

prof. dr hab. inż. Józef Jasiczak^{1)*}
 ORCID: 0000-0003-3643-9819
 dr inż. Marcin Kanoniczak¹⁾
 ORCID: 0000-0001-8017-645X

Zwiększenie izolacyjności termicznej budynków z elewacją kamienną na ruszcie stalowym

Problems of increasing the thermal insulation of buildings with stone facades on a steel grate

DOI: 10.15199/33.2021.04.02

Streszczenie. Zaostrzenie przepisów dotyczących izolacyjności termicznej ścian zewnętrznych budynków przeznaczonych na stały pobyt ludzi w wielu przypadkach istniejących obiektów stwarza problemy z dostosowaniem przegród do nowych wymagań. Dotyczy to m.in. ścian zewnętrznych z elewacją wentylowaną z okładziną z płyt kamiennych na ruszcie stalowym przymocowanym do konstrukcji ściany. W artykule przeanalizowano zastosowanie różnych rozwiązań materiałowych w celu dostosowania ściany z tego typu elewacją wykonaną w latach 90. XX w. do wymagań określonych w warunkach technicznych obowiązujących od 31 grudnia 2020 r. (WT 2021).

Słowa kluczowe: elewacja z płyt kamiennych; podkonstrukcja stalowa; izolacyjność.

Abstract. Strengthened regulations on thermal insulation of external walls of buildings intended for permanent residence of people in many cases creates problems with adapting to new requirements. A specific case is external walls with a ventilated facade stone slab cladding on a steel grate attached to the wall structure. The article analyzes the use of various material solutions so that a wall with this type of façade, made in the 1990s, of XX th century meets the requirements defined in the technical specifications, which are in force from 31 December 2020 (WT 2021).

Keywords: stone slab facade; steel substructure; insulation.

W drugiej połowie XX w. masywne kamienne ściany zewnętrzne zaczęły ustępować rozwiązaniom wielowarstwowym ze ścianą konstrukcyjną oraz izolacją termiczną, osłoniętą od zewnątrz elewacją z płyt kamiennych zawieszonych na ruszcie stalowym (mocowanym do ściany konstrukcyjnej). Często między płytą kamienną a ociepleniem znajduje się szczelina powietrzna, która daje możliwość wentylowania elewacji i odprowadzenia nagromadzonego kondensatu [3]. Wiele rozwiązań elewacji wentylowanych na ruszcie stalowym zaprezentowano w [1, 4 ÷ 6].

W artykule przedstawimy możliwości zwiększenia izolacyjności termicznej elewacji wentylowanej z okładzinami z kamienia, wykonanej w latach 90. XX w. Poprawa izolacyjności przegrrody pozwoli jej spełnić wymagania warunków technicznych WT 2021 (zgodnie z Dz.U. z 7 czerwca 2019 r., poz. 1065, Tabela 2: „Wymagania izolacyjności

cieplnej i inne wymagania związane z oszczędnością energii od 31 grudnia 2020 r.”).

Charakterystyka analizowanej przegrody

Budynek wzniesiono w latach 20. XX w., zaś w latach 90. ubiegłego wieku zmieniono jego funkcję z mieszkalnej na biurową oraz przeprowadzono renowację i na nowej elewacji zastosowano:

- płyty z piaskowca Bolesławiec o matowej fakturze, impregnowane;
- płyty marmurowe Sławniowice złoście, impregnowane (na cokole).

Płytami piaskowca o stałej wysokości – 102 cm, zmiennej szerokości 54 i 46,5 cm i stałej grubości 4 cm obłożono partie międzyokienne ściany starej kamienicy (fotografia 1) oraz słupy podcieni. Oparto je punktowo na podkonstrukcji stalowej ocynkowanej, zakotwionej do muru z cegły. Ruszt stalowy (fotografia 2) tworzą pionowo i poziomo usytuowane pary ceowników 70 x 50 mm o grubości 4 mm, z kątownikami i trzpieniami do punktowego oparcia płyt (fotografia 3). Między pionowymi słupami rusz-



Fot. 1. Płyty kamienne wokół otworów okiennych oparte na ruszcie pokazanym na fotografiach 2 i 3. Dwie płyty nadokienne przykręcono w dwóch punktach do spodu stalowej podkonstrukcji

Photo 1. Stone plates around the window openings based on the grate shown on Photo 2 and 3. Two over the window plates screwed at two points to the bottom of the steel substructure

tu ułożono izolację termiczną z płyt styropianowych o grubości 70 mm. Między poziomymi elementami rusztu a wewnętrzną powierzchnią kamiennych płyt pozostawiono pustkę powietrzną o szerokości 6 cm.

