralą wentylacyjną wyposażoną w rekuperator oraz gruntowy wymiennik ciepła

Podsumowanie i wnioski

W okresie rosnących wydatków na energię potrzebną do ogrzania czy też chłodzenia budynków warto zwrócić szczególną uwagę na właściwy dobór grubości warstwy materiałów izolacyjnych oraz na możliwość zainstalowania nowoczesnych systemów wentylacji. Projekty domów dostępnych na rynku uwzględniają montaż izolacji cieplnej przegród budowlanych, jednak nie zawsze grubość warstwy izolacji jest dobrana optymalnie ze względu na miejsce posadowienia budynku, tj. strefę klimatyczną. Dlatego zalecane jest wykonanie wstępnej diagnostyki energetycznej budynku przed rozpoczęciem budowy.

Drugim omówionym zagadnieniem jest wyposażenie domu we właściwie dobrany system wentylacji. Rynek proponuje wiele zachęcających ofert mówiących o korzyściach z montażu nowoczesnych central wentylacyjnych, które według deklaracji promujących je organizacji powodują 50% obniżenie wydatku energetycznego budynku. Nie potwierdziło się to jednak po przeprowadzeniu symulacji na podstawie metodologii obliczeń świadectw charakterystyki energetycznej w warunkach polskich. Wynik obliczeń wskazuje na 23% obniżenie zapotrzebowania na energię pierwotną EP. Koszt budowy domu wyposażonego w wentylację mechaniczną jest większy o kilkanaście tysięcy złotych, a amortyzacja wymaga długiego okresu czasu.

Obecnie wzrasta świadomość stosowania efektywnych, energooszczędnych, a więc i proekologicznych rozwiązań technicznych. Jest to związane z wprowadzeniem obowiązku posiadania świadectw charakterystyki energetycznej budynków. Biorąc pod uwagę przeprowadzone obliczenia budynek wyposażony w centralę wentylacyjną będzie miał wyższą wartość rynkową.

LITERATURA

- Gawin D, Sabiniak H, 2010. *Świadectwa charakterystyki energetycznej*. Wyd. Arcadiasoft, Łódź
- IKM – materiały firmowe (8.03.2012): <http://www.ikm.pl>
- Jankowski C, 2010. Nawiewniki okienne. *Inżynier budownictwa*, 74, nr 6, 89-93
- KLIMAPOZ – materiały firmowe (8.03.2012): <http://www.klimapoz.pl>
- Kurtz K, Gawin D., 2009. *Certyfikacja energetyczna budynków mieszkalnych*. Wrocławskie Wydawnictwo Naukowe Atla 2, Wrocław
- Sabah A, 2011. *Sick Building Syndrome*. Springer-Verlag GmbH.
- Studio Z500 – materiały firmowe (8.03.2012): <http://www.z500.pl>