

BUDOWNICTWO

CZASOPISMO TECHNICZNE
TECHNICAL TRANSACTIONS

CIVIL ENGINEERING

WYDAWNICTWO
POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1-B/2009

ZESZYT 5

ROK 106

ISSUE 5

YEAR 106

MAŁGORZATA BASIŃSKA, HALINA KOCZYK*

DOŚWIADCZENIA PO PRZEPROWADZONEJ MODERNIZACJI OBIEKTU DO STANDARDU PASYWNEGO

THERMO-MODERNIZATION EXPERIENCES TO OBTAIN PASSIVE BUILDINGS STANDARDS

Streszczenie

W artykule przedstawiono doświadczenia po kompleksowej termomodernizacji zmierzającej do osiągnięcia przez budynek standardu budownictwa pasywnego, przeprowadzonej na istniejącym obiekcie doświadczalnym Politechniki Poznańskiej. Szczególną uwagę zwrócono na detale konstrukcyjne oraz na warunek ograniczenia niekontrolowanej infiltracji powietrza zewnętrznego.

Słowa kluczowe: budynek pasywny, termomodernizacja, szczelność powietrzna

Abstract

In the article thermo-modernization experiences of experimental building located at Poznań University of Technology were presented. The aim of the thermo-modernization was to obtain standards for passive building. The main attention was paid to the construction details, and nonriped external air infiltration conditions.

Keywords: passive house, thermo-modernization, air tightness

* Dr inż. Małgorzata Basińska, prof. dr hab. inż. Halina Koczyk, Instytut Inżynierii Środowiska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska.

1. Opis budynku doświadczalnego

W ramach działalności Zakładu Ogrzewnictwa, Klimatyzacji i Ochrony Powietrza w 1991 r. przystąpiono do budowy obiektu doświadczalnego wykorzystywanego do prowadzenia licznych prac naukowych. Na fotografii 1 przedstawiono budynek poddany termomodernizacji. Budynek wykonano w konstrukcji szkieletowej lekkiej. Jest to budynek wolno stojący, parterowy, w całości podpiwniczony. Piwnica jest konstrukcji masywnej, ze ścianami z betonu. Powierzchnia całkowita budynku wynosi $143,7 \text{ m}^2$, a kubatura 620 m^3 .



Fot. 1. Budynek doświadczalny przed termomodernizacją i po termomodernizacji
(fot. – G. Matuszczak)

Photo 1. An experimental building before and after thermo-modernization
(photo by G. Matuszczak)

W związku z rozwojem nowych technologii konieczne stało się dostosowanie istniejącego obiektu do standardu budownictwa energooszczędnego ze szczególnym uwzględnieniem szczelności jego obudowy. W kwietniu 2007 roku rozpoczęto przygotowania zmierzające do uzyskania przez budynek standardu budownictwa pasywnego.

2. Cechy budownictwa pasywnego

W nawiązaniu do standardów europejskich opisanych przez Europejski Instytut Domów Pasywnych w Darmstadt można określić wymagania stawiane budynkom pasywnym w sposób jakościowy [1]. Poniżej przedstawiono rzeczony wymagania:

- współczynnik przenikania ciepła ścian zewnętrznych $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,
- brak mostków termicznych,
- współczynnik U_g szyb $\leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ przy wysokim poziomie przenikalności energii słonecznej $g \geq 50\%$,
- współczynnik przenikania ciepła ramy okiennej $U_f \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,
- szczelność budynku przy różnicy ciśnienia 50Pa $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$,
- system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła o sprawności $\eta \geq 75$,
- ograniczone straty ciepła przy przygotowaniu i dystrybucji c.w.u.

Uzyskanie powyższych parametrów nie gwarantuje nadania budynkowi certyfikatu budynku pasywnego. Istotne jest, aby:

- zapotrzebowanie na energię cieplną $\leq 15 \text{ kWh/m}^2$,
- zapotrzebowanie na energię pierwotną $< 120 \text{ kWh/m}^2$.

3. Etapy przeprowadzonych zabiegów termomodernizacyjnych

Prace nad dostosowaniem budynku doświadczalnego do standardu budynku pasywnego podzielono na kilka etapów. Przedstawiono je poniżej w kolejności realizacji:

- docieplenie fundamentów i ścian piwnicy styropianem o grubości 15 cm (prace te poprzedziło odkopanie ścian przy gruncie na głębokość ok. 1,8 m; zabezpieczenie dyspersyjną masą asfaltowo-kauczukową; następnie przyklejenie płyt styropianowych; zabezpieczenie płyt folią budowlaną),
- ocieplenie stropu nad parterem trzema 10 cm warstwami wełny mineralnej układanej naprzemiennie,
- ocieplenie elementów szkieletowych ścian 10 cm warstwą wełny mineralnej, w jednej ze ścian szczytowych montaż izolacji STEICOflex; zamontowanie płyt OSB o grubości 12 mm,
- wymiana okien i drzwi wejściowych do budynku,
- ocieplenie przegród pionowych:
 - wzdłużnych styropianem o grubości 20 cm,
 - szczytowej południowo-wschodniej w systemie Steico,
 - szczytowej północno-zachodniej z zastosowaniem izolacji próżniowej,
- ocieplenie stropu międzykondygnacyjnego parter–piwnica styropianem o grubości 20 cm,
- założenie od wewnątrz pomieszczeń folii przeciwpowietrznej.