¹⁾ Politechnika Poznańska; Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu

^{*)} Adres do korespondencji: jozef.jasiczak@put.poznan.pl



Fot. 2. Podkonstrukcja pod płyty elewacyjne: ocynkowane ceowniki stalowe zimnogięte 70 x 50 mm, pionowe kotwione do muru z cegły, poziome mocowane do elementów pionowych na ocynkowane śruby $\phi 6$ mm
 Photo 2. Substructure for elevation panels: cold-rolled steel channels 70 x 50 mm, galvanized, vertical, anchored to a brick wall, horizontal fastened to vertical elements with $\phi 6$ mm bolts, galvanized



Fot. 3. Kątownicy z bednarki o szerokości 30 mm, grubości 3 mm, z pionowymi trzpieniami stalowymi $\phi 4$ mm (całość ocynkowana) do osadzenia punktowego płyt kamiennych, mocowane do ceowników poziomych na pojedynczą śrubę
 Photo 3. Hoop iron angles, 30 mm wide, 3 mm thick, with vertical steel pins $\phi 4$ mm (all galvanized), fastened to the horizontal channels for point setting of stone slabs

Badanie płyt elewacyjnych z piaskowca Bolesławiec

Z płyty elewacyjnej z piaskowca pobrano próbki do badań w laboratorium. Na fotografii 4 widoczna jest struktura kamienia, zlepiona z drobnych ziarenek piasku, łuszczących się po potarciu palcem. Szkielet ziarnowy w piaskowcach jest zwykle spojony spoiwem chalcedonowo-illitowo-hematytowym. Udział spoiwa w omawianych skałach jest zmienny. W niektórych próbkach spotyka się szczątkowe spoiwo kontaktowo-porowe, łączące ziarna kwarcowe, ale przeważnie ma ono charakter bazalny i wypełnia licznie przestrzenie między szkieletem ziarnowym [2]. W przypadku pobranych próbek oznaczono podstawowe cechy fizyczne i mechaniczne, odnosząc uzyskane wyniki do innych płyt z piaskowca



Fot. 4. Próbka piaskowca Bolesławiec w powiększeniu
 Photo 4. Bolesławiec sandstone sample – magnification

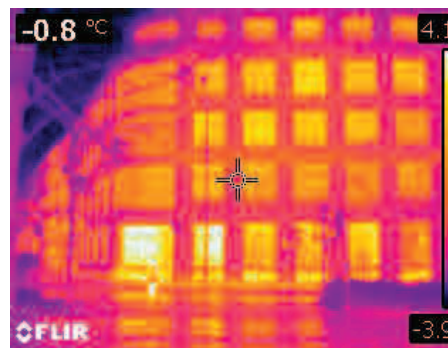
z różnych złóż na terenie Polski. Porównując dane przedstawione w tabeli 1, można stwierdzić, że zastosowany na elewacji piaskowiec Bolesławiec należy do grupy materiałów o małej gęstości objętościowej, a w efekcie o małej wytrzymałości na ściskanie i relatywnie dużej nasiąkliwości (co uwzględniono przed montażem, zalecając impregnację płyt). Elewacja z takich płyt nie jest trwała, co należy uwzględnić w planach remontowych.

Tabela 1. Cechy piaskowca Bolesławiec oraz skal z innych złóż w Polsce
 Table 1. Features of the Bolesławiec sandstone and rocks from other deposits in Poland

Parametr	Złoże					
	Brenna	Czaple	Długopole	Rakowiczki	Skala	Bolesławiec
Gęstość objętościowa [kg/m ³]	2710	2630	2240	2070	2690	1990
Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	55-65	46,6	106,7	-	36,9	29,9
Ścieralność [mm]	2,1 – 5	16,1	2	-	-	nb
Nasiąkliwość [%]	2,91	4,8	3,7	7,8	6,7	6,8
Mrozoodporność	całkowita	25 cykli	całkowita	całkowita	całkowita	nb

Spełnienie obecnych wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej

Analiza termowizyjna. Zarejestrowane przez urządzenia termograficzne emitowane promieniowanie podczerwone pozwala na stworzenie obrazu będącego odwzorowaniem rozkładu temperatury analizowanego obiektu (fotografia 5). Interpretacja obrazu termowizyjnego jest następująca: temperatura elewacji kamiennej wynosi 0,8°C, a okna na parterze + 4,1°C. Oznacza to, że strumień ciepła wypływający przez okna na parterze jest pięciokrotnie większy niż przez filarek międzyokienny. Można przyjąć, że jeśli w miejscu filarka $U = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, to okno na parterze ma $U > 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Uwagę zwraca tak-



Fot. 5. Obraz termowizyjny budynku ze strumieniami odpływu ciepła
 Photo 5. Thermal image of the building with heat runoff streams

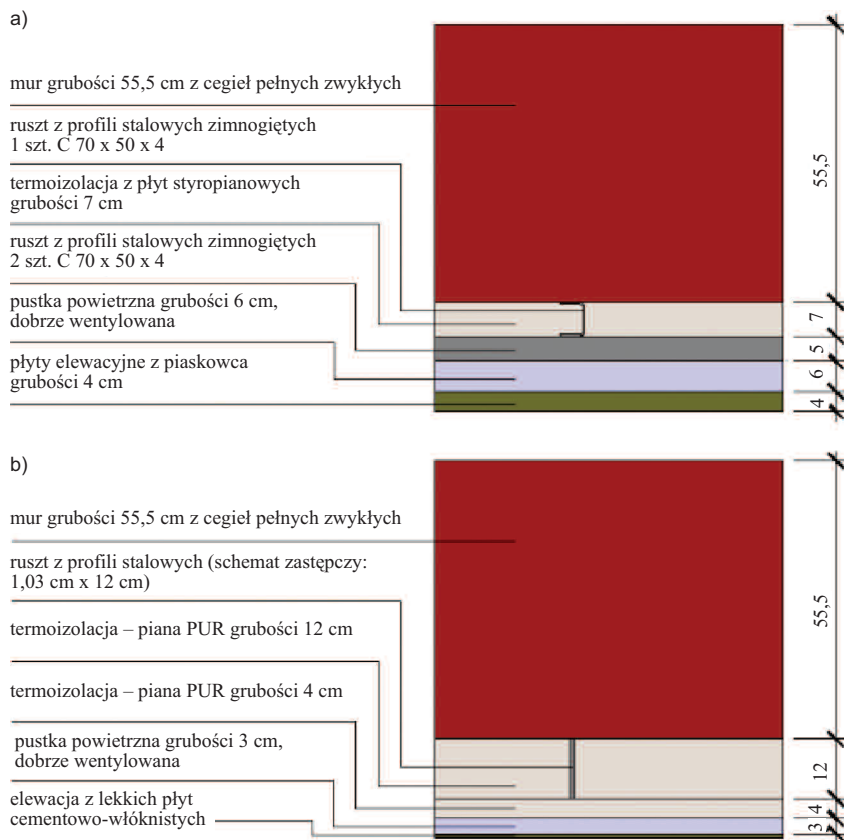
że strata ciepła przez dolne partie cokołów, w przypadku których płyty marmurowe przyklejono na zaprawę bezośrednio do muru.

Obliczenia cieplne w przypadku stanu istniejącego i planowanej termomodernizacji. Analiza termowizyjna wskazała na dużą stratę ciepła przez przegrody zewnętrzne, szczególnie wszystkie przeszklenia oraz dolne partie cokołów, w przypadku których zrezygnowano z ocieplenia ściany warstwą styropianu

grubości 7 cm, na rzecz dodatkowej wymurówki z cegieł i zaprawy do mocowania płyt marmurowych. Właściciel budynku, planując prace remontowe i termomodernizacyjne, postanowił wymienić stolarkę okienną oraz drzwiową na spełniającą wymagania termiczne obowiązujące od 31 grudnia 2020 r.

Posługując się schematami przegród przedstawionymi na rysunku, przeprowadzono obliczenia współczynnika przenikania ciepła przegrody zgodnie z PN-EN ISO 6946:2008 w przypadku trzech wariantów:

■ **wariant I** – stan istniejący: ocieplenie (płyty styropianowe o grubości 7 cm), pustka powietrzna dobrze wentylowana, elewacja kamienna na ruszcie stalowym (rysunek a);



Schematy obliczeniowe: a) wariant I – rzeczywisty; b) wariant III – projektowany – z wykorzystaniem istniejącego rusztu stalowego
Calculation schemes for: a) variant I – real; b) variant III – designed – using the existing steel grate

■ **wariant II** – usunięcie rusztu stalowego i ocieplenie ścian metodą lekką – moką, stosując grubość styropianu zgodną z obliczeniami;

■ **wariant III** – zastosowanie piany PUR grubości 16 cm i pozostawienie istniejącej podkonstrukcji stalowej, ale zdemontowanie płyt kamiennych grubości 4 cm i zastąpienie ich lekkimi płytami kompozytowymi o wymiarach jak płyty z piaskowca (rysunek b).

Wyniki obliczeń dotyczące trzech przedstawionych wariantów, z wyznaczeniem wartości względnych pól powierzchni wycinków złożonych z warstw jednorodnych (wycinek przez ruszt stalowy, wycinek przez termoizolację) i wartości kresu górnego całkowitego oporu cieplnego przegród w przypadku wariantu rzeczywistego i projektowanych zestawiono w tabeli 2.

Podsumowanie

Obliczona wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody przed planowaną termomodernizacją $U_c = 0,59 \text{ W/m}^2\text{K}$ jest prawie trzykrotnie większa niż

Tabela 2. Zestawienie wartości współczynnika przenikania ciepła U_c analizowanych wariantów przegród

Table 2. Summary of the U_c coefficient of the analyzed variants of partitions

Wariant przegrody	Współczynnik przenikania ciepła U_c rozpatrywanej przegrody [$\text{W/m}^2\text{K}$]
Wariant I – przegroda przed planowaną termomodernizacją	0,59*
Wariant II – usunięcie płyt kamiennych i rusztu, ocieplenie warstwą styropianu grubości 18 cm	0,19*
Wariant III – piana PUR 16 cm (12 cm w obrębie rusztu), nowe wieszaki i elewacja z płyt kompozytowych	0,19*

* zgodnie z WT 2021 współczynnik $U_{c(\max)}$ ściany zewnętrznej wynosi $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

obecnie wymagana ($0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$), stąd konieczność planowanej termomodernizacji. W przypadku omawianego obiektu możliwość poprawy izolacyjności termicznej przegrody była ograniczona,

ponieważ nie można regulować podkonstrukcji stalowej starego typu, aby bardziej odsunąć płyty od muru, co byłoby konieczne, żeby zamontować dodatkowe docieplenie ściany. Były to konstrukcje jednorazowe, z niedemontowalnym rusztem. Płyty elewacyjne zamontowano rzędami od dołu ku górze, przykręcając je do poziomych belek za pomocą pojedynczych śrub. Demontaż płyt kamiennych o masie ok. 50 kg każda musiałby się odbywać w odwrotnej kolejności z sukcesywnym odkręcaniem śrub oraz kątowników. Zdejmowanie płyt mogłoby jednak spowodować ich uszkodzenie lub nawet złamanie. W przypadku braku zapasowych elementów powstałby problem nie do rozwiązania.

Za wariant kompromisowy, atrakcyjny energetycznie, przyjęto pozostawienie starego rusztu, ocieplenie przestrzeni między rusztem pianą PUR grubości 12 cm, z możliwością dołożenia w ramach istniejącej grubości przegrody dodatkowej warstwy PUR grubości 4 cm, zamontowanie nowoczesnych kotew niepowodujących występowania punktowych mostków termicznych i zastąpienie płyt kamiennych, cieńszymi i lżejszymi płytami cementowo-włóknistymi o fakturze i w kolorze piaskowca (z zachowaniem wymiarów i rozstawu elementów zgodnie z pierwotnym projektem architektonicznym elewacji).

Literatura

- [1] Byrdy A. 2007. „Okładziny kamienne stosowane do wykonywania elewacji”. *Izolacje* 6: 76 – 78.
- [2] Huber M. 2013. Występowanie i charakterystyka mioceńskich piaskowców na obszarze Wyniosłości Giełczewskiej i Pagórów Chełmskich (Lubelszczyzna). *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Lublin – Polonia*: 125 – 139.
- [3] Kopyłow O. 2015. Elewacje wentylowane, seria: Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych, ITB.
- [4] Maślaniec J. 1999. „Stabilność okładzin elewacyjnych z kamienia naturalnego”. *Materiały Budowlane* 9: 108.
- [5] PN-EN 12057:2015-04. Wyroby z kamienia naturalnego. Płyty modułowe. Wymagania.
- [6] Schabowicz K., T. Gorzelańczyk, M. Szymków. 2017. „Współczesne systemy elewacyjne”. *Izolacje* 7/8.

Artykuł przygotowano w ramach programu badawczego nr 0412/SBAD/0022.

Przyjęto do druku: 17.03.2021 r.