

inż. Kinga Płachta
 dr inż. Anna Szymczak-Graczyk^{1)*}
 ORCID: 0000-0002-1187-9087
 dr inż. Barbara Ksiś²⁾
 ORCID: 0000-0001-6459-8783

Termomodernizacja budynków zabytkowych

Thermomodernisation of historic buildings

DOI: 10.15199/33.2022.01.02

Streszczenie. Artykuł pokazuje przykład termomodernizacji kamienicy wpisanej do rejestru zabytków, co wymusiło wybór odpowiedniego materiału oraz technologii wykonania izolacji. Materiał izolacyjny wybrano na podstawie obliczeń grubości potrzebnej do uzyskania współczynnika przenikania ciepła wymaganego w 2021 r. Sposób montażu określono na podstawie zdolności kapilarnych termoizolacji. W artykule policzono współczynniki przenikania ciepła kamienicy nieocieplonej i porównano z obliczonymi współczynnikami w przypadku różnych materiałów izolacyjnych przy założeniu obecnych wymagań termicznych.

Słowa kluczowe: zabytek; materiał termoizolacyjny; pianka poliuretanowa; współczynnik przenikania ciepła; kapilarność.

Abstract. The article is a case study of thermomodernisation of a tenement house entered in the register of monuments, which forced the choice of insulation material and technology. The insulation material was chosen based on calculations of needed thickness to obtain the required heat transfer coefficient for 2021. The installation method was chosen based on the capillary capacity of the thermal insulation. In this paper, the heat transfer coefficients for an uninsulated tenement house were calculated and compared with the calculated coefficients for different insulation materials assuming current thermal requirements.

Keywords: monument; thermal insulation material; polyurethane foam; heat transfer coefficient; capillarity.

Jeszcze kilkaset lat temu użytkownicy budynków nie myśleli o tym, aby w jakikolwiek sposób ocieplać swoje domy. Jednak wraz z upływem czasu wymyślano sposoby ocieplenia domów. Oklejano ściany słomą, gliną lub torfem w celu pogrubienia jej, co miało przyczynić się do wyższej temperatury w pomieszczeniu. Sposoby ociepleń ewoluowały w taki sposób, że dzisiaj jest do wyboru kilka rodzajów, które można dobrać do odpowiednich dla budynku parametrów, takich jak np. zdolność do przepuszczania pary wodnej czy palność.

Ustawa z 7 lipca 1994 r. *Prawo budowlane* (z późniejszymi zmianami) [11], w artykule 5 podaje, że *obiekt budowlany jako całość oraz jego poszczególne części, wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej*. W przypadku termomodernizacji budynków zabytkowych lub znajdujących się w strefie ochrony konserwatorskiej i pod nad-

zorem konserwatora zabytków zazwyczaj nie ma możliwości ocieplenia budynku od zewnątrz ze względu na wartości historyczne oraz spójność, jaką należy zachować z sąsiednimi budynkami. Wartości konieczne do spełnienia podstawowych wymagań dotyczących obiektów budowlanych, a m.in. oszczędności energii i izolacyjności cieplnej podane są w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. *w sprawie warunków, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* [6], natomiast sposób obliczania współczynnika przenikania ciepła U określa PN-EN ISO 6946: 2008 *Komponenty budowlane i elementy budynku – Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczania* [5].

Opis budynku poddanego termomodernizacji

W artykule przedstawiono zagadnienie termomodernizacji zabytkowej kamienicy od wewnątrz (fotografie 1 i 2). Znajduje się ona przy ulicy Grudziądzkiej 36 w Chełmnie, w województwie kujawsko-pomorskim. Jest wpisana w gminną ewidencję zabytków i podlega ochronie konserwatorskiej. Została wybudowana w stylu barokowym w drugiej połowie XVII wieku w zabudowie pierzejowej. Postawiono ją na murach obwodowych kamienicy gotyckiej z XV lub XVI wieku i budowano



Fot. 1. Fasada kamienicy w Chełmnie przed modernizacją

Źródło: http://www.icimss.edu.pl/zabytki/id_412_grudziadzka_36.html

Photo 1. Facade of the building in Chełmno before modernisation

Source: http://www.icimss.edu.pl/zabytki/id_412_grudziadzka_36.html

w dwóch etapach: część budynku, która pochodzi ze średniowiecza, wykonano jako podpiwniczoną ze sklepieniami kolebkowymi, a druga część kamienicy jest niepodpiwniczona. Ściany obiektu są murowane z cegły pełnej, a stropy i dach drewniane. Powierzchnia użytkowa budynku wynosi 586,40 m², całkowita 789,36 m², a kubatura części

¹⁾ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; Wydział Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej

²⁾ Politechnika Poznańska; Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu

^{*} Adres do korespondencji: anna.szymczak-graczyk@up.poznan.pl

ogrzewanej 1753,2 m³. Kamienica była wyłączona z użytkowania przez kilka lat ze względu na zły stan techniczny (fotografia 1), ale po uzyskaniu dofinansowania na modernizację, władze miejskie podjęły decyzję o jej odnowieniu (fotografia 2).



