

Małgorzata BASIŃSKA¹
Halina KOCZYK²

OCENA ENERGETYCZNA DOŚWIADCZALNEGO BUDYNKU PASYWNEGO

W artykule zaprezentowano doświadczalny budynek pasywny Instytutu Inżynierii Środowiska Politechniki Poznańskiej – DoPas. Dom o szkieletcie drewnianym wybudowany w 1991 roku, został przebudowany w 2007 roku do standardu pasywnego z zastosowaniem materiałów i elementów dopuszczonych do stosowania w budownictwie energooszczędnym i pasywnym. W pracy przeanalizowano występujące w budynku mostki cieplne oraz wyznaczono ich wartości. Do oceny energetycznej wykorzystano metodę pakietu do projektowania budynków efektywnych energetycznie oraz analizę porównawczą rzeczywistego oraz teoretycznego zużycia ciepła dla dwóch wybranych miesięcy okresu grzewczego. Przedstawiono szczegółowe godzinowe bilanse energii dostarczonej przez urządzenie grzewcze – chłodzące w obręb osłony termicznej parterowej części budynku doświadczalnego, które porównano z wynikami teoretycznymi energii końcowej wyznaczonymi zgodnie z algorytmem charakterystyki energetycznej budynku. Przeprowadzone analizy teoretyczne potwierdziły spełnienie przez budynek doświadczalny wymagań budowlanych i instalacyjnych stawianych przez Passivhaus Institut w Darmstadt. W budynku uzyskano bardzo niski wskaźnik zużycia energii pierwotnej 70 kWh/m²/a – aż o 40% poniżej maksymalnej wymaganej wartości. Na podstawie analiz realizowanych w budynku doświadczalnym zauważono rozbieżność między ilością energii dostarczonej (z pomiarów) i wymaganej (obliczenia teoretyczne), przy zachowaniu temperatur wewnętrznych na poziomie komfortu cieplnego. Niezgodność wynika z problemów z regulacją urządzenia grzewczo – chłodniczego, ze stratami ciepła związanymi z dystrybucją przewodami powietrznymi znajdującymi się poza osłoną bilansową budynku oraz z uwzględnienia w obliczeniach teoretycznych stałego strumienia powietrza dostarczanego do budynku. Maksymalne niezamknięcie bilansu można oszacować na poziomie 30%.

Słowa kluczowe: budynek pasywny, budynek doświadczalny, mostki cieplne, charakterystyka energetyczna, pomiary, projektowanie

¹ Autor do korespondencji: Małgorzata Basińska, Politechnika Poznańska, Instytut Inżynierii Środowiska, ul. Piotrowo 3A, 60-965 Poznań, 61 6652 428, malgorzata.basinska@put.poznan.pl

² Halina Koczyk, Politechnika Poznańska, Instytut Inżynierii Środowiska, ul. Piotrowo 3A, 60-965 Poznań, 61 6652 532, halina.koczyk@put.poznan.pl

1. Wprowadzenie

Budynek doświadczalny Politechniki Poznańskiej jest jednym z pierwszych w Polsce biurowych budynków pasywnych. Wyposażony jest on w centralę grzewczą – chłodzącą z pompą ciepła współpracującą z gruntowym wymiennikiem ciepła GWC oraz z kolektorem słonecznym.

Modernizacja do standardu pasywnego istniejącego na Politechnice Poznańskiej od 1991 roku budynku realizowana była ze środków własnych Instytutu Inżynierii Środowiska i możliwa była dzięki współpracy z wieloma firmami na zasadzie działań sponsorowanych. Analizy działania instalacji źródła ciepła w budynku wykonywano w ramach projektu badawczego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego [1].

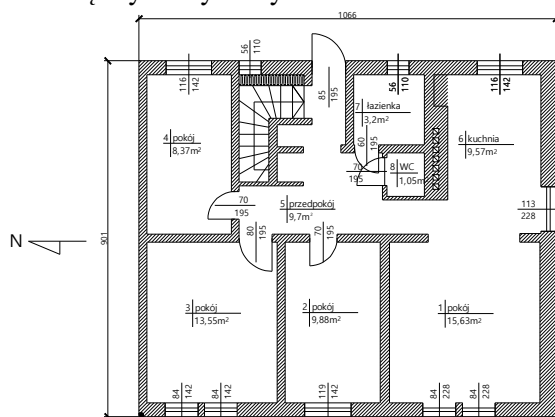
Dom o szkieletcie drewnianym, został przebudowany z zastosowaniem materiałów i elementów dopuszczonych do stosowania w budownictwie energooszczędnym i pasywnym.

2. Charakterystyka budynku

2.1. Charakterystyka budowlana

Ze względu na doświadczalny charakter obiektu przyjęto funkcję użytkową budynku biurowego. Rzut budynku (Rys. 1) został rozplanowany w taki sposób, aby utworzyć zgrupowanie instalacji wodno – kanalizacyjnych oraz wentylacji wywiewnej w jednym miejscu (łazienka i wc obok siebie). Na parterze zlokalizowano pomieszczenia: strefa wejścia, pokoje pracy biurowej, kuchnia, łazienka, wc. W piwnicy budynku znajdują się pomieszczenia techniczne pełniące również funkcję laboratoryjną. Budynek charakteryzuje prosta budowa ścian, bez zbędnych wykuszy oraz elementów architektonicznych, które dodatkowo

mogłyby zwiększać powierzchnię obudowy budynku.



Rys. 1. Rzut parteru budynku doświadczalnego Politechniki Poznańskiej

Fig. 1. A plan of the ground floor experimental building of Poznan University of Technology

2.2. Lokalizacja budynku

Budynek doświadczalny znajduje się na terenie Politechniki Poznańskiej. Powierzchnia terenu jest płaska. Do budynku są doprowadzone przyłącza: wodociągowe, kanalizacyjne, energetyczne, gazowe. Teren jest zadrzewiony, trawiasty, działki sąsiednie są zainwestowane: tereny kampusu Politechniki Poznańskiej. Nawierzchnie utwardzone dojazdu do budynku są pokryte kostką betonową. Działka jest ogrodzona.

2.3. Opis konstrukcji budynku

Budynek wykonany jest w konstrukcji drewnianej. Strop nad piwnicą wykonany jest w technologii DZ-3. Konstrukcja dachu jest drewniana z poszyciem z blachodachówki. Elementami konstrukcyjnymi ścian jest ruszt z belek drewnianych o wymiarach 100 x 60 mm, przestrzenie między belkami wypełniono wełną mineralną. Ze względu na charakter obiektu doświadczalnego zdecydowano o wariantowaniu konstrukcji przegród pionowych. Dodatkowe elementy izolacyjne to: styropian, izolacja próżniowa (o 10-krotnie niższej wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/m/K] niż dla styropianu), elementy systemu Steico. W budynku zamontowano okna oraz drzwi balkonowe pasywne w ramach z PCV z potrójnymi szybami. W przypadku montażu stolarki okiennej i drzwiowej, w celu uniknięcia mostków termicznych, zamontowano okna na zewnątrz elementu konstrukcyjnego, który stanowiła konstrukcja szkieletowa z wypełnieniem wełną mineralną oraz płyta OSB o grubości 12 mm.

Tablica 1. Zestawienie współczynników przenikania ciepła U [W/m²/K] dla ścian w budynku doświadczalnym – DoPas