Równolegle realizowane były zadania związane z układem grzewczo-chłodniczym zastosowanym w budynku pasywnym. W warstwie wełny mineralnej stropu nad parterem zamontowano ocieplone kanały nawiewno-wywiewne. Zaprojektowano i wykonano gruntowy wymiennik ciepła GWC. Na połąci dachowej zamontowano dwa kolektory słoneczne płaskie o powierzchni $2,3 \text{ m}^2$.

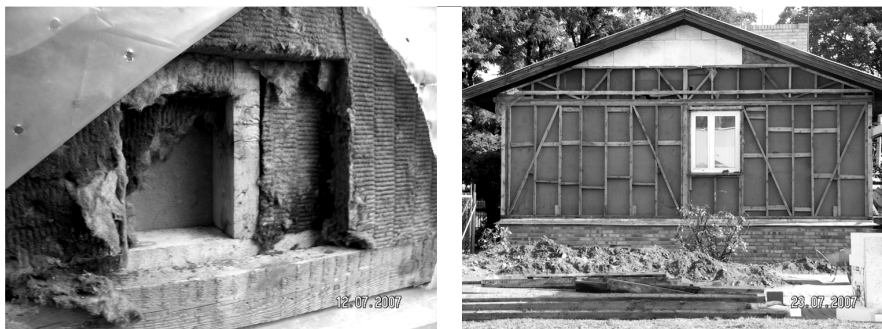
4. Zastosowane rozwiązania materiałowe

Przystępując do realizacji postawionego zadania, zdecydowano, że ze względu na cechy budynku doświadczalnego zostaną zastosowane równorzędne rozwiązania zmierzające do osiągnięcia standardu budynku pasywnego.

4.1. Konstrukcja wyjściowa

Zabiegi termomodernizacyjne przeprowadzono na istniejącym budynku wykonanym w części parteru w technologii szkieletowej. Na fotografii 2 przedstawiono widok od zewnątrz odkrytego szkieletu budynku.

Duże wątpliwości budził sposób wykonania budynku uniemożliwiający kontrolę nad przepływem powietrza. Na fotografii 3 przedstawiono nieszczelność w konstrukcji budynku przy połączeniu podłogi ze ścianą szkieletową przy braku izolacji powietrznej.



Fot. 2. Konstrukcja szkieletowa budynku (fot. – G. Matuszczak)
Photo 2. Frame construction building (photo by G. Matuszczak)



Fot. 3. Nieszczelność w konstrukcji budynku przy połączeniu podłogi ze ścianą szkieletową (fot. – G. Matuszczak)
Photo 3. Leakage in building construction – floor and wall connection (photo by G. Matuszczak)

4.2. Rozwiązania konstrukcyjne

Ze względu na charakter obiektu doświadczalnego zdecydowano o wariantowaniu konstrukcji przegród pionowych:

- ściana wzdłużna: szkielet z wełną mineralną, płyta OSB, 20 cm styropian, tynk,
- ściana SE: szkielet z wełną mineralną, płyta OSB, profile STEICO z 20 cm izolacją STEICOflex, płyty do izolacji zewnętrznej do tynkowania STEICOprotect, tynk,
- ściana NW: szkielet z wełną mineralną, płyta OSB, 20 mm izolacja próżniowa, 20 mm styrodur, tynk.

Nie budził większych wątpliwości sposób montażu styropianu do płyty OSB, jednak po konsultacjach z przedstawicielem firmy oferującej system dociepleń metodą suchą zrezygnowano z klejenia styropianu do płyty OSB, wykorzystując jedynie łączniki mechaniczne w liczbie dwóch sztuk na płytę. Aby ograniczyć skutki punktowych mostków cieplnych, wkręty do drewna o długości 15 cm zabezpieczano „korkiem” styropianowym.