Fot. 2. Fasada kamienicy w Chełmnie po modernizacji Fot. K. Plachta
Photo 2. Facade of the building in Chełmno after modernisation Photo K. Plachta

Materiał badawczy i metody obliczeń

Wybrany materiał termoizolacyjny powinien ograniczać straty ciepła, ale również być trwały. Ponadto materiał, który zostanie nałożony na wybudowane setki lat temu ściany, musi charakteryzować się odpornością na zróżnicowane odkształcenia podłoża wielomateriałowych, ponieważ mogą występować lokalne deformacje i skutkować utratą właściwości cieplochronnych.

Do rodzajów ociepleń można zaliczyć: mineralne materiały komórkowe, mineralne materiały włókniste, syntetyczne materiały komórkowe oraz materiały naturalne. W artykule do rozważań przyjęto: lekki beton komórkowy; wełnę mineralną; wełnę drzewną oraz piankę poliuretanową. W [3] opisano materiały izolacyjne oraz metody docieplania od wewnątrz, takie jak: limitowanego oporu cieplnego; jednostronnej bariery aktywnej kapilarnie; pełnej bariery dwustronnej; punktowo-kapilarnej i liniowo-kapilarnej wraz z kryteriami

klasyfikacji oraz dobraniem odpowiedniej metody do danej kamienicy.

Obliczenie grubości materiału izolacyjnego potrzebnej do osiągnięcia wymaganego od 2021 r. oporu cieplnego wyznaczonego zgodnie ze wzorem:

$$R = 1/U_{wymagane} \quad (1)$$

oraz z wymaganymi wartościami zawartymi w [6] wykonano wg wzoru:

$$d_{izol.} \geq (R - (1/U_{ist.})) \cdot \lambda_{izol.} \quad (2)$$

gdzie:

R – opór wymagany [m²·(K/W)];
U_{ist.} – współczynnik przenikania ciepła istniejącej przegrody przed ociepleniem [W/(m²·K)];
λ_{izol.} – współczynnik przewodzenia ciepła materiału dociepleniowego [W/(m·K)].

W tabeli 1 zestawiono wartości współczynnika przenikania ciepła przegrody U.

Tabela 1. Współczynniki przenikania ciepła przegrody docieplanej kamienicy – stan przed modernizacją oraz wymagany w 2021 r. [3]

Table 1. Heat transfer coefficients for the insulated and required in 2021 [3]

Element budynku t _i > 16°C	Materiał	U [W/(m ² ·K)]	U wymagane od 01.01.2021 r. [W/(m ² ·K)]
Dach	konstrukcja drewniana, pokryta dachówką	1,662	0,15
Strop pod poddaszem	konstrukcja drewniana, pomiędzy legarami znajduje się polepa	0,488	0,15
Ściany zewnętrzne	cegła pełna obustronnie otynkowana, grubość 50 cm	1,177	0,20
Podłoga	beton, terakota	0,375	0,30
Strop nad piwnicą	cegła, wypełnienie popiołem i żużlem, posadzka betonowa, terakota	0,687	0,25

Wyniki

W tabeli 2 zestawiono minimalną grubość analizowanych materiałów izolacyjnych stosowanych w poszczególnych elementach konstrukcyjnych budynku [3]. Biorąc pod uwagę jak najmniejszą potrzebną grubość izolacji oraz jak najlepsze parametry, do docieplenia kamienicy wybrano otwartokomórkową piankę poliuretanową, która ze względu na swoją strukturę pozwala na większą

przepuszczalność pary wodnej i mniejsze ryzyko powstawania pleśni, co jest zdecydowanie potrzebne i przydatne w dociepleniu starej kamienicy od wewnątrz. Zostanie ona zastosowana w przypadku dachu, ścian i podłóg oraz do wypełnienia przestrzeni stropów pomiędzy belkami. Otwartokomórkowość pianki pozwala na jej użycie we wnętrzach budynków, ponieważ nie blokuje przepływu powietrza, a jednocześnie pozwala na powolne przenikanie pary wodnej. Termoizolację należy zamontować metodą, w której występuje swobodny przepływ kapilarny wody, zgodnie z [4].

Podsumowanie

Pianka poliuretanowa ma najmniejszą gęstość i izolacyjność termiczną w porównaniu z betonem komórkowym i wełną

mineralną. Kolejną ważną cechą jest jej duża przepuszczalność pary wodnej i możliwość dopasowania do nierówności na ścianach, dzięki łatwemu i szybkiemu montażowi przez natrysk. W tabeli 3 porównano wartości współczynnika przenikania ciepła U zabytkowej kamienicy przed termomodernizacją oraz po przeprowadzonej termomodernizacji przy użyciu natryskowej pianki poliuretanowej z wymaganymi rozporządzeniem [6].