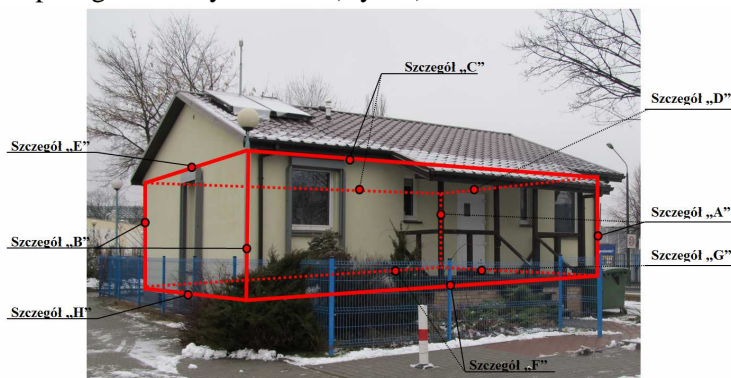
Table 1. Summary of heat transfer coefficients U [W/m²/K] for the walls in the experimental building – DoPas

Komponent budowlany	U [W/m ² /K]	Komponent budowlany	U [W/m ² /K]
Ściana południowa	0,118	Okna	profile
Ściana północna	0,126		szyba
Ściany wschodnia i zachodnia	0,114	Stropy wewnętrzne	0,115 – 0,140
Ściany podziemia	0,595	Drzwi wejściowe	0,77

Obliczenia współczynników przenikania ciepła przegród budowlanych wykonano zgodnie z algorytmem obliczeń normy [6]. W tablicy 1 przedstawiono zestawienie współczynników przenikania ciepła dla poszczególnych komponentów budowlanych budynku doświadczalnego.

2.4. Mostki cieplne

Dla wszystkich połączeń ścian zewnętrznych ze stropem nad piwnicą, stropodachem oraz ościeżnicami okien wyznaczono dwuwymiarowe strumienie ciepła zgodnie z rysunkiem (Rys.2.).



Rys. 2. Lokalizacja miejsc, dla których obliczono liniowy współczynnik przenikania ciepła

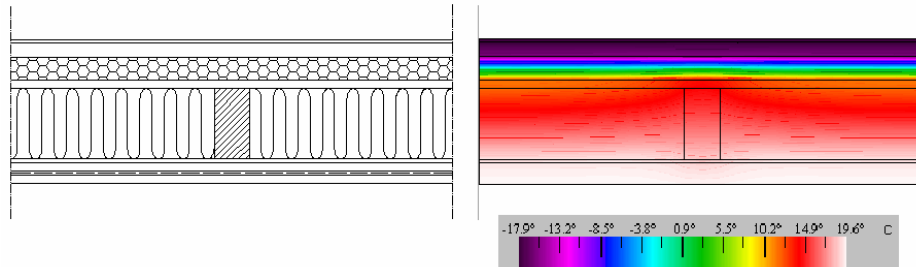
Fig. 2. Location of places for which the calculated linear coefficient of heat transfer

2.4.1. Metoda obliczeń

Symulacje komputerowe przebiegu izoterm, możliwość kondensacji pary wodnej oraz wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła obliczono w programie i katalogu liniowych mostków cieplnych Eurokobra [2]. Program Therm 5.2 [7] posłużył, do obliczenia pola temperatury detali połączeń stropu nad piwnicą ze ścianą zewnętrzną i z gruntem oraz dla ścian zewnętrznych. Do obliczeń przyjęto następujące warunki brzegowe: $\theta_e = -18^\circ\text{C}$, $\theta_{\text{int}} = 20^\circ\text{C}$, opory przejmowania ciepła R_{se} oraz R_{si} w zależności od kierunku przepływu ciepła przyjęto zgodnie z PN EN ISO 6946 [6].

2.4.2. Liniowe mostki cieplne wynikające ze struktury ścian zewnętrznych

Rysunek poniżej przedstawi wyniki symulacji komputerowej rozkładu temperatur w ścianach zewnętrznych obliczone w programie Therm 5.2 [7]. Wyniki symulacji rozkładu temperatur w przegrodzie w okolicach elementu konstrukcyjnego drewnianego pokazują, że pionowe izotermy temperatur tworzą prawie linie równoległe. W technologii dwuwarstwowej ścian szkieletowych drewniany element konstrukcyjny nie wpływa na powstawanie liniowego mostka cieplnego.