Rozwiązaniem na miarę XXI wieku było zastosowanie izolacji próżniowej VIP. Płyta izolacji próżniowej to szczelnie zapakowany w wielowarstwową, nieprzepuszczalną dla powietrza i pary wodnej folię porowatą materiał na bazie krzemionki lub włókien szklanych, z mikroporami o rozmiarach 0,0001 mm. Ciśnienie wewnątrz „opakowania” wynosi od 1 do 3 mbar (próżnia 99,9 do 99,7%). Z zastosowaniem takiego rozwiązania uzyskujemy 10-krotnie niższą wartość współczynnika przewodzenia λ [W/(mK)] niż dla styropianu. Płyty wykonywane są na zamówienie z możliwością wytworzenia nie tylko kształ-

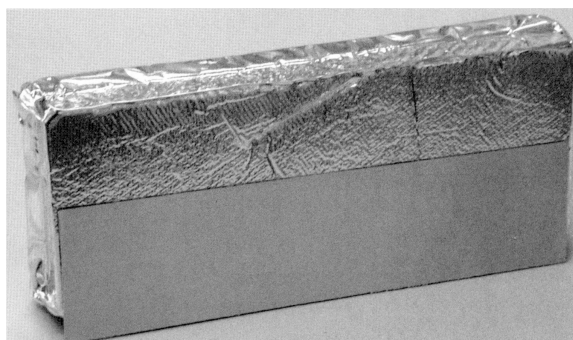
tów prostokątnych, ale również trójkątów czy trapezów. W fazie projektowania istotne jest podanie konkretnych wymiarów, gdyż nie ma możliwości korekty wymiarów płyt na budowie.



Fot. 4. Punktowy montaż płyt styropianowych
(fot. – G. Matuszczak)

Photo 4. Pinpoint assemble method of expanded polystyrene (photo by G. Matuszczak)

Dostawca płyt próżniowych na powierzchnię ściany ok. 45 m² przygotował 62 oznakowane płyty sporządzone wg rysunku wykonawczego. Zastosowanie takiej izolacji jest nowością nie tylko na polskim rynku, co wynika z ok. 10-krotnie wyższych kosztów.

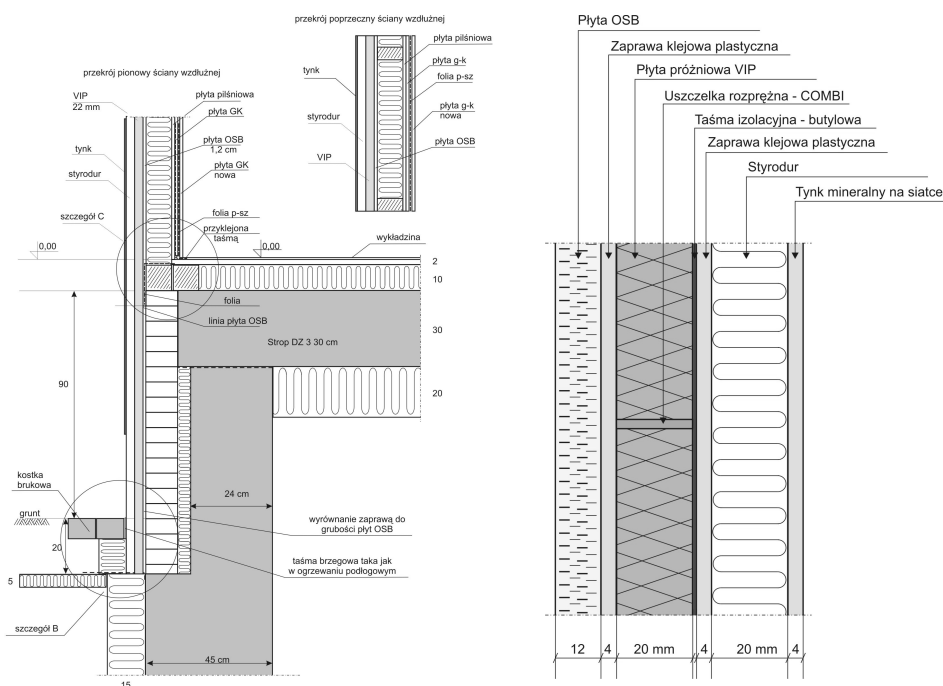


Fot. 5. Płyta izolacji próżniowej. Materiały firmy VARIOTEC
Photo 5. Vacuum insulation plate. VARIOTEC company

Dużym wyzwaniem dla polskiej ekipy budowlanej był montaż płyty VIP do płyty OSB. Rozwiązanie płyty VIP, które zostało nam zaproponowane, nie miało wykonanych otworów montażowych, czyli na budowie możliwy był tylko montaż przez klejenie do płyty OSB. Płyty OSB musiały mieć idealnie gładką powierzchnię bez wystających śrub. Przed przystąpieniem do przyklejenia płyt VIP należało płyty obkleić taśmą butylową po obwodzie, zapewniając w ten sposób dodatkowe uszczelnienie między płytami. Do klejenia płyt VIP do OSB zastosowano klej PCI – Nanolight po uprzednim zagruntowaniu OSB. Na łączenie płyt zastosowano taśmę izolacyjną. Styrodur o grubości 2 cm stanowił zabezpieczenie przez uszkodzeniem płyt VIP. Na rysunku 1 przedstawiono przekrój przez ścianę z izolacją próżniową VIP.