Tabela 2. Zestawienie grubości materiałów izolacyjnych

Table 2. Comparison of insulation material thickness

Materiał	Dach	Strop pod poddaszem nieogrzewanym	Ściany	Podłoga na gruncie	Strop nad piwnicą
Lekki beton komórkowy (MULTIPOR, 59 x 36 x 36 cm)	0,27	0,21	0,19	0,03	0,11
Wełna mineralna (grubość 0,1 m)	0,22	0,17	0,15	0,03	0,09
Pianka poliuretanowa otwartokomórkowa (grubość 0,15 m)	0,22	0,17	0,15	0,02	0,09
Wełna drzewna (grubość 0,1 m)	0,23	0,18	0,16	0,03	0,10



ARBOCEL – The Power of Progress

– włókna na bazie celulozy o charakterze mikrobrojącym, zagęszczającym oraz strukturotwórczym w produktach chemii budowlanej



Rettenmaier Polska
Sp. z o.o.
Bitwy Warszawskiej 1920 r. 7B
02-366 Warszawa
mobile +48 600 423 423
Tel + 48 22 608 51 00
e-mail: arbocel@jrs.pl

Tabela 3. Porównanie współczynnika przenikania ciepła przed i po termomodernizacji z wartościami wymaganymi rozporządzeniem [6]

Table 3. Comparison of heat transfer coefficient before and after thermomodernisation with values required by regulation [6]

Przegroda	U [W/(m ² ·K)] przed termomodernizacją	Grubość materiału izolacyjnego [m]	U [W/(m ² ·K)] po termomodernizacji	U [W/(m ² ·K)] wymagane od 2021 r.
Dach	1,66	0,22	0,15	0,15
Strop pod poddaszem	0,49	0,17	0,15	0,15
Ściany	1,18	0,15	0,20	0,2
Podłoga na gruncie	0,38	0,02	0,30	0,3
Strop nad piwnicą	0,69	0,09	0,25	0,25

Analizę materiałów izolacyjnych i wybór najkorzystniejszego prowadzono w [2, 7]. Ich wynikiem było przyjęcie pianki poliuretanowej jako tworzywa izolacyjnego na ściany w budynkach wykonywanych metodą tradycyjną i szkieletową. Użycie pianki na posadzki w wersji natryskowej, ale również w postaci płyt pokazano w artykułach [1, 10], z kolei zastosowanie natryskowej pianki poliuretanowej przy ociepleniu poddasza omówiono w [9], a zastosowanie w pomostach pływających w [8]. Po wykonaniu porównania jako najlepsze właściwości pianki podano: bardzo dobrą izolacyjność termiczną, dużą odporność na wodę i odporność na naprężenia ściskające.

Literatura

- [1] Deregowska Beata, Anna Szymczak-Graczyk. 2017. „Ocena przydatności płyt warstwowych z rdzeniem z pianki poliuretanowej, traktowanych jako podłoże sprężyste pod posadzki”. *Materiały Budowlane* 537 (5): 126 – 127. DOI: 10.15199/33.2017.05.52.
- [2] Janas Ewelina, Anna Szymczak-Graczyk. 2018. „Analiza parametrów fizykalnych wielowarstwowych przegród ściennych w budynkach termomodernizowanych”. *Materiały Budowlane* 556 (12): 34 – 36. DOI: 10.15199/33.2018.12.11.
- [3] Płachta Kinga. 2021. „Projekt termomodernizacji od wewnątrz budynku zabytkowego”. Praca inżynierska pod kierunkiem dr inż. Anny Szymczak-Graczyk. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.

[4] PN-EN 14315-1-2013 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Wyroby ze sztywnej pianki poliuretanowej (PUR) i pianki poliizocyanurowej (PIR) formowane natryskowo in situ. Część 1: Specyfikacja systemu natrysku sztywnej pianki przed zastosowaniem.

[5] PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.

[6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

[7] Schneider Daria, Anna Szymczak-Graczyk. 2019. „Wyznaczenie modułu sztywności pianki poliuretanowej in situ”. *Materiały Budowlane* 557 (1): 62 – 63. DOI: 10.15199/33.2019.01.12.

[8] Spychalski Konrad, Anna Szymczak-Graczyk. 2020. „Wielokryterialna analiza doboru typów konstrukcji pomostów pływających”. *Materiały Budowlane* 570 (2): 2 – 4. DOI: 10.15199/33.2020.02.01.

[9] Szyburska Aneta, Anna Szymczak-Graczyk. 2020. „Analiza zagospodarowania osiedla na terenie powiatu kolskiego z wykorzystaniem rozwiązań Nowego Urbanizmu”. *Materiały Budowlane* 569 (1): 3 – 6. DOI: 10.15199/33.2020.01.01

[10] Szymczak-Graczyk Anna. 2020. „Numerical analysis of the impact of thermal spray insulation solutions on floor loading”. *Applied Sciences* 10 (3), 1016. <https://doi.org/10.3390/app10031016>.

Artykuł przygotowany na podstawie pracy inżynierskiej nagrodzonej w konkursie zorganizowanym przez Polski Związek Producentów i Przetwórców Izolacji Poliuretanowych PUR i PIR „SIPUR” oraz Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa oddział w Poznaniu.

Przyjęto do druku: 16.12.2021 r.

**Reklamy i artykuły sponsorowane
opublikowane w wersji papierowej
miesięcznika „Materiały Budowlane”
są w otwartym dostępie
na www.materiałybudowlane.pl**