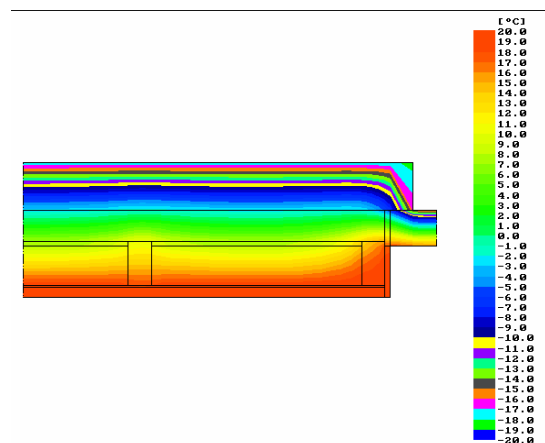
Rys. 3. Przebieg izoterm pionowych w ścianie zewnętrznej północnej, na podstawie [9]

Fig. 3. Isotherms in an external North wall, based on [9]

2.4.3. Liniowe mostki ciepłe dla montażu stolarki

Okno zamontowano w taki sposób, aby izoterma, przy której może nastąpić wykroplenie pary wodnej nie przebiegała na powierzchni wewnętrznej okna. Przy parametrach powietrza wewnętrznego $\theta_{\text{int}} = 20^{\circ}\text{C}$ oraz $\phi = 50\%$ temperatura punktu rosy wynosi $\theta_r = 9,3^{\circ}\text{C}$. Przy temperaturze obliczeniowej powietrza zewnętrznego na poziomie $\theta_e = -18^{\circ}\text{C}$ izoterma punktu rosy przebiega przez środkową część ościeżnicy oraz warstwę izolacji ściany zewnętrznej (Rys. 4). Poniżej przedstawiono zestawienie tabelaryczne oszacowanych wartości mostków cieplnych (Tablica 2).

Z powyższych analiz i przedstawionej tablicy wynika, że budynek doświadczalny jest pozbawiony mostków cieplnych.



Rys. 4. Przebieg izoterm w połączeniu ściany z oknem – przekrój przez ościeżnicę, na podstawie [9]

Fig. 4. Isotherms get through an external wall and a window, based on [9]

Tablica 2. Zestawienie liniowych współczynników przenikania ciepła Ψ [W/m/K] w DoPas, na podstawie [1, 9]

Table 2. Summary of linear heat transfer coefficients Ψ [W/m/K] w DoPas, based on [1, 9]

Miejsce w budynku		Ψ [W/m/K] względem wymiarów zewnętrznych
„A”	narożnik ściany zewnętrznej północnej i zachodniej	-0,24
„B”	narożnik ściany zewnętrznej południowej i zachodniej	-0,27
„C”	połączenie ściany zachodniej (wschodniej) ze stropodachem	-0,05
„D”	połączenie ściany północnej ze stropodachem	-0,41
„E”	połączenie ściany południowej ze stropodachem	-0,45
„F”	połączenie ściany zachodniej (wschodniej) ze stropem nad piwnicą	-0,16
„G”	połączenie ściany północnej ze stropem nad piwnicą	-0,24
„H”	połączenie ściany południowej ze stropem nad piwnicą	-0,16
	połączenie ściany zewnętrznej z ościeżnicą - przekrój poziomy	0,05
	połączenie ściany zewnętrznej z ościeżnicą - przekrój przez podokiennik	0,02

3. Ocena energetyczna

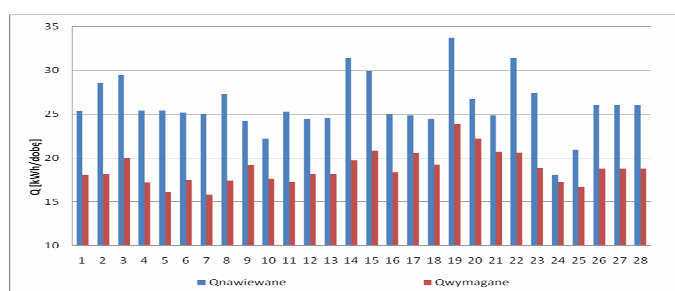
Dla konkretnego budynku (znana charakterystyka cieplna) zlokalizowanego w danych parametrach klimatycznych na zużycie ciepła pomierzone lub teoretyczne wpływa wiele czynników, których ważność wzrasta wraz z obniżaniem potrzeb cieplnych budynku. Można do nich zaliczyć: zyski wewnętrzne od ludzi, oświetlenia, urządzeń zależne od sposobu użytkowania budynku (przyjęto ich wartość w odniesieniu do powierzchni ogrzewanej o regulowanej temperaturze na poziomie $q_{int}=4,7 \text{ W/m}^2$), zyski słoneczne dla przeszklenia zależne od zmiennej w czasie przepuszczalności promieniowania słonecznego, zmienną w czasie temperaturę wewnętrzną w związku z niedoskonałą regulacją instalacji.

3.1. Rzeczywiste i teoretyczne zużycie ciepła

Ocenę rzeczywistego zużycia energii budynku doświadczalnego przeprowadzono w oparciu o wyniki analiz działania źródła energii [1, 3]. W obliczeniach wykorzystano algorytmy obliczeniowe bilansowania strumienia powietrza nawiewanego do pomieszczeń na parterze budynku. Z analiz średnio-

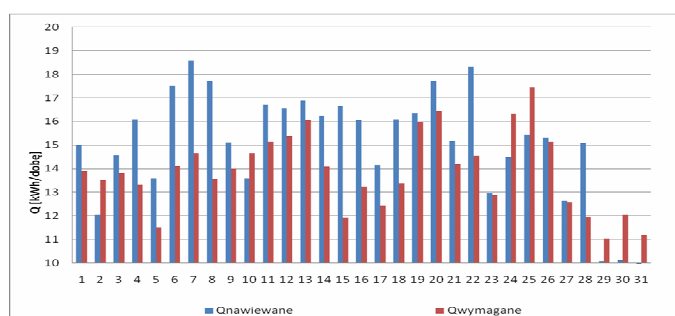
godzinowych wyznaczono ilość energii dostarczonej w poszczególnych dniach analizowanych miesięcy. Przeanalizowano miesiące luty i marzec 2009 roku. Uwzględniono rzeczywiste temperatury w strefach zewnętrznych osłony bilansowej budynku doświadczalnego (piwnica znajdująca się poza osłoną bilansową, powietrze zewnętrzne). W pracy przedstawiono szczegółowe godzinowe bilanse energii dostarczonej przez urządzenie grzewczo – chłodzące w obręb osłony termicznej parterowej części budynku doświadczalnego, które porównano z wynikami teoretycznymi energii końcowej $Q_{wymagane}$ wyznaczone zgodnie z algorytmem charakterystyki energetycznej budynku.

Na rysunkach (Rys. 5) oraz (Rys. 6) przedstawiono zmienność parametrów bilansu ciepłego w obiekcie doświadczalnym dla wybranych miesięcy okresu pomiarowego. Przy wyznaczaniu strat ciepła na drodze przenikania przez podłogę części parterowej budynku doświadczalnego uwzględniono współczynnik redukcji temperatury przyjmując temperaturę przyległej przestrzeni $\theta_{p,p}$. równą temperaturze panującej w piwnicy θ_{piw} .



Rys. 5. Suma dobowej energii dostarczonej i wymaganej w miesiącu lutym

Fig. 5. The sum of daily energy supplied and required in the month of February



Rys. 6. Suma dobowej energii dostarczonej i wymaganej w miesiącu marcu

Fig. 6. The sum of daily energy supplied and required in the month of March

Analizując zużycie energii w okresie miesięcznym można zauważyć, że w miesiącu lutym $Q_{\text{nawiewane}}$ kształtowało się na poziomie $Q_N=729$ kWh/miesiąc, przy potrzebach cieplnych budynku na poziomie $Q_w=526$ kWh/miesiąc. Dla analizowanego miesiąca marca odpowiednio $Q_N=465$ kWh/miesiąc, $Q_w=430$ kWh/miesiąc. Rozbieżność między ilością energii dostarczonej i wymaganej, przy zachowaniu temperatur wewnętrznych na poziomie komfortu cieplnego wynika z problemów z regulacją urządzenia grzewczego – chłodniczego, związane było ze stratami ciepła związanymi z jego dystrybucją przewodami powietrznymi znajdującymi się poza osłoną bilansową budynku oraz z uwzględnienia w obliczeniach teoretycznych stałego strumienia powietrza dostarczanego do budynku (według projektu zgodnie z wymaganiami higienicznymi) na poziomie 120 m³/h, w rzeczywistości strumień powietrza nawiewanego był zmienny i osiągał wartość nawet 200 m³/h.

Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza wewnętrznego kształtowały się na poziomie odpowiednio dla lutego $\theta_{\text{int}}^{\text{II}}(\text{m})=21,27^\circ\text{C}$ przy średniej miesięcznej temperaturze powietrza zewnętrznego $\theta_e^{\text{II}}(\text{m})=-0,13^\circ\text{C}$, oraz dla marca $\theta_{\text{int}}^{\text{III}}(\text{m})=20,46^\circ\text{C}$ przy $\theta_e^{\text{III}}(\text{m})=4,65^\circ\text{C}$.

3.2. Ocena metodą PHPP

Do oceny budynków efektywnych energetycznie wykorzystano pakiet do projektowania, weryfikacji, optymalizacji oraz przygotowania budynków pasywnych pod kątem certyfikacji PHPP [4] według standardów Passivhaus Institut Darmstadt.

Założono, że wszystkie pomieszczenia w części pasywnej budynku znajdują się w jednej strefie temperaturowej. Roczny bilans energii odniesiono do umownej powierzchni ogrzewanej. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania dla budynku jest różnicą rocznych strat i zysków ciepła. W bilansie oprócz zysków ciepła od słońca uwzględnia się także zyski ciepła bytowego. Źródłem ciepła jest również ciepło odpadowe od urządzeń elektrycznych, oświetlenia, instalacji wentylacji, ciepłej wody użytkowej oraz ludzi, a także akumulowana w budynku energia słoneczna. Obliczenia zapotrzebowania na ciepło w pakiecie PHPP można wykonać wg metody miesięcznej lub rocznej zgodnie z PN – EN 832 [5] przy użyciu miesięcznych danych klimatycznych dla miasta Poznania. W tabelicy 3 przedstawiono ocenę budynku pasywnego DoPas wykonane zgodnie z algorytmem pakietu PHPP.

Budynek wykazuje większe niż określone przez Passivhaus Institut maksymalne zapotrzebowanie na energię do ogrzewania. Wynika to z zimniejszego klimatu dla miasta Poznania. Maksymalne zapotrzebowanie na energię do ogrzewania budynków pasywnych zostało wyznaczone na podstawie badań domu pasywnego w Darmstadt w Niemczech, dla którego minimalne temperatury powietrza zewnętrznego dla dwóch obliczeniowych typów pogody wynoszą:

$\theta_{e1} = -6^{\circ}\text{C}$ i $\theta_{e2} = -1^{\circ}\text{C}$ [4]. Podczas gdy dla klimatu Poznania są one zdecydowanie niższe: $\theta_{e1} = -21,2^{\circ}\text{C}$ i $\theta_{e2} = -19,5^{\circ}\text{C}$.

W budynku doświadczalnym uzyskano bardzo niski wskaźnik zużycia energii pierwotnej – aż o 40% poniżej maksymalnej wartości wymaganej przez Passivhaus Institut.

Z przedstawionego zestawienia wynika, że budynek spełnia wymagania stawiane budynkom pasywnym.

Tablica 3. Ważniejsze wskaźniki oceny jakościowej dla budynku doświadczalnego DoPas

Table 3. The most important indicators of quality for experimental building DoPas

Wskaźniki oceny		Wartości
1.	Zapotrzebowania energii do ogrzewania	14 kWh/m ² /a
2.	Wyniki próby ciśnieniowej	0,49 h ⁻¹
3.	Zapotrzebowania na energię pierwotną (ogrzewania, cwu, en. elektryczna i pozostała en. elektryczna)	70 kWh/m ² /a
4.	Mocy cieplnej dla ogrzewania	16,9 W/m ²

3.3. Ocena jakościowa budynku doświadczalnego DoPas

Budynek doświadczalny spełnia także kryteria pod względem oszczędności energii cieplnej oraz wykorzystania pasywnych źródeł ciepła. Tablica 4 przed-

Tablica 4. Ocena jakościowa budynku doświadczalnego – wymagania budowlane, na podstawie [9]

Table 4. Qualitative assessment of the experimental building - building requirements, based on [9]

Cecha	Budynek doświadczalny
Konstrukcja pozbawiona liniowych mostków cieplnych	spełnione
Zachowanie ciągłości i grubości izolacji cieplnej przegród zewnętrznych, brak szczelin i pustek powietrznych	spełnione
Zamontowanie folii powietrzno - szczelnej z zachowaniem ciągłości warstwy	spełnione
Okna trójszybowe z powłokami niskoemisyjnymi, przestrzeń między szybami wypełniona gazem szlachetnym, współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego $g \geq 50\%$	okna trójszybowe wypełnione argonem, średni współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego $g = 48\%$
Okno zamontowane na jednej linii z izolacją termiczną ściany	spełnione
Pasywne wykorzystanie energii promieniowania słonecznego	okna w południowej ścianie
Stopień akumulacji ciepła przez strukturę budynku	zdolność akumulacji w stropie masywnym nad piwnicą.
Ochrona przed stratami ciepła przez przenikanie	współczynnik kształtu $A/V = 0,73$, prosta budowa ścian zewnętrznych

stawia podstawowe standardy materiałowo – konstrukcyjne oraz wytyczne dla koncepcji architektonicznej, które zastosowano i osiągnięto podczas remontu budynku.

Najważniejszymi założeniami dotyczącymi wyposażenia technicznego budynków pasywnych jest maksymalny odzysk ciepła z powietrza wentylacyjnego oraz wykorzystanie pasywnych źródeł ciepła. Sprawność odzysku ciepła kompaktowego urządzenia grzewczo – chłodniczego współpracującego z gruntowym wymiennikiem ciepła i instalacją słoneczną jest głównym czynnikiem świadczącym o jakości elementów wyposażenia technicznego pasywnego budynku jednorodzinne. W tablicy 5 przedstawiono główne osiągnięte założenia dotyczące wyposażenia technicznego budynku.

Tablica 5. Ocena jakościowa budynku doświadczalnego – wymagania instalacyjne, na podstawie [9]

Table 5. Qualitative assessment of the experimental building - installation requirements, based on [9]

Cecha	Budynek doświadczalny
Odzysk ciepła	efektywna sprawność odzysku ciepła $\eta_{OC,ef} = 88\%$
Rozdział powietrza wentylacyjnego: strefa nawiewu (pokoje), strefa pośrednia (korytarz, kuchnia), strefa wywiewu (łazienka, wc)	spełnione
Regulacja instalacji	brak przepustnic na poszczególnych obiegach, wentylator z regulacją przepływu, kilka trybów pracy instalacji
Instalacja gruntowego wymiennika ciepła	sprawność GWC $\eta_{GWC} = 17\%$.
Instalacja słoneczna	powierzchnia absorbera równa $4,6 \text{ m}^2$
Krótkie trasy zaizolowanych termicznie kanałów i przewodów instalacji wewnętrznych prowadzone wewnątrz obudowy termicznej, szczelne przejścia instalacji przez przegrody	spełnione po modernizacji instalacji wentylacyjnej
Energooszczędny sprzęt gospodarstwa domowego	spełnione

4. Podsumowanie

Konieczność budowy budynków niskoenergetycznych i pasywnych została w ostatnich czasie usankcjonowana przepisami prawnymi [8]. Do oceny uzyskanego standardu Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska wprowadził metodę opartą na charakterystyce energii użytkowej (NF40, NF15) oraz na wymaga-

niach stawianych obudowie oraz technice instalacyjnej. Zgodnie z wymaganym algorytmem dla budynku doświadczalnego DoPas wartość energii użytkowej wyznaczono na poziomie 14,3 kWh/m²/a. Jednak ocena teoretyczna odbiega znacznie od zużycia rzeczywistego. Na rozbieżność wpływa sposób działania źródła ciepła i chłodu, niekontrolowane straty ciepła, trudne do precyzyjnego oszacowania zyski wewnętrzne mające duży udział w przypadku budynków niskoenergetycznych oraz zmienność deklarowanych temperatur wewnętrznych oraz przepływów powietrza.

Literatura

- [1] Basińska M. i inni: „Standardy zużycia energii współczesnych budynków i ich wpływ na strukturę i działanie źródła ciepła”. Grant Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, nr N 523 092 32/3765, 2007 – 2010.
- [2] Eurokobra – komputerowy katalog mostków cieplnych”, Phisibel 2001.
- [3] Magdziarz T.: Analiza działania instalacji ogrzewania, chłodzenia oraz przygotowania cwu w budynku doświadczalnym PP. Praca magisterska pod kierunkiem dr inż. Małgorzaty Basińskiej. Politechnika Poznańska. 2009.
- [4] Pakiet do projektowania budynków pasywnych PHPP. Wymagania dotyczące budynków pasywnych sprawdzonych pod względem jakościowym”. Polski Instytut Budownictwa Pasywnego, Gdańsk 2006.
- [5] PN-EN 832:2001. Właściwości cieplne budynków. Obliczanie zapotrzebowania na energię do ogrzewania. Budynki mieszkalne.
- [6] PN-EN ISO 6946:1996+A1:2003. Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
- [7] Therm 5.2” LNBL Windows.
- [8] Warunki techniczne jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz. U. 75, poz.690 wraz z późniejszymi zmianami.
- [9] Wojciechowska E.: Budynek pasywny – teoria a rzeczywistość. Praca magisterska pod kierunkiem dr inż. Małgorzaty Basińskiej. Politechnika Poznańska. 2008.

ENERGY ESTIMATION OF EXPERIMENTAL PASSIVE BUILDING

Summary

The paper presents experimental passive building of the Institute of Environmental Engineering, Poznan University of Technology – DoPas. Building of the wooden frame built in 1991, was rebuilt in 2007. Used materials and components approved for use in building energy-efficient and passive. The paper analyzes existing thermal bridges in the building and determine their values.

To evaluate the energy method to package design energy-efficient buildings and a comparative analysis of the actual and theoretical heat consumption for the two months of the heating season was used. For the experimental building performed theoretical analyzes confirmed the compliance building and installation requirements set by Passivhaus Institut w Darmstadt. The building achieved a very low rate of primary energy consumption 70 kWh/m²/a - up to 40% below the maximum required value.

On the basis of the analysis carried out in the experimental building noted a discrepancy between the amount of energy supply (measured) and required (theoretical calculations), while maintaining the internal temperature at the level of thermal comfort. The incompatibility of results is connected with control of a heating - cooling unit, with heat loss connected with distribution of air ducts outside the building, the cover carrying, and the theoretical steady stream of air supplied to the building. The maximum difference in the balance sheet can be estimated at 30%.

Keywords: passive house, experimental building, thermal bridges, energy performance, measurement, design

DOI:10.7862/rb.2014.72

Przesłano do redakcji: 20.05.2014 r.

Przyjęto do druku: 16.12.2014 r.