4.3. Uszczelnienie powietrzne

Jednym z najtrudniejszych zadań związanych z osiągnięciem przez budynek standardu budynku pasywnego jest zapewnienie szczelności powietrznej jego obudowy. W wypadku izolacji powietrznej nowo wznoszonego budynku wydaje się to łatwe do zrealizowania. Dokładne wykonanie szczelnych warstw w budynku pasywnym nie daje gwarancji spełnienia wymagań stawianych w budownictwie pasywnym.



Rys. 1. Przekrój przez ścianę z izolacją próżniową VIP
Fig. 1. Cross section of vacuum insulation wall VIP

Dla budynku istniejącego, na dodatek zrealizowanego w technologii szkieletowej, wykonanie izolacji powietrznej wymagało znacznego zaangażowania ekipy budowlanej. Istniejące ściany wewnętrzne zmuszały do montażu folii na wszystkich przegrodach od wewnątrz pomieszczenia. Bryty folii kładzono zarówno wzdłuż, jak i w poprzek pomieszczenia (fot. 6).

W budynku zastosowano rozwiązania firmy ProClima: folia powietrznoszczelna Intello, taśma uszczelniająca TESCON № 1, do narożników TESCON profil, klej ORCON F. Folię zamocowano na zszywki do elementów konstrukcyjnych ścian.

Sąsiednie bryty folii łączono zakładkowo do konstrukcji za pomocą zszywek (w odległości co 10 do 15 cm każda) i na to miejsce wzdłuż przyklejano taśmę uszczelniającą TESCON № 1. Szczególną uwagę należało poświęcić przejściom elementów takich, jak kanały powietrzne, przewody elektryczne, przez warstwę izolacji powietrznej. Każdorazowo wykorzystywano gumowe manszety oraz w celu uzyskania pewności co do szczelności połączenia stosowano klej silikonowy ORCON F.



Fot. 6. Montaż folii paroprzepuszczalnej (fot. – M. Basińska)
 Photo 6. Assemble of nonriped sealed coverage (photo by M. Basińska)

Przy montażu stolarki okiennej i drzwiowej zastosowano czterowarstwowy system uszczelnień oparty na produktach firmy Illbruck. Od strony wewnętrznej, między ramą okienną a murem, zamontowano aluminiową folię paroszczelną laminowaną butylem po jednej stronie i taśmą samoprzylepną po drugiej; od zewnątrz folię zabezpieczającą przed działaniem zewnętrznych czynników atmosferycznych; warstwę środkową stanowiło wypełnienie z pianki poliuretanowej. Dodatkowo zastosowano równoważne rozwiązanie dla folii zewnętrznej, polegające na wykorzystaniu taśmy rozprężnej klejonej pomiędzy ramą okna a izolacją cieplną. Nawet najlepsze rozwiązania nie gwarantują jednak osiągnięcia zamierzonego celu, jeżeli zostaną źle wykonane. Istnieje wtedy możliwość wystąpienia mostków termicznych. W wypadku 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 (fot. 7).



Fot. 7. Montaż folii na stolarce (fot. – M. Basińska)
 Photo 7. Assemble of insulating foil on window-frame
 (photo by M. Basińska)

5. Błędy wykonawcze

Skuteczność wszystkich zastosowanych w Budynku Pasywnym PP rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych, prowadzących do ograniczenia niekontrolowanej infiltracji powietrza, sprawdzono z użyciem testu ciśnieniowego metodą Blower Door. Test przeprowadzono zgodnie z metodyką opisaną w normie [2]. Wykryto błędy grube wynikające z nierzetelności ekipy budowlanej. Konsekwencją było rozebranie paneli podłogowych w dwóch pomieszczeniach w celu poprawy powłoki powietrznej oraz zrezygnowanie z podwieszanego systemu spłukującego miskę ustępową.

6. Podsumowanie

W celu osiągnięcia przez budynek standardu budynku pasywnego nie wystarczy tylko idea, dobre założenia, ale niezmiernie istotna jest precyzja wykonania poszczególnych etapów. Prawie dziesięciomiesięczny okres pracy pracowników Instytutu Inżynierii Środowiska Politechniki Poznańskiej ma dużą szansę zakończyć się sukcesem, którego znakiem będzie wystawienie certyfikatu dla budynku pasywnego. Ponadto obiekt doświadczalny dostarczy wiele informacji o funkcjonowaniu budynku pasywnego w zmiennych warunkach zewnętrznych i wewnętrznych.

Literatura

- [1] Passivhaus Institut, Darmstadt, Niemcy.
- [2] PN-EN 13829:2002 Właściwości cieplne budynków. Określanie przepuszczalności powietrznej budynków. Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